

AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI
Prof. Sergio DE PONTE**AL0104***Programma d'esame***Richiami di Aerodinamica.**

Proprietà fisiche dello stato gassoso. I modelli matematici del moto gassoso. La dinamica dei gas. Le proprietà dei moti vorticosi. I getti e le scie turbolente. La teoria generale dello strato limite in equilibrio. Le proprietà dello strato limite non in equilibrio. Moti vorticosi tridimensionali in prossimità di una parete. Effetti della comprimibilità nei moti vorticosi. La teoria e le proprietà dei moti irrotazionali. Le onde d'urto. Le interazioni fra strato limite e corrente esterna.

Teoria alare.

Richiami di teoria delle ali di grande allungamento. I profili in campo incomprimibile: famiglie di profili e criteri di progetto. Ipersostentatori e superfici di governo: tipi e criteri di progetto per l'ipersostentazione meccanica. Il controllo dello strato limite e la supercircolazione. Altri sistemi di ipersostentazione potenziata. I profili in campo supersonico: fenomenologia e teoria linearizzata. La teoria dei profili in campo transonico e lo stallo d'urto. Punti coniugati. Criteri e metodologie di progetto di profili per il volo transonico. Ali di apertura finita: effetti di estremità. Effetti di freccia sul bordo di attacco; ali a forte freccia ed a delta. L'ala a freccia in campo supersonico e transonico: metodi di correlazione. Effetti di interferenza con l'ala. Dinamica dello stallo e fenomeni correlati. Effetti aeroelastici.

La progettazione aerodinamica.

Scelta dei parametri geometrici della pianta alare in relazione alle condizioni di impiego. Determinazione delle specifiche dei profili. Progetto aerodinamico di organi di governo. Progetto aerodinamico di componenti non portanti.

Le prove aerodinamiche.

Criteri di economia. Misure di grandezza aerodinamiche fondamentali: velocità e densità. Misure di forze: bilance e misure indirette. Misure di pressioni: strumenti e trasduttori. Misure di sforzi tangenziali. Misure di temperature. Le tecniche di visualizzazione. Metodi ottici ed interpretazione delle fotografie; cenni di tecnica fotografica. Criteri generali di impostazione della prova e scelta dell'impianto e della strumentazione. Tipi di impianti e loro caratteristiche. Progettazione di impianti sperimentali. Effetti di interferenza, di strato limite e di separazione. Le prove bidimensionali. Camere di prova a pareti autocorrettrici. Prove su modelli e semimodelli di velivoli. Tecnologia dei modelli. Simulazione della propulsione. Prove non aeronautiche.

Il calcolo aerodinamico.

Il potenziale piano e la sua rappresentazione. Singolarità e condizioni al contorno. Le trasformazioni conformi. Calcolo diretto ed inverso di profili. Il potenziale tridimensionale. I metodi semplificati del potenziale: teoria dei corpi sottili. Potenziali non armonici: metodi differenziali ed integrali, tecniche interattive e convergenza. I metodi inversi in campo comprimibile. Il metodo delle caratteristiche nel piano e nello spazio. Il calcolo dei moti dissipativi: metodi differenziali ed integrali. Proprietà globali e locali della turbolenza e modelli di turbolenza. Applicazioni al calcolo di strati limite e di scie. La soluzione numerica delle equazioni di Stokes-Navier.

L'elica ed i rotori

La teoria dell'elica in corrente assiale e non assiale: forze e momenti aerodinamici; induzione ed interferenza. Stallo e suoi effetti. Il progetto dell'elica libera ed intubata. Le condizioni di progetto del rotore. Progetto di rotori e di profili per ali rotanti.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella applicazione delle teorie trattate al progetto di macchine volanti, nella preparazione ed esecuzione di esperimenti e nella programmazione di alcuni metodi di calcolo.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta, a scelta del candidato, o sulla parte sperimentale delle esercitazioni o su quella di programmazione, o su un argomento di carattere generale, nonché di una prova orale su tutto il programma del corso.

Libri consigliati

Houghton-Brock: Aerodynamics for Engineering, Students Arnold

Houghton-Boswell: Further Aerodynamics for Engineering Students, Arnold
 Bradshaw: An Introduction to Turbulence and its Measurement, Pergamon Press
 Torenbeck: Synthesis of Subsonic airplane design, Delft University
 Landau-Lifchitz: Gidrodinamika, Mir
 Kuechemann: The Aerodynamic Design of Aircraft, Pergamon Press
 Bertin-Smith: Aerodynamics for Engineers, Prentice Hall
 Breyer-Pankhurst: Pressure-probe Methods for Determining Wind Speed and Flow Direction, HMS Stationery Office, London, 1971.
 Merzkirch: Flow visualization, Academic Press, 1974.
 Goldstein: Fluid Mechanics Measurements, Hemisphere, 1983.

AERODINAMICA I **Prof. Arturo BARON**

AL0102

Programma d'esame

Proprietà dei fluidi. Definizione di fluido. Proprietà fisiche e termodinamiche. Il modello di gas della teoria cinetica. Equazioni di stato.

Proprietà cinematiche e vettoriali. Velocità, portata, flusso, vorticità, circolazione. Linee di flusso, tracce, traiettorie. Velocità di deformazione.

Equazioni del moto dei fluidi. Punto di vista Euleriano e Lagrangiano. Principio di conservazione della massa: equazione di continuità in forma integrale e indefinita. Teorema della quantità di moto: Equazioni di Navier-Stokes in forma integrale e indefinita. Principio di conservazione dell'energia totale: equazione dell'energia in forma integrale e indefinita. Fluidi newtoniani. Equazioni costitutive. Condizioni iniziali e al contorno.

Soluzioni esatte delle equazioni di N-S. Correnti di Newton, Couette, Poiseuille. Vortice di Lamb e vortici ideali piani. **Correnti turbolente.** Cenni alla stabilità e alla transizione delle correnti laminari. Gli esperimenti di Reynolds. Scale spaziali, temporali e spettri. La cascata energetica. La dipendenza dal numero di Reynolds.

Simulazione numerica di correnti turbolente. Cenni alla Direct Numerical Simulation. Le equazioni mediate di Reynolds: il concetto di viscosità turbolenta, modelli di turbolenza ad una e a due equazioni. Cenni alla Large Eddy Simulation.

Casi particolari delle equazioni di moto per fluidi a proprietà costanti. Teorema di Bernoulli. Equazione del potenziale cinetico e condizioni al contorno. Statica dei fluidi: principi di Pascal, di Archimede, legge di Stevino.

Lo strato limite. Le ipotesi di Prandtl e il concetto di strato limite. Equazioni indefinite per gli strati vorticosi sottili. Strato limite laminare e turbolento. Parametri integrali dello strato limite. Separazione dello strato limite.

Similitudine dinamica. Parametri adimensionali: significato fisico. Equazioni di Navier-Stokes in forma adimensionale. Parametri adimensionali e simulazione fisica.

Tecniche di visualizzazione. Principi generali. Uso di traccianti solidi, liquidi e gassosi. Produzione di traccianti per via elettrochimica. Traccianti fotosensibili. Analogia idraulica. Visualizzazioni su superfici solide. Metodi ottici : indice di rifrazione e densità, Shadowgraph, Schlieren e interferometro. Tecniche di illuminazione e di ripresa fotografica.

Misura di grandezze fluidodinamiche. Misure dirette e indirette. Errori di misura. Sensibilità. Catene di misura e funzioni di trasferimento. Tempi di risposta. Calibrazione. Acquisizione dei dati. Misure di forza. Misure di pressione: sonde e prese, scanivalves, trasduttori, manometri. Misure di velocità: tubo di Pitot, anemometro a filo caldo e velocimetro laser.

Impianti per la sperimentazione fluidodinamica. Gallerie a vento ed idrodinamiche. Tipologia degli impianti. Qualità di vena e livelli di turbolenza. Cause e rimedi alla disuniformità e non stazionarietà della corrente. Perdite di carico distribuite e concentrate. Scelta e dimensionamento della girante. Criteri di progetto di gomiti, diffusori e convergenti. Griglie e raddrizzatori.

Libri consigliati

A.H. Shapiro: Profili veloci, Zanichelli, Bologna, 1968.

E. Mattioli: Aerodinamica, Levrotto e Bella, Torino, 1988.

- Karamcheti: Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics, Krieger Pubi. Co., Malabar, Florida, 1980.
 Cebeci, P. Bradshaw: Momentum Transfer in Boundary Layers, Hemisphere - Me Graw-Hill, 1977.
 Tennekes, J.L. Lumley: A First Course in Turbulence, The MIT Press, 1972.
 Bradshaw: An Introduction to Turbulence and its Measurements, Pergamon Press, 1971.
 Van Dyke: An Album of Fluid Motion, The Parabolic Press, Standford, California, 1982.
 V. Merzkirch: Flow Visualization, Academic Press, 1974.
 Goldstein: Fluid Mechanics Measurements, Hemisphere Pubi .Co., Springer-Verlag, 1983.
 LE. Idel'cik: Memento des pertes de charge, Eyrolles Editeur, Parigi, 1960. Pubblicato in inglese con il titolo Handbook of Hydraulic Resistance. da Hemisphere Pubico., 1986.

Dispense del corso

Le dispense coprono alcuni degli argomenti trattati nel corso. Non sono sufficienti per ottenere una preparazione completa e devono essere integrate da appunti.

Esercitazioni

Parte delle esercitazioni si basa sulla proiezione e sul commento di filmati che illustrano fenomeni fluidodinamici fondamentali.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta ed in un colloquio orale.

AERODINAMICA II **Prof. Sergio DE PONTE**

AL0103

Programma d'esame

- 1) **Cenni di cinematica dei fluidi:** Definizione di fluido e proprietà fisiche dei fluidi - Atto di moto: punto di vista lagrangiano ed euleriano - Atto di moto regolare e sua descrizione analitica - Accelerazioni.
- 2) **Dinamica dei fluidi:** Equazioni di conservazione della massa e teorema della quantità di moto - Chiusura del sistema: equazione dell'energia e complementare. - Esempi di soluzioni elementari. Equazioni ridotte, equazioni di Eulero - Teorema di Bernoulli.
- 3) **Moti irrotazionali:** Teorema di Bernoulli ed irrotazionalità - Moti armonici e loro proprietà - Moti piani e loro rappresentazione analitica, trasformazioni conformi e loro proprietà.
- 4) **Moti vorticosi:** Vortici, loro proprietà e schemi di vortice - Teoremi sui vortici - Vortici nel moto piano, schiere e stabilità - Strati vorticosi e discontinuità.
- 5) **Singolarità virtuali:** Singolarità nel piano e nello spazio - Correnti rappresentate mediante singolarità, esempi - Proprietà generali.
- 6) **Azioni aerodinamiche:** Definizioni e scomposizione: coefficienti aerodinamici - Teoremi della quantità di moto e del momento della quantità di moto ed azioni aerodinamiche - Azioni aerodinamiche nel moto irrotazionale: masse apparenti e formule di Blasius - Correnti Euleriane e Paradosso D'Alembert.
- 7) **Azioni deviatrici e circolazione:** Teorema di Kutta-Joukowski, condizioni di Kutta e determinazione della circolazione - Profili in forma analitica - Profili sottili: soluzione diretta ed inversa; cenni al progetto di profili - Singolarità virtuali e metodi di collocazione nel piano.
- 8) **Azioni resistenti e scie:** Forze resistenti e modelli - Scie vorticose: modelli di von Karman e di Helmholtz.
- 9) **Ala di apertura finita:** Teorema della quantità di moto nell'ala di apertura finita - Scia di Prandtl ed ipotesi semplificatrici - Vortice portante e resistenza indotta - Minima resistenza - Equazione integro-differenziale di Prandtl e sua soluzione: proprietà delle ali di apertura finita, coefficienti aerodinamici - Vortice portante nell'ala a freccia. Modelli numerici per la scia di Prandtl.
- 10) **Lo strato limite:** Concetto di strato limite e modelli matematici - Equazioni indefinite ed integrali - Condizioni al contorno - Soluzioni elementari di Blasius e di Falkner-Skan - Soluzioni approssimate: metodo di Pohlhausen - Resistenze di attrito - Separazione dello strato limite: effetti della separazione - Problemi tridimensionali - Linee di corrente limite e loro singolarità.

- 11) Turbolenza:** Stabilità dei moti laminari - Moti turbolenti e loro proprietà elementari - Equazioni indefinite del moto turbolento e sforzi di Reynolds - Equazione dell'energia e cascata turbolenta - Strutture coerenti - Modelli di turbolenza: turbolenza di parete - Turbolenza nello strato limite - Similitudine: profili di velocità e di sforzo - Cenni alle scie turbolente.
- 12) Moti comprimibili:** Caratteristiche e fronti d'onda - Moto subsonico e supersonico - Modelli di fluido perfetto e sue proprietà - Correnti piane stazionarie linearizzate: portanza, resistenza e momenti dei profili sottili in regime supersonico. - Moti piani e caratteristiche - Trasformazioni odografiche e loro proprietà - Onde d'urto - Profili alari in corrente subsonica e supersonica - Profili in corrente transonica - Ala di apertura finita in campo comprimibile. - Strato limite comprimibile - Lamina piana e soluzioni simili. Cenni all'ipotesi di Morkovin ed alle sue conseguenze - Cenni ai problemi ipersonici - Interazione strato limite-onda d'urto.
- 13) Sintesi:** Effetti dello strato limite sui profili alari, stallo. Famiglie di profili e motivazione delle loro caratteristiche - Interpretazione della polare di un profilo in relazione alla teoria aerodinamica - Pianate alari ed effetto della geometria sulle caratteristiche globali dell'ala.

Testi consigliati

Dispense reperibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale.

B. Finzi: Lezioni di Aerodinamica, Tamburini, Milano.

Houghton-Carruthers: Aerodynamics for Engineering Students, Arnold, 1982.

Rouse: Elementary Mechanics of Fluids, Wiley 1946.

Lighthill: An Informal Introduction to Theoretical fluid Mechanics, Clarendon, 1989.

Quori: Aerodinamica, Levrotto & Bella, 1994

AEROELASTICITA' APPLICATA

AL0105

Prof. Paolo MANTEGAZZA

Programma d'esame

- 1) Definizioni e concetti fondamentali:** Cenni storici. Definizione di sistema aeroelastico. Problemi di risposta e stabilità statica e dinamica. Definizione e giustificazione del concetto di sezione tipica, sue equazioni di movimento. Caratterizzazione dello smorzamento strutturale. Forze aerodinamiche e loro approssimazione quasi statica. Esempificazione sulla sezione tipica dei problemi aeroelastici: risposta statica e dinamica, efficacia comandi, divergenze, flutter, risposta a raffica discreta. Prime considerazioni aeroelastiche nel progetto strutturale: posizione asse elastico e masse, bilanciamento superfici mobili, effetto freccia alare. Whirl flutter. Cenni ai problemi di stabilità aeroelastica non aeronautici.
- 2) Metodi di soluzione dei problemi aeroelastici:** Richiami di analisi armonica, trasformata di Laplace, risposta impulsiva e funzione di trasferimento, loro utilizzo per la soluzione di problemi di risposta dinamica con esempiificazione su sezione tipica. Modellazione dei sistemi aeroelastici con metodi differenziali, integrali e variazionali. Metodi di soluzione approssimata: collocazione puntuale e in media, utilizzo diretto della formulazione variazionale. Metodi delle forze e degli spostamenti in aeroelasticità. Esempi di applicazione a problemi di aeroelasticità con aerodinamica quasi stazionaria e utilizzo di modelli aerodinamici a strisce finite, linea e superficie portante.
- 3) Equazioni di movimento del velivolo deformabile:** Descrizione del movimento. Sistema di riferimento medio e deformazione elastica. Requisiti per una efficiente caratterizzazione della deformazione elastica e delle superfici di comando nei problemi statici e dinamici. Equazioni di movimento del velivolo elastico completo e loro linearizzazione attorno ad un moto stazionario di riferimento. I modi propri, loro proprietà e utilizzazione nella caratterizzazione del movimento del velivolo. Utilizzazione delle deformate statiche come coordinate generalizzate. Metodi numerici per il calcolo dei modi propri e delle deformate statiche. Risoluzione dei problemi di risposta e stabilità di un velivolo flessibile, calcolo carichi e sollecitazioni dinamiche. Modi di accelerazione. Modelli semplificati relativi ai più importanti componenti. Modellazione di servosistemi nella dinamica del velivolo.
- 4) Aerodinamica instazionaria:** Caratterizzazione operativa delle forze aerodinamiche instazionarie. Metodi di calcolo delle forze instazionarie armoniche, dipendenti dal movimento e da raffiche, in flusso potenziale. Profilo in corrente subsonica e supersonica. Metodo delle

strisce finite. Equazioni della superficie portante in campo subsonico e metodi di soluzione. Cenni al campo supersonico. Piston theory. Metodi per configurazioni complesse.

- 5) **Risoluzione delle equazioni aeroelastiche:** Studio della risposta temporale a raffiche o forzanti assegnate mediante risposta in frequenza e trasformata inversa di Fourier. Metodi per la determinazione della condizione di flutter. Identificazione delle forze aerodinamiche come risposte di un sistema dinamico e formulazione temporale differenziale delle equazioni aeroelastiche. Metodi di soluzione per risposta e stabilità. Caratterizzazione delle raffiche come processo casuale e studio della risposta aeroelastica relativa con metodi in frequenza e nel tempo. Cenni ad altri problemi analoghi. Cenni relativi ai problemi di buffeting, buzz, flutter con stallo e in campo transonico. Calcolo delle sensitività.
- 6) **Problemi non lineari e servoaeroelasticità:** Non linearità tipiche. Metodi per la trattazione di non linearità concentrate. Il concetto di velivolo controllato attivamente ed esemplificazione delle problematiche relative su sezione tipica: controllo vibrazioni, alleviazione carichi di manovra e raffica, miglioramento condizioni di flutter. Implicazioni nella filosofia di progetto.
- 7) **Sperimentazione aeroelastica:** Modelli in similitudine elastodinamica e aeroelastica. Determinazione caratteristiche strutturali statiche e dinamiche su modelli e strutture. Determinazione dello smorzamento del sistema aeroelastico in volo o in galleria; metodi di eccitazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno in ripasso e applicazioni numeriche di argomenti propedeutici ai vari punti del corso e in applicazioni numeriche e sviluppo di complementi su argomenti svolti durante il corso. Sono inoltre previste alcune semplici esercitazioni in laboratorio relative ai problemi di vibrazione. Gli studenti che lo desiderassero potranno eseguire un elaborato d'esame, consistente nello sviluppo di un argomento monografico o in una applicazione numerica importante su argomenti attinenti al corso. Tali lavori costituiranno elementi di giudizio per l'esame e sono sostitutivi della prova scritta.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e in una orale.

Libri consigliati

Dowell: A modern course in aeroelasticity.
 Bisplinghoff, Halfmann, Ashley: Aeroelasticity.
 Bisplinghoff, Ashley: Principle of aeroelasticity.
 Fung: Theory of aeroelasticity.
 Scanlan, Rosenbaum: Introduction to the study of aircraft vibration and flutter.
 Foersching: Grundlagen der Aeroelastik.
 Agard: Aeroelastic manual.

Su particolari argomenti non riscontrabili sui testi menzionati saranno forniti appunti durante le lezioni.

AFFIDABILITA' E SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE AR0143 Prof. Giorgio PAOLINI

Programma d'esame

1 - CENNI SU PROBLEMI PROPEDEUTICI.

- 1.1 - Richiami di statistica descrittiva - valutazione approssimata, a diverso grado, del valore atteso e della varianza di funzioni di variabili aleatorie; parametri descrittivi e tecniche di analisi campionaria.
- 1.2 - Modellistica descrittiva: i parametri di calcolo strutturale come variabili aleatorie; modelli di rappresentazione matematica (normale, lognormale, Weibull, Poisson, ecc.).
- 1.3 - Metodi di regressione e rappresentazione di dati sperimentali.

2 - CONCETTI GENERALI.

- 2.1 - Affidabilità funzionale e strutturale; funzionalità; sicurezza.

- 2.2** - Il manufatto come oggetto della analisi affidabilistica; sua descrizione, analisi previsionale delle sue condizioni di impiego; situazioni di esercizio e "fuori servizio"; la sicurezza come esigenza prioritaria di progetto.
- 2.3** - "Vicissitudini" del manufatto in termini previsionali e/o storici; cicli di eventi e loro ripetibilità; gerarchizzazione temporale; mix di produzione, paradigma delle situazioni operative e deduzione delle leggi costitutive; identificazione delle situazioni operative, definizione di spettro e suo impiego per la impostazione della "vita progettuale" del manufatto.
- 2.4** - Le caratteristiche dei materiali in relazione ai problemi di comportamento in servizio e di persistenza della funzionalità e fungibilità. Guasti: Classificazione e fenomenologie di base, modellazione matematica; descrizione dei guasti meccanici (cedimenti) più frequenti ed importanti; parametri sperimentali che li caratterizzano e loro definizione in termini probalistici.
- 2.5** - Analisi comportamentale: principi generali, interrelazione tra spettri di situazioni operative e cedimenti; algoritmi deterministici.
- 2.6** - Il metodo MONTECARLO come strumento della determinazione della affidabilità strutturale; procedimenti abbreviati; casi particolari.
- 3 - PROBLEMI APPLICATIVI.**
- 3.1** - L'impiego dell'analisi comportamentale nella prognostica degli organi delle macchine e dei componenti meccanici: manutenzione e sua programmazione; descrizione delle caratteristiche prestazionali dei materiali e dei manufatti; valutazione dei rischi e sua incidenza nei costi di produzione ed esercizio.
- 3.2** - La sicurezza nella normativa tecnica e nella legislazione: impostazione del problema a livello nazionale ed internazionale, riflessi di carattere tecnico e giuridico. Provvedimenti progettuali ed operativi per garantire la sicurezza.
- 3.3** - Criteri di progettazione meccanica legati alle esigenze di sicurezza: scelta del grado di sicurezza in funzione dei parametri aleatori del problema e delle caratteristiche comportamentali dei materiali; criteri "safe-life", "fail-safe".
- 3.4** - Esempi di calcolo affidabilistico: gru, pala caricatrice, ruote dentate, molle, ecc.

Libri consigliati

- SS.RAO - Reliability based design, Mac Graw Hill, 1992
 J.N. Siddall: Probabilistic Engineering Design, M. Dekker, 1984
 T.T. Furmann: Approximate Methods in Engineering Design, A.P., 1981
 D. Kececoglu: Reliability Engineering Handbook, Prentice Hall, 1991

ALGEBRA **ProLssa Ada VARISCO**

AP0023

Programma d'esame

Teoria degli insiemi. Generalità sugli insiemi. Relazioni. Rappresentazione grafica di una relazione. Operazioni tra relazioni. Relazioni di equivalenza. Applicazioni. Cardinalità di un insieme. Relazioni d'ordine. Insiemi ben ordinati. Induzione transfinita. Assioma del buon ordinamento. Assioma della scelta. Relazioni negli insiemi finiti. Grafi e matrici di incidenza. Applicazioni di insiemi finiti.

Strutture algebriche. Operazioni in un insieme. Gruppoidi. Relazioni compatibili e congruenze. Strutture quozienti. Omomorfismi. Prodotti diretti.

Semigrupperi. Sottosemigrupperi e ideali. Semigrupperi ciclici. Semigrupperi a generazione finita. Bande rettangolari. Semireticolari. Semigrupperi di trasformazioni. Congruenze, omomorfismi e semigrupperi quozienti. Rappresentazioni di un semigruppero. Semigrupperi liberi e relazioni generatrici. Il semigruppero biciclico.

Gruppi. Gruppi ciclici. Gruppi di sostituzioni. Equivalenze in un gruppo. Lateralità di un sottogruppo. Sottogruppi normali. Congruenze. Omomorfismi. Automorfismi. Prodotti diretti. Periodo di un elemento. Gruppi aperiodici e gruppi di torsione. Gruppi finiti. Gruppi abeliani.

Anelli. Sottoranelli e ideali. Congruenze e omomorfismi negli anelli. L'anello degli interi modulo m . Teoremi classici sugli interi. Ideali massimali e ideali primi. Somme dirette di anelli e di ideali. Domini di integrità. Caratteristica. Anelli di Boole. Endomorfismi e automorfismi. Domini Euclidei.

Corpi e campi. Esempi di campi. Il corpo dei quaternioni reali. Condizioni affinché un anello sia un corpo. Caratteristica di un corpo. Campi primi. Omomorfismi nei corpi. Anello dei quozienti.

Immersione in un campo. Anelli di polinomi. Estensioni di un campo. Campi finiti. Teoria di Galois.
Reticoli. Sottoreticoli e ideali. I reticoli come insieme ordinati. Reticoli completi. Reticoli distributivi, modulari, complementati. Reticoli di sottogruppi e di sottoanelli. Reticoli di Boole. Dualità nei reticoli.
Spazi vettoriali. Spazio vettoriale su un corpo. Sottospazi. Dipendenza lineare. Dimensione e basi. Spazio delle n-uple.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti in programma.

Libri consigliati

Dispense del corso

Testi di consultazione

Bhattacharya, P.B., Jain, S.K., Nagpaul, S.R.: Basic Abstract Algebra, Cambridge Un. Press.
 Burton, D.M.: A first course in rings and ideals, Addison-Wesley Pub .Co.
 Dummit, D.S., Foote, R.M.: Abstract Algebra, Prentice Hall.
 Fraleigh J.B.: A First Course in Abstract Algebra, Addison-Wesley Pub.Co.
 Halmos, P.R.: Naive set theory, Springer-Verlag.
 Herstein, I.N.: Topics in Algebra, J.Wiley & Sons.
 Herstein, I.N.: Algebra, Editori riuniti.
 Mac Coy, N.H.: The theory of rings, Chelsea Pub.Co.
 Mac Coy, N.H.: Rings and ideals, Math, Ass. of Am.
 Marchionna, E., Tibiletti, C.: Appunti di Algebra, Ed.Masson.
 Moore, J.T.: Elements of Abstract Algebra, MacMillan Co.
 Preparata, F., Yeh, R.T.: Introduzione alle strutture discrete, Boringhieri.
 Rodriquez, G.: Algebra, CLUP.
 Stoll, R.R.: Set Theory and Logic, Freeman and Co.
 Zehna, P.W. Johnson, R.L.: Elements of set theory, Allin and Bacon.

ALGEBRA (1/2 annualità, 1)

AP0104

Prof.ssa Alessandra CHERUBINI

Programma d'esame

Elementi di teoria degli insiemi. Relazioni: relazioni di ordine e di equivalenza, insiemi quozienti. Applicazioni: teoremi di fattorizzazione. Algebra di Boole. Funzioni booleane e loro forma normale. Calcolo proposizionale. Quantificatori. Teorie del primo ordine: teoremi di completezza. Esempi di teorie del primo ordine: insiemi ordinati, gruppi, ecc.. Principali strutture algebriche con una e due operazioni binarie: semigrupp, monoidi, gruppi, anelli, campi, reticoli. Prime proprietà di tali strutture, sottostrutture, relazioni di congruenza e strutture quozienti, prodotti diretti. Cenni su questioni di decidibilità: teoremi di Godei."

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio orale, eventualmente preceduto dalla soluzione di semplici esercizi.

Libri consigliati

Mendelson: Introduzione alla logica matematica, Boringhieri.
 Rodriquez: Algebra per ingegneria e informatica, CLUP, oppure
 Di Martino, Tamburini: Appunti di Algebra, CLUED

Libri di consultazione

Birkhoff e Mac Lane: Algebra, Mursia.
 Marchionna e Marchionna Tibiletti: Lezioni di algebra, La Viscontea.
 Andrews: An introduction to mathematical logic and type theory: to truth through proof, Academic Press.
 Somalvico: Complementi di programmazione.

ALGEBRA (1/2 annualità, 2)
Profusa Alessandra CHERUBINI

AP0114

Programma d'esame

Categorie: Il concetto di categorie. Prodotti e coprodotti. Funtori e trasformazioni naturali Funtori aggiunti. Il concetto di topos. Algebra di Heyting.

Logica modale: Semantica e sintassi. Sistemi normali. Modelli canonici e completezza. Filtrazioni e decidibilità. Sistema di logica multimodale.

Logica temporale: Frames lineari. Logica temporale della concorrenza. Cenni di logica dinamica.

Logica fuzzy: Insiemi fuzzy, espressioni fuzzy, logiche multivalenti e fuzzy.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale e/o nella discussione di un elaborato.

Precedenze d'esame

Algebra (1/2 annualità A) o Algebra (annualità intera).

I corsi di Algebra 1 e Algebra 2 saranno organizzati in modo da rendere possibile anche una frequenza parallela, e

pertanto i relativi esami possono essere sostenuti nella stessa sessione.

Libri consigliati

Dispense del corso

Possono essere di utile consultazione i testi:

Chellas: Modal logie, an introduction, Cambridge University Press.

Goldblatt: Logics of time and computation, CSLI

Kroeger: Temporal Logic of Programs, Springer Verlag.

Lawvere and Schanuel: Teoria delle categorie: un'introduzione alla matematica, Muzzio.

ALGORITMI E CIRCUITI PER LE TELECOMUNICAZIONI
Prof. Sergio BROFFERIO

AG0244

Programma d'esame

1) Elementi di circuiti digitali ed analogici.

Circuiti digitali in tecnologia CMOS dinamica per circuiti a grande integrazione: strutture, prestazioni, metodi di sincronizzazione, limiti di funzionamento. Amplificatori: stadi a basso rumore, stadi di guadagno, stadi di uscita. Amplificatori per grandi segnali. Moltiplicatori analogici.

2) Circuiti per la modulazione analogica e numerica.

Modulazione coerente e non coerente. Modulatore e demodulatori di ampiezza e di frequenza. Oscillatori. Circuiti ad aggancio di fase (PLL) e demodulatori coerenti. Trasmissione di segnali numerici in banda base: circuiti per la sintesi di impulsi. Estrazione del sincronismo. Tecniche e strutture circuitali per la modulazione numerica (PSK, QAM, FSK), recupero della portante.

3) Processori per la elaborazione numerica dei segnali.

Struttura e prestazione dei processori a controllo di programma e di dati, analisi di alcuni casi particolari. Moltiplicatori numerici: strutture seriali, parallele e miste; filtri ad aritmetica distribuita. Processori dedicati all'elaborazione del segnale video e vocale.

4) Circuiti per la trasmissione di segnali binari su fibre ottiche.

Modelli dei trasduttori e del mezzo. Caratterizzazione del rumore. Trasmettitori e ricevitori.

Esercitazioni

Vi saranno esercitazioni settimanali numeriche o con simulazioni.

Modalità d'esame

L'esame può essere svolto con due prove scritte estemporanee e da una prova orale oppure con una prova scritta che abilita all'esame orale compendiatore, eventualmente, da un elaborato.

Libri consigliati

S. Brofferio, V. Daniele: CMOS: Circuiti e sistemi digitali a grande integrazione (Clup 1985)
 Dispense di Radiotecnica: Circuiti digitali, circuiti analogici, circuiti per la trasmissione numerica (CLUP Politecnico di Milano)

Testi di consultazione:

D. Del Corso: Elettronica per Telecomunicazioni, Ed. Libreria Editrice Universitaria Levrotto e Bella (Torino), 1987
 L. Franchina, P. Marietti: Sistemi elettronici a banda frazionale stretta, Masson Editrice, 1994
 F. Gardner: Phaselock Techniques, 2nd Ed. John Wiley & Sons, 1979.
 P.H. Young: Electronic Communication Techniques, 3rd Ed. Merrill Pubi. Co., 1994.

Note agli studenti:

Si consigliano le precedenze di Tecnologie Elettroniche e Comunicazioni Elettriche.

ANALISI DEI SISTEMI (A) **Prof. Giorgio GUARISO**

AG0074

*Programma d'esame***1 - Introduzione.**

Generalità sulla modellistica: evoluzione storica del concetto di modello, modelli fisici e modelli matematici, caratteristiche dei modelli. Come si costruisce un modello: il ruolo delle leggi fisiche elementari e il ruolo dei dati, modelli a scatola nera e modelli empirici. Modelli descrittivi: modelli di simulazioni e modelli di previsione. Modelli decisionali: modelli di pianificazione e modelli di gestione. Esempi di casi.

2 - Elementi di teoria dei sistemi e di analisi dei dati.

Definizione generale di sistema dinamico. Sistemi continui e discreti, stazionarietà, linearità. Cenni ai sistemi stocastici e alle catene di Markov. Sensitività parametrica, movimento libero e movimento forzato. Equilibrio e stabilità: definizione e significato pratico. Stabilità dei sistemi lineari: criterio degli autovalori (poli). Linearizzazione. Molteplicità degli equilibri e loro classificazione nei sistemi del secondo ordine. Sistemi del secondo ordine: cicli e tracciamento del quadro delle traiettorie. Cenni alla teoria delle catastrofi. Raggiungibilità: definizione, test di Kalman e controllori stabilizzanti. Osservabilità: definizione, test di Kalman e stima asintotica dello stato. Regolatori stabilizzanti: proprietà di separazione e fissabilità dei poli, esempi di applicazione. Scomposizione dei sistemi lineari e relazioni ingresso-uscita. Risposta all'impulso. Funzione di trasferimento: definizione e calcolo. Schemi a blocchi. Calcolo esatto e approssimato dei transistori. Risposta in frequenza: definizione, significato pratico, proprietà filtranti dei sistemi dinamici, banda passante e risonanza. Diagrammi e criterio di Nyquist. Diagrammi di Bode e risposta in frequenza dei sistemi in anello chiuso. Modelli autoregressivi e a media mobile (ARMA). Esempi riassuntivi. Generalità sui dati : campionamento, quantizzazione, trasmissione. Tecniche di archiviazione dei dati. Analisi di dati non ordinati. Trattamento dei segnali: filtraggio numerico e interpolazione. Trattamento delle immagini e filtri spaziali.

3 - Simulazione.

Tecniche di simulazione e mezzi di calcolo. Discretizzazione dei sistemi continui. Approccio deterministico alla taratura dei modelli: stima ai minimi quadrati, stima off-line e on-line. Esempio di taratura di un modello di simulazione. Linguaggi di simulazione.

4 - Previsione.

Finalità delle previsioni e tecniche deterministiche. Previsori stocastici (modelli ARMAX e previsore di Kalman). Taratura off-line dei previsori. Taratura on-line dei previsori (previsione recursiva e adattiva). Esempio di caso.

5 - 1 metodi della ricerca operativa.

Classificazione dei problemi di programmazione matematica. Programmazione lineare. Ottimizzazione non vincolata monodimensionale (sezione aurea, interpolazione parabolica, Fibonacci, bisezione). Ottimizzazione non vincolata n- dimensionale (direzioni principali, Powell, gradiente, Newton). Ottimizzazione vincolata (Lagrangiana, metodi di penalità e

barriera). Programmazione dinamica. Ottimizzazione combinatoria (cammino minimo, PERT, albero minimo, ciclo ottimo, massimo flusso, trasporto, tecniche euristiche).

6 - Pianificazione.

Cosa significa pianificare - Massimizzazione del profitto (produttori e utilizzatori, costi e benefici marginali, domanda e offerta, prezzi, quote e prezzi ombra). Analisi costi-benefici: il caso di un produttore e di un utilizzatore (equilibrio, efficienza, redistribuzione del reddito). Analisi costi-benefici: il caso di molti produttori e utilizzatori (coordinamento domanda-offerta e analisi decentralizzata). Analisi a molti obiettivi (conflittualità, soluzioni efficienti, metodo dei pesi e metodo dei vincoli, criteri di scelta del miglior compromesso). Esempio di caso. Pianificazione in condizioni di incertezza (criterio del min-max e cenni alla teoria delle decisioni). Problemi a molti decisori (equilibrio di Nash, competitività e inefficienza).

7 - Gestione.

I problemi di gestione e i sistemi di supporto alle decisioni (schemi in anello aperto, anello chiuso, compensazione). Controllo ottimo e principio del massimo. Controllo ottimo e programmazione dinamica. Esempio di caso. Sistemi di supporto alle decisioni.

Esercitazioni

Il programma comprenderà:

- 1) esercitazioni numeriche riguardanti in particolare gli elementi di dinamica dei sistemi e di ricerca operativa presentati nel secondo e nel quinto capitolo.
- 2) esercitazioni al terminale sulle tecniche di simulazione presentate nel terzo capitolo (se possibile queste esercitazioni si svolgeranno presso il Centro di Calcolo).
- 3) studi di casi riguardanti la taratura e la simulazione di modelli complessi e l'uso dei modelli in problemi di previsione, pianificazione e gestione.

Modalità d'esame

L'esame consiste di una prova scritta e di un colloquio. Per chi frequenta è possibile sostenere l'esame attraverso una serie di prove scritte svolte durante l'anno.

Libri consigliati

Sono disponibili presso la CittàStudi le Note del corso (in 2 volumi). Tali note corrispondono a quanto viene proiettato a lezione (tutto il corso è svolto con lavagna luminosa) e pertanto costituiscono solo un supporto per la preparazione dell'esame. Sempre presso la CittàStudi è in distribuzione anche un eserciziario.

ANALISI DEI SISTEMI (B) Prof. Luca L. GHEZZI

AG0113

Programma d'esame

1. **Sistemi lineari.** Elementi di teoria dei sistemi lineari: stabilità, raggiungibilità e legge di controllo, osservabilità e ricostruzione dello stato, relazioni di ingresso-uscita e modelli ARMA. Programmi per l'analisi dei sistemi lineari su P.C.. I sistemi positivi: definizioni ed esempi, stabilità ed autovalore di Frobenius, regolarità, irriducibilità, eccitabilità. Modelli di produzione. Modelli demografici. Sistemi di stoccaggio. Catene di Markov.
2. **Sistemi non lineari.** Equilibri multipli e loro stabilità. Metodo di Liapunov. Sistemi del secondo ordine: equilibri, cicli e teoria di Bendixon-Poincarè. Stabilità strutturale, biforcazioni e catastrofi nei sistemi a tempo continuo e discreto. Metodo delle perturbazioni singolari per l'analisi di sistemi a dinamica differenziata. Funzionamento caotico dei sistemi non lineari. Tecniche e programmi di simulazione su P.C.
3. **Sistemi dinamici e tecniche di previsione.** Il problema della previsione in tempo reale. Classificazione dei predittori. Analisi di serie storiche e taratura dei predittori. Tecniche di previsione adattati va.
4. **Sistemi dinamici e ottimizzazione.** Il problema dell'ottimizzazione dei sistemi dinamici. Ottimizzazione a breve e lungo termine. Analisi costi-benefici e analisi a molti obiettivi. Programmazione in condizioni di incertezza e albero delle decisioni. Principio del massimo. Controllo ottimo delle risorse rinnovabili e non rinnovabili.

5. Sistemi di supporto alle decisioni (SSD). Il problema del supporto alle decisioni. Struttura degli SSD. Uso delle tecniche di simulazione, previsione e ottimizzazione nello sviluppo degli SSD.

Esercitazioni

Le esercitazioni degli allievi gestionali e dell'Università Bocconi saranno svolte separatamente da quelle degli allievi civili secondo i seguenti programmi.

Allievi gestionali e dell'Università Bocconi *Capitolo 1*: Duopolio. Modelli macroeconomici. Modello di Leontieff. Affidabilità e catene di Markov. Strutture gerarchiche e principio di Peter. Dinamica di gruppo. *Capitolo 2*: Stabilità dell'equilibrio economico generale. Cicli nella competizione tra tecnologie e nel mercato del petrolio. Caos nei mercati concorrenziali e nei mercati finanziari. *Capitolo 3*: Previsione nei mercati mobiliari. *Capitolo 4*: Gestione della produzione. Commercializzazione di prodotti innovativi. Gestione delle risorse finanziarie personali. *Capitolo 5*: Produzione agricola e protezione ambientale. Un sistema per la pianificazione finanziaria.

Allievi civili *Capitolo 1*: Dinamica di sistemi di trasporto. Modelli di inquinamento. Analisi e controllo degli acquiferi. Controllo attivo di una struttura. *Capitolo 2*: Biforcazioni e catastrofi nelle strutture caricate di punta. Dinamica e controllo delle epidemie. Caos deterministico e turbolenza. Ciclicità delle fioriture algali. *Capitolo 3*: Previsioni demografiche. Previsioni meteorologiche. Previsione dell'inquinamento atmosferico in aree urbane. *Capitolo 4*: Dimensionamento di una condotta come problema di controllo ottimo. Programmazione degli interventi di risanamento. *Capitolo 5*: Un sistema di trasporto pubblico a chiamata. La gestione delle acque sotterranee.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta, con eventuale discussione dell'elaborato, od orale, a scelta del candidato. Durante lo svolgimento del corso verranno tenute alcune prove scritte facoltative, di tipo graduale e riguardanti l'intero programma svolto in precedenza. Tali prove, qualora superate positivamente, sono da considerarsi equivalenti alla prova scritta di cui sopra.

Precedenze di esame

Per gli **allievi gestionali**: Analisi matematica II, Economia e organizzazione aziendale. Per gli **allievi civili**: Analisi matematica II, Scienza delle costruzioni.

Materiale didattico

Durante lo svolgimento del corso saranno rese disponibili le note che il docente usa come traccia per le sue lezioni. Tali note potranno essere integrate con opportune letture suggerite dal docente. Verranno pure messi a disposizione degli allievi programmi per la soluzione su P.C. di problemi a carattere professionale.

ANALISI DEI SISTEMI DELL'INGEGNERIA CHIMICA **Prof. Guido BUZZI FERRARIS**

AF0107

Programma d'esame

A. Elaborazione dei dati esenti da errore sperimentale.

Interpolazione polinomiale e con funzioni razionali. Approssimazione di funzioni complesse. Uso dei polinomi continui per costruire diagrammi e in problemi di grafica.

B. Elaborazione di dati con errore sperimentale.

Introduzione al significato e all'uso di modelli matematici. Modelli lineari. Limiti di fiducia. Test di significanza. Costruzione automatica di modelli lineari. Modelli non lineari. Modelli multirisposta. Applicazioni a cinetiche chimiche con una o più reazioni simultanee. Programmazione sequenziale di prove per migliorare la stima dei parametri di un modello. Programmazione sequenziale di prove per discriminare fra modelli.

C. Bilanci materiali ed energetici in condizioni stazionarie.

Come scrivere un bilancio.

- Sistemi algebrici tipici dell'ingegneria chimica. Ricerca dello zero di una funzione in una sola variabile. Calcolo del punto di bolla e di rugiada. Caso multidimensionale. Soluzione di sistemi lineari. Sistemi sparsi con strutture caratteristiche: sistemi tridiagonali, a banda, a blocchi.

Soluzione di sistemi algebrici non lineari. Applicazione al calcolo di flash, a colonne di distillazione e a bilanci di impianti in condizioni stazionarie.

- Sistemi differenziali tipici dell'ingegneria chimica. Equazioni differenziali con condizioni iniziali. Esempi di applicazioni al calcolo di reattori chimici. Equazioni differenziali con condizioni ai limiti. Reazioni con diffusione entro particelle catalitiche.

D. Ottimizzazione di laboratorio, di processo e di conduzione.

Caso monodimensionale. Caso multidimensionale con variabili non vincolate. Caso multidimensionale con variabili vincolate. Ottimizzazione in fase di ricerca di laboratorio. Ottimizzazione di progetto e di conduzione di un impianto industriale. Programmazione lineare. Applicazione all'ottimizzazione di un processo petrolifero. Programmazione dinamica e a blocchi. Ottimizzazione di un processo divisibile in stadi: reattori multistadio, reti di scambiatori, processo industriale complesso. Ottimizzazione di tipo variazionale. Applicazione all'ottimizzazione di progetto di un reattore a letto catalitico con decadimento del catalizzatore.

E. Bilanci materiali ed energetici in condizioni dinamiche.

Equazioni differenziali ordinarie stiff. Equazioni miste algebriche e differenziali. Problemi di dinamica di un processo industriale. Cenno sulle equazioni differenziali a derivate parziali. Metodi di soluzione e problemi tipici.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni vengono trattati argomenti complementari e svolte applicazioni numeriche con riferimento a problemi e orientamenti all'uso di calcolatori.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Dispense del corso.

G. Buzzi Ferraris: Analisi e identificazione di modelli, CLUP.

ANALISI DI RUMORE NEI REATTORI NUCLEARI Prof. Marzio MARSEGUERRA

AV0105

Programma d'esame

Reattori a fissione.

Il modello del trasporto per lo studio della distribuzione dei neutroni in un reattore nucleare. L'equazione di Boltzmann del trasporto neutronico. Caratteristiche generali dell'operatore del trasporto e forma della soluzione. Il metodo dell'autovalore a e dell'auto valore k . Soluzioni numeriche ed organizzazione dei moderni codici di calcolo. Il metodo dello sviluppo in armoniche sferiche a molti gruppi energetici; il metodo delle ordinate discrete a molti gruppi energetici.

L'equazione aggiunta del trasporto. Interpretazioni fisiche del flusso aggiunto. Funzione importanza. Metodi perturbativi e variazionali. Dinamica del reattore: il modello puntiforme.

Il metodo Monte Carlo.

Il metodo Monte Carlo. Estrazione di casuali da distribuzioni qualsiasi. Metodi di rigetto di von Neumann e di Metropolis. Il problema del tiro a bersaglio e la valutazione di integrali definiti. Tecniche di riduzione della varianza; estrazioni forzate. Simulazione stocastica del problema del trasporto di neutroni o di radiazione. Campionamento con la funzione importanza; suddivisione di una particella e roulette russa.

Il rumore nei reattori a fissione.

Proprietà statistiche del rumore. Analisi nel dominio della frequenza e nel dominio del tempo. Fluttuazioni neutroniche in un reattore a potenza zero. Problemi di salvaguardia. Rumore nei reattori ad acqua in pressione. Vibrazioni anomale del core barre. Rumore nei reattori ad acqua bollente ed effetti di controreazione. Diagnostica precoce di malfunzionamenti di strumentazione e di impianto.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni sono descritti in dettaglio modelli fisici e programmi di calcolo per la determinazione

di alcune grandezze caratteristiche di un reattore nucleare. Verrà inoltre eseguita ed analizzata una esperienza di salvaguardia in corso presso il CESNEF.

Libri consigliati

- G. Bell, S. Glasstone: Nuclear Reactor Theory, Van Nostrand Reinhold Co. 1970.
 M.H. Kalos, P.A. Whitlock: Monte Carlo Methods, Voi. I: basics, J. Wiley, N.Y. 1986.
 J.A. Thie: Power Reactor Noise, American Nuclear Society, 1981.
 A. Weinberg, E. Wigner: Introduction to Nuclear Reactor Theory, Addison-Wesley, 1966.
 M.M.R. Williams: Random Processes in Nuclear Reactors, Pergamon Press, 1974.
 J. S. Bendat, A.G. Piersol: Random Data, II ed. J. Wiley, N.Y. 1986.

ANALISI MATEMATICA I

AP0001

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica)

Prof. Sandro SALSA

Programma d'esame

1. **Teoria degli insiemi.** Operazioni, funzioni, relazioni.
2. **Sistemi numerici.** Successivi ampliamenti del concetto di numero: dai naturali ai complessi.
3. **Spazi Euclidei R^n .** Struttura di spazio vettoriale e spazio topologico.
4. **Funzioni di una variabile.**
- 4a. **Limiti e continuità.** Funzioni composte. Funzioni monotone. Funzione inversa. Definizione di limite. Teoremi sui limiti. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue. Continuità uniforme.
- 4b. **Calcolo differenziale.** Definizione di derivata e differenziale. Regole di derivazione e di differenziazione. Derivate e differenziali successivi. Massimi e minimi relativi. Teoremi fondamentali sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor; applicazioni. Funzioni concave e convesse. Studio del grafico di una funzione.
- 4c. **Calcolo integrale e funzioni di una variabile.** Integrale esteso ad un intervallo e sue proprietà. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale indefinito. Metodi di integrazione. Integrali in senso generalizzato.
5. **Funzioni di più variabili.**
- 5a. **Campi scalari.** Limiti, continuità, derivate parziali e direzionali, differenziabilità, derivate e differenziali successivi. Formula di Taylor. Cenno alle formule differenziali ed ai loro integrali di linea.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

- L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, Voi I, ed. UTET, Torino.
 C. Citrini: Analisi Matematica I, Bollati Boringhieri, Torino.
 C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voi. I, ed. Masson, Milano.
 F. Buzzetti, E. Grassini, A. Vasconi: Esercizi di Analisi Matematica I, parti I e II, Masson, Milano.

ANALISI MATEMATICA I

AP0001

(per gli allievi di Ingegneria Chimica)

Prof. Stefano MEDA

Programma d'esame

1. **Elementi di Logica.** Proposizioni, connettivi, quantificatori, relazioni, insiemi, funzioni.
2. **Sistemi Numerici.** Numeri naturali, interi, razionali. Assiomi dei numeri reali e loro proprietà. Numeri complessi.
3. **Spazi euclidei.** Strutture di spazio vettoriale e di spazio topologico. Prodotto scalare, prodotto vettore, prodotto misto.

4. Funzioni di una variabile reale:

4a. Limiti e continuità. Funzione composta, funzione inversa, proprietà di monotonia, limitatezza, convessità. Definizione di limite, teoremi sui limiti. Definizione di continuità. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue. Continuità uniforme.

4b. Calcolo differenziale. Definizione di derivata e di differenziale. Regole di derivazione. Derivate successive. Massimi e minimi. Teoremi fondamentali sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor; applicazioni. Studio qualitativo del grafico di una funzione.

4c. Calcolo integrale. Integrale di Riemann esteso ad un intervallo e sue proprietà. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale indefinito. Metodi di integrazione. Integrale in senso generalizzato.

5. Funzioni di più variabili reali:

5a. Limiti e continuità. Definizione di limite. Funzioni continue. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue. Continuità uniforme.

5b. Calcolo differenziale. Derivate parziali, derivate direzionali, differenziale. Condizioni necessarie e condizioni sufficienti per la differenziabilità. Derivate successive. Formula di Taylor. Forme quadratiche. Massimi e minimi liberi.

6. Curve e integrali curvilinei. Curve parametriche in R^3 . Curve regolari. Lunghezza e ascissa curvilinea. Tema intrinseca. Integrali curvilinei.

7. Successioni, serie numeriche, sistemi dinamici discreti. Limiti di successioni. Convergenza semplice, convergenza assoluta di una serie. Criteri di convergenza. Prodotto secondo Cauchy. Successioni definite per ricorrenza. Metodo grafico. Sistemi dinamici lineari: valori di equilibrio, stabilità, cicli. Comportamento complesso per sistemi non lineari.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

Adams: Calcolo differenziale, 1, C.E.A., Milano, 1991

L. Amerio: Analisi Matematica, Voi. I, UTET, Torino, 1990.

J.P.Cecconi & G.Stampacchia: Analisi Matematica I, Liguori, Napoli, 1980.

C. Citrini: Analisi Matematica I, Bollati Boringhieri, Torino 1991.

G. Gilardi: Analisi Uno, McGraw Hill Italia, Milano, 1991.

C.D. Pagani & S.Salsa: Analisi Matematica, Voli, Masson, Milano, 1990.

G. Prodi: Analisi Matematica, Boringhieri, Torino, 1980.

G. Geymomat: Lezioni di Matematica, Levrotto & Bella, Torino, 1980.

ANALISI MATEMATICA I**AP0001**

(per gli allievi di Ingegneria Civile, Edile e per l'Ambiente e il Territorio)

Proff. Daniela LUPO, Stefano MORTOLA, Susanna TERRACINI*Programma d'esame*

1. Cenni di logica e di teoria degli insiemi. Connettivi e quantificatori. Insiemi e sottoinsiemi. Operazioni, funzioni e relazioni. Insiemi finiti e infiniti. Successivi ampliamenti del concetto di numero: dai naturali ai complessi.

2. Funzioni di una variabile.

2a. Limiti e continuità. Funzioni composte. Funzioni monotone. Funzione inversa. Definizione di limite. Teoremi sui limiti. Funzioni continue. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue.

2b. Calcolo differenziale. Definizione di derivata e di differenziale. Regole di derivazione e di differenziazione. Derivate e differenziali successivi. Massimi e minimi relativi. Teoremi fondamentali sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor: applicazioni. Funzioni concave e convesse. Studio del grafico di una funzione.

2c. Calcolo integrale per le funzioni di una variabile. Integrale esteso ad un intervallo e sue proprietà. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale indefinito. Metodi di integrazione. Integrali in senso generalizzato.

3. Successioni e serie numeriche. Limiti di successioni. Successioni definite per ricorrenza.

Sistemi dinamici discreti. Definizione di serie convergente, divergente e indeterminata, criterio di Cauchy, serie assolutamente convergenti, test di convergenza.

4. Funzioni di più variabili. Limiti, continuità, derivate parziali e direzionali, differenziabilità.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e una orale.

Libri consigliati

L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, Voi I, UTET, Torino.

C. Citrini: Analisi di Matematica I, Bollati Boringhieri, Torino.

G. Gilardi: Analisi Uno, McGraw Hill Italia, Milano.

E. Giusti: Analisi Matematica I, Bollati Boringhieri, Torino

C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voi. I, Masson, Milano.

G. Talenti: Analisi Matematica e Calcolatori, Bollati Boringhieri, Torino.

F. Buzzetti, E. Grassini, A. Vasconi: Esercizi di Matematica I, parti I e II, Masson, Milano.

E. Giusti: Esercizi di Analisi Matematica I, Bollati Boringhieri, Torino.

P. Marcellini, C. Sbordone: Esercizi di Analisi Matematica I, Liguori, Napoli.

ANALISI MATEMATICA I

AP0001

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni)

Prof. Valeria BACCHELLI, Antonella MARTINOLLI FURIOLI, Rodolfo SALVI, Amina VASCONI AJROLDI.

Programma d'esame

- 1. Teoria degli insiemi.** Operazioni, funzioni, relazioni.
- 2. Sistemi numerici.** Successivi ampliamenti del concetto di numero: dai naturali ai complessi.
- 3. Spazi euclidei R^n .** Struttura di spazio vettoriale e spazio topologico.
- 4. Funzioni di una variabile.**
- 4a. Limiti e continuità.** Funzioni composte. Funzioni monotone. Funzione inversa. Definizione di limite. Teoremi sui limiti. Funzioni continue. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue. Continuità uniforme.
- 4b. Calcolo differenziale.** Definizione di derivata e di differenziale. Regole di derivazione e di differenziazione. Derivate e differenziali successivi. Massimi e minimi relativi. Teoremi fondamentali sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor; applicazioni. Funzioni concave e convesse. Studio del grafico di una funzione.
- 4c. Calcolo integrale per le funzioni di una variabile.** Integrale esteso ad un intervallo e sue proprietà. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale indefinito. Metodi di integrazione. Integrali in senso generalizzato.
- 4d. Curve.** Definizione. Proprietà. Lunghezza ed ascissa curvilinea. Terna intrinseca.
- 5. Funzioni di più variabili.** Limiti, continuità, derivate parziali e direzionali, differenziabilità, derivate e differenziali successivi. Formula di Taylor. Integrali di linea. Forme differenziali lineari. Lavoro.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati:

L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, voi. 1, UTET: Torino.

C. Citrini: Analisi Matematica I, Bollati Boringhieri: Torino.

G. Gilardi: Analisi Uno, McGraw Hill Italia: Milano.

E. Giusti: Analisi Matematica I, Bollati Boringhieri: Torino.

C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, voi. 1, Masson: Milano.

F. Buzzetti, E. Grassini, A. Vasconi: Esercizi di Analisi Matematica I, parti I e II, Masson: Milano.

E. Giusti: Esercizi di Analisi Matematica I, Bollati Boringhieri: Torino.

G. Talenti: Analisi Matematica e Calcolatori, Bollati Boringhieri: Torino.

ANALISI MATEMATICA I**AP0001**

(per gli allievi di Ingegneria Elettrica e Nucleare)

Prof. ssa Anna ZARETTI*Programma d'esame*

1. **Teoria degli insiemi.** Operazioni, funzioni, relazioni.
2. **Sistemi numerici.** Successivi ampliamenti del concetto di numero: dai naturali ai complessi.
3. **Spazi euclidei.** Strutture di spazio vettoriale e spazio topologico.
4. **Funzioni di una variabile.**
- 4a. **Limiti e continuità.** Funzioni composte, monotone, inverse, convesse. Successioni. Definizione di limite. Teoremi sui limiti. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue. Continuità uniforme.
- 4b. **Calcolo differenziale.** Definizione di derivata e differenziale. Regole di derivazione e di differenziazione. Derivate e differenziali successivi. Massimi e minimi. Teoremi fondamentali sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor; applicazioni. Studio grafico di una funzione.
- 4c. **Calcolo integrale per funzioni di una variabile.** Integrale esteso ad un intervallo e sue proprietà. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale indefinito. Metodi di integrazione. Integrali in senso generalizzato.
5. **Funzioni di più variabili.**
- 5a. **Limiti e continuità.** Definizione di limite. Funzioni continue. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue. Continuità uniforme.
- 5b. **Calcolo differenziale.** Definizioni di derivate parziali, direzionali e di differenziale. Teoremi sulle funzioni differenziabili. Derivate e differenziali successivi. Formula di Taylor. Massimi e minimi liberi.
6. **Curve e integrali curvilinei.**
- 6a. **Curve in R^3 .** Definizioni principali. Curve regolari. Lunghezza e ascissa curvilinea. Terna intrinseca.
- 6b. **Integrale curvilineo.** Forme differenziali lineari e loro integrale. Forme differenziali esatte. Funzione potenziale.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

- L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, Voi I, ed. UTET, Torino.
C. Citrini: Analisi Matematica vol. I e II, Bollati Boringhieri, Torino.
C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voi. I e II, ed. Masson, Milano.
F. Buzzetti, E. Grassini, A. Vasconi: Esercizi di Analisi Matematica, parti I e II, Masson, Milano.
E. Giusti: Esercizi e Complementi di Analisi Matematica, Bollati Boringhieri, Torino.
G. Talenti: Analisi Matematica e Calcolatori, Bollati Boringhieri, Torino.

ANALISI MATEMATICA I**AP0001**

(per gli allievi di Ingegneria Gestionale e dei Materiali)

Proff. Elena GRASSINI, Maurizio VERRI*Programma d'esame*

1. **Teoria degli insiemi.** Operazioni, funzioni, relazioni.
2. **Sistemi numerici.** Successivi ampliamenti del concetto di numero: dai naturali ai complessi.
3. **Elementi di calcolo combinatorio.**
4. **Spazi euclidei.** Struttura di spazio vettoriale e di spazio topologico.
5. **Funzioni di una variabile.**
- 5a. **Limiti e continuità.** Funzioni: composta, inversa, convessa, monotona. Successioni. Definizione di limite. Teoremi sui limiti. Funzioni continue. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue.
- 5b. **Calcolo differenziale.** Definizione di derivata e di differenziale. Regole di derivazione e di differenziazione. Derivate e differenziali successivi. Massimi e minimi. Teoremi fondamen-

tali sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor; applicazioni. Studio del grafico di una funzione.

5c. Calcolo integrale. Integrale esteso ad un intervallo e sue proprietà. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale indefinito. Metodi di integrazione. Integrali in senso generalizzato.

6. Funzioni di più variabili.

6a. Limiti e continuità. Definizione di limite. Funzioni continue. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue.

6b. Calcolo differenziale. Definizioni di derivate parziali e direzionali e di differenziale. Teoremi sulle funzioni differenziabili. Derivate e differenziali successivi. Formula di Taylor. Forme quadratiche. Massimi e minimi liberi.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati:

L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, voi. 1, UTET: Torino.

C. Citrini: Analisi Matematica 1, Bollati Boringhieri: Torino.

C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voli. 1 e 2, Masson, Milano.

F. Buzzetti, E. Grassini, A. Vasconi: Esercizi di Analisi Matematica I, parti I e II, Masson, Milano.

ANALISI MATEMATICA I

AP0001

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Proff. Elisabetta MALUTA, Paolo TEREZI

Programma d'esame

Calcolo combinatorio. Disposizioni, combinazioni, permutazioni. Definizioni e proprietà dei numeri reali. Insiemi in R e in R^n , proprietà di ordinamento e proprietà topologiche. Numeri complessi. Funzioni. Corrispondenze fra insiemi, relazioni, funzioni: definizioni e proprietà. Funzione composta ed inversa. Funzione reale di variabile reale. Limiti: definizioni, unicità, condizioni sufficienti di esistenza. Infinitesimi e infiniti. Continuità, continuità uniforme. Teoremi sulle funzioni continue. Successioni e serie. Definizione e carattere di una successione e di una serie. Criteri di convergenza. Calcolo differenziale per le funzioni di una variabile. Definizioni di derivate e di differenziale primo. Regole di derivazione, derivate successive, spazi $C^n(T)$ $C^\infty(T)$. Teoremi sulle funzioni derivabili - Condizione sufficiente di monotonia - Regola di De L'Hôpital. Formula e serie di Taylor e Me Laurin. Studio delle linee piane. Funzioni di più variabili. Funzioni di due o più variabili: limite, continuità. Estensione dei teoremi già visti per funzioni di una variabile. Derivata direzionale, in particolare derivate parziali. Derivate parziali successive - Spazi $C^n(T)$ e $C^0(T)$. Differenziabilità e teoremi inerenti. Piano tangente. Formule e serie di Taylor. Studio delle superfici: concavità, convessità, massimi e minimi liberi e assoluti. Rappresentazione parametrica di una linea e di una superficie. Linee e superfici regolari. Calcolo integrale. Definizione di integrale definito e proprietà. Definizione di primitiva e teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrale indefinito - metodi di integrazione. Integrali generalizzati. Lunghezza di un arco di linea, ascissa curvilinea. Definizione di integrale di linea e di integrale di forma differenziale lineare. Forme differenziali esatte, potenziale.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati:

L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, voi. 1, UTET: Torino.

C. Citrini: Analisi Matematica 1, Bollati Boringhieri: Torino.

C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica 1, Voi. 1, Masson: Milano.

F. Buzzetti, E. Grassini, A. Vasconi: Esercizi di Analisi Matematica, parti I e II, Masson: Milano.

L. De Biase, E. Maluta, C. Zanco: Questionario di Analisi Matematica I, Giappichelli, Torino.

ANALISI MATEMATICA II**AP0003**

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica)

Prof. Raul SERAPIONI*Programma d'esame***1. Funzioni di più variabili.****1a. Campi vettoriali e forme differenziali lineari.** Definizione di campo vettoriale, campi irrotazionali e campi conservativi. Potenziale. Forme differenziali lineari. Forme chiuse e forme esatte. Integrale di forme differenziali lineari (lavoro).**1b. Calcolo differenziale ed ottimizzazione.** Formula di Taylor; massimi e minimi liberi e vincolanti.**1c. Funzioni implicite.** Teorema di Dini; applicazioni.**1d. Calcolo integrale.** Integrale multiplo secondo Riemann e sue proprietà; cambiamento di variabili di integrazione, formula di riduzione. Applicazioni. Integrale in senso generalizzato (cenni).**1e. Superfici.** Generalità. Piano tangente. Area di una superficie. Integrali di superficie. Teoremi di Gauss-Green, di Stokes e della divergenza. Applicazioni.**2. Funzioni di variabile complessa.** Limite, continuità, derivabilità; condizione di analiticità di Cauchy-Riemann.**3. Serie numeriche.** Serie a termini reali (non negativi, a segni alterni, di segno qualsiasi) e a termini complessi. Carattere, criteri di convergenza, operazioni.**4. Approssimazione di funzioni.****4a. Successioni di funzioni.** Convergenza puntuale, convergenza uniforme; proprietà della funzione limite.**4b. Serie di funzioni.** Convergenza puntuale, convergenza uniforme. Derivazione ed integrazione per serie.**4c. Serie di potenze in \mathbb{C} e serie di Taylor.** Cerchio di convergenza; legame con le funzioni analitiche. Formula di Eulero. Funzioni analitiche reali: serie di Taylor.**4d. Serie di Fourier.** Successioni di funzioni ortogonali; i sistemi esponenziale, trigonometrico, di Legendre. Sviluppo in serie di funzioni ortogonali. Serie di Fourier: teoremi di convergenza.**5. Equazioni differenziali ordinarie.****5a. Teoria generale.** Generalità. Problemi di Cauchy; teorema di esistenza ed unicità in piccolo ed in grande, prolungamento delle soluzioni e dipendenza continua dai dati. Integrazione di alcuni tipi di equazioni differenziali del primo e secondo ordine.**5b. Teoria lineare.** Sistemi lineari e loro integrale generale. Metodo di variazione delle costanti arbitrarie. Equazioni differenziali lineari di ordine n integrale generale: problemi ai limiti (autovalori ed autosoluzioni). Integrazioni di alcuni tipi di sistemi ed equazioni lineari. Applicazioni.**5c. Sistemi autonomi. Stabilità.** Generalità sui sistemi autonomi, spazio delle fasi, orbite, punti di equilibrio, integrali primi. Stabilità e stabilità asintotica secondo Liapunov. Teorema di Liapunov. Stabilità della soluzione di equilibrio per equazioni e sistemi lineari a coefficienti costanti. Stabilità per linearizzazione.**6. Equazioni differenziali alle derivate parziali.** Generalità. Equazioni del calore, di Poisson, dei telegrafi. Metodi di separazione delle variabili e della serie di Fourier.*Modalità d'esame*

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Testi consigliati

L. Amerio: Analisi Matematica con elementi di analisi funzionale, Voli. I e II, ed. UTET, Torino.

C. Citrini: Analisi Matematica 2, Bollati Boringhieri

C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voli. I e II, ed. Masson, Milano.

G. Malgarini: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. CLUP, 1984

S. Salsa, A. Squellati: Forme ed Equazioni Differenziali. Appunti ed Esercizi, Ed. Masson, Milano.

C. Vaghi: Esercizi di Analisi Matematica II, prima parte, ed. CLUP, 1983.

Integrali doppi ed equazioni differenziali, esercizi tratti da temi d'esame (a cura dei Docenti del Dipartimento di Matematica), ed. CLUP, 1982.

ANALISI MATEMATICA II**AP0003**

(per gli allievi in Ingegneria Civile, Ingegneria Edile e Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio)

Prof. Claudio CITRINI, Clelia MARCHIONNA*Programma d'esame*

- 1. Funzioni implicite.** Teorema del Dini. Linee e superfici in forma implicita. Involuppi. Estremi vincolati.
- 2. Linee ed integrali di linea.** Linee in forma parametrica nello spazio. Ascissa curvilinea. Triedro fondamentale, prima e seconda curvatura. Integrale rispetto all'ascissa curvilinea. Forme differenziali lineari; circuitazione. Forme differenziali lineari esatte; potenziale. Rotore. Superficie in forma parametrica; vettore normale. Area di un elemento di superficie. Curvature.
- 3. Calcolo integrale in R^n .** Cenno al problema della misura. Integrali doppi e multipli; formule di riduzione. Teorema della media. Cambiamento di variabili negli integrali multipli. Formule di Green in R^2 ed in R^3 . Teoremi di Stokes e della divergenza. Campi solenoidali; potenziale vettore.
- 4. Strutture astratte.** Spazi metrici e normati. Completezza. Spazi di Banach e di Hilbert.
- 5. Serie di funzioni.** Convergenza puntuale e uniforme. Teoremi di passaggio al limite, derivazione e integrazione termine a termine per le serie. Serie di Taylor in R ed in C . Le funzioni esponenziale e logaritmica nel campo complesso. Cenni ad altri tipi di approssimazione di funzioni.
- 6. Serie di Fourier.** Convergenza in media, puntuale e uniforme. Integrabilità termine a termine. Cenni ad altri sviluppi in serie (polinomi).
- 7. Equazioni differenziali ordinarie.** Definizioni. Problema di Cauchy e teoremi di esistenza e unicità. Equazioni in forma non normale (cenni). Equazioni riducibili alle quadrature. Il caso lineare: principio di sovrapposizione e struttura dell'insieme delle soluzioni. Equazioni e sistemi lineari a coefficienti costanti. Problemi ai limiti lineari: autovalori e autosoluzioni.
- 8. Calcolo delle variazioni.** Equazioni di Eulero-Lagrange. Condizioni sufficienti.
- 9. Equazioni differenziali alle derivate parziali.** Definizioni. Equazioni di Laplace, del calore e delle onde. Problemi ben posti. Separazione delle variabili.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Testi consigliati

- C. Citrini: Analisi Matematica 2, Bollati Boringhieri, Torino.
 L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, Voli. I e II, ed. UTET, Torino.
 C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voi. II, ed. Masson, Milano.
 G. Malgarini: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. CLUP.
 C. Vaghi: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. CLUP.
 F. Buzzetti, E. Grassini, A. Vasconi: Esercizi di Analisi Matematica 2, Masson, Milano.
 S. Salsa, A. Squellati: Forme ed equazioni lineari. Appunti ed esercizi, ed. Masson, Milano.

ANALISI MATEMATICA II**AP0003**

(per gli allievi di Ingegneria Chimica)

Prof. Franco TOMARELLI*Programma d'esame*

- 1. Campi vettoriali e forme differenziali lineari.** Integrali dipendenti da un parametro. Campi irrotazionali, campi conservativi. Potenziale. Forme differenziali lineari. Forme chiuse, forme esatte. Integrale di una forma differenziale. Lavoro. Rotore, divergenza. Omotopia, semplice connessione, criteri di esattezza.
- 2. Serie di funzioni.** Convergenza puntuale e convergenza uniforme. Criteri di convergenza uniforme. Funzioni analitiche. Serie di potenze nel campo reale e complesso. Serie di Taylor. Funzioni elementari nel campo complesso. Formula di Eulero.
- 3. Serie di Fourier.** Spazi metrici, normati e con prodotto scalare. Spazio $C^\circ([a,b])$: norma lagrangiana e norme integrali; convergenza uniforme e convergenza in media. Sistemi ortonormali. Sviluppi in serie di Fourier: convergenza puntuale, uniforme ed in media.

4. **Funzioni implicite.** Teorema del Dini e teorema di inversione locale. Interpretazioni geometriche. Curve, superfici, varietà. Punti critici, massimi e minimi vincolati per funzioni di più variabili: metodo dei moltiplicatori di Lagrange, condizioni di Kuhn-Tucker.
5. **Integrali multipli.** Misura di Peano-Jordan. Misura di Lebesgue. Integrale di Riemann. Integrale di Lebesgue. Teoremi di Lebesgue, Beppo Levi, Fubini-Tonelli. Cambiamento di variabili. Elementi di geometria differenziale delle superfici. Integrali di superficie. Formule di Green e di Stokes.
6. **Equazioni differenziali ordinarie.** Problema di Cauchy per equazioni o sistemi di equazioni differenziali: esistenza ed unicità (locale e globale). Equazioni lineari. Teorema di Jacobi. Metodo della variazione delle costanti arbitrarie. Problemi ai limiti lineari: autovalori ed autosoluzioni. Sistemi dinamici: spazio delle fasi; traiettorie. Sistemi autonomi: punti critici, soluzioni stazionarie e soluzioni periodiche. Stabilità. Attrattori. Linearizzazione.
7. **Equazioni differenziali alle derivate parziali.** Problemi ed equazioni della fisica matematica. Equazioni di Laplace, del calore e delle onde: metodo della separazione delle variabili.
8. **Elementi di calcolo delle probabilità e statistica.** Calcolo combinatorio. Probabilità discreta. Probabilità geometrica. Eventi indipendenti. Processo di Bernoulli. Probabilità condizionata. Legge di Bayes. Variabili aleatorie. Media, mediana, moda. Principio di inclusione-esclusione. Distribuzione binomiale, distribuzione normale e distribuzione di Poisson. Teorema centrale. Legge dei grandi numeri.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Testi consigliati

L. Amerio: Analisi di Matematica, Voi. II, UTET, Torino, 1990.

R.A. Adams: Calcolo Differenziale 2, Funzioni di più variabili, CEA Ed. 1992.

C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voi. II, ed. Masson, Milano, 1991.

K. Baclawski, M. Cerasoli & G.C. Rota: Introduzione alla probabilità, Unione Matematica Italiana, Bologna, 1984.

ANALISI MATEMATICA II

AP0003

(per allievi di Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni)

Proff. Maurizio GRASELLI, M. Lavinia RICCI BOELLA, Luisa ROSSI COSTA, Carla VAGHI,

Programma d'esame

1. **Campi vettoriali e forme differenziali lineari.** Campi irrotazionali e campi conservativi. Potenziale. Forme differenziali lineari e loro integrazione. Lavoro.
2. **Funzioni reali di più variabili reali.** Formula di Taylor, massimi e minimi liberi e vincolati, metodo dei moltiplicatori di Lagrange.
3. **Calcolo integrale per le funzioni di più variabili.** Integrali doppi e multipli: definizione, proprietà, teorema della media, significato geometrico. Formula di riduzione di un integrale doppio a due successive integrazioni semplici. Cambiamento di variabili negli integrali multipli. Superfici in forma parametrica: piano tangente, area di una superficie, integrali di superficie. Formula di Green, teoremi di Stokes e della divergenza.
4. **Funzioni di variabili complesse.** Funzioni analitiche di una o più variabili. Condizioni di Cauchy-Riemann. Definizione di e^z e di altre funzioni analitiche. Formula di Eulero.
5. **Funzioni implicite.** Funzioni implicite di una o più variabili e sistemi di funzioni implicite. Teorema di Dini. Applicazioni geometriche.
6. **Serie numeriche.** Serie a termini reali (positivi, di segno alternato, qualsiasi) e a termini complessi. Criteri di convergenza. Maggiorazione del resto. Operazioni sulle serie e proprietà relative.
7. **Successioni e serie di funzioni.** Convergenza puntuale ed uniforme. Criteri di convergenza. Teoremi del limite, derivazione ed integrazione per successioni e teoremi analoghi per serie. Serie di Taylor e Mac Laurin. Serie di potenze nel campo complesso e nel campo reale, analiticità della somma.

8. **Serie di Fourier.** Serie di Fourier in forma trigonometrica ed esponenziale. Convergenza in media, puntuale, uniforme. Integrabilità termine a termine.
9. **Equazioni differenziali ordinarie.** Equazioni e sistemi di equazioni differenziali di ordine qualsiasi e loro riduzione a sistemi di equazioni del primo ordine. Problema di Cauchy e teorema di esistenza ed unicità in piccolo ed in grande (prolungabilità degli integrali). Metodi approssimanti. Integrazione di alcuni tipi di equazioni del primo ordine o riducibili al primo ordine in forma normale e non normale. Integrazione dei sistemi con il metodo delle eliminazioni successive. Equazioni e sistemi lineari omogenei e non: matrice wronskiana, teorema di Jacobi e di Liouville, integrale generale. Metodo della variazione delle costanti arbitrarie. Problemi ai limiti lineari: autovalori ed autosoluzioni. Integrazione delle equazioni lineari a coefficienti costanti e di Eulero.
10. **Calcolo delle variazioni.** Funzionali: definizioni ed esempi. Linee $y = y(x)$ di massimo e di minimo relativo per un funzionale del tipo $\int_{(x,y,y')} dx$. Equazione di Eulero Lagrange.
11. **Equazioni differenziali alle derivate parziali.** Cenni ed esempi.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Testi consigliati

L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, Voll. I e II, ed. UTET, Torino.
 C. Citrini: Analisi Matematica, Voll. I e II, ed. Bollati Boringhieri, Torino.
 C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Voll. I e II, ed. Masson, Milano.
 R.A. Adams: Calcolo differenziale 2 (funzioni di più variabili), ed. Ambrosiana, Milano 1993.
 G. Malgarini: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. CLUP 1984.
 C. Vaghi: Esercizi di Analisi Matematica II, prima parte, ed. CLUP, 1983.
 S. Salsa, A. Squellati: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. Masson, Milano.
 Integrali doppi ed equazioni differenziali, esercizi tratti da temi d'esame (a cura dei Docenti del Dipartimento di Matematica), ed. CLUP, 1982.
 Temi d'esame di Analisi II (a cura di docenti del Dipartimento di Matematica), Ed. CLUP, 1977.

ANALISI MATEMATICA II**AP0003**

(per gli allievi di Ingegneria Elettrica e Nucleare)

Prof.ssa Florangela DAL FABBRO*Programma d'esame*

1. **Funzioni di più variabili reali.**
- 1a. **Campi vettoriali e forme differenziali lineari.** Definizione di campo vettoriale, campi irrotazionali e campi conservativi. Potenziale. Forme differenziali lineari. Forme chiuse e forme esatte. Applicazioni. Integrali di forme differenziali lineari.
- 1b. **Calcolo differenziale ed ottimizzazione.** Formula di Taylor; massimi e minimi liberi e vincolati.
- 1c. **Funzioni implicite.** Teorema di Dini e applicazioni (caso $f(x,y)=0$).
- 1d. **Calcolo integrale.** Integrale multiplo e sue proprietà; cambiamento di variabili di integrazione, formula di riduzione. Applicazioni.
- 1e. **Superficie.** Generalità. Piano tangente. Area di una superficie. Integrali di superficie. Teoremi di Gauss-Green, di Stokes e della divergenza. Applicazioni.
2. **Funzioni di variabile complessa.** Limite, continuità, derivabilità; funzioni olomorfe.
3. **Serie numeriche.** Serie a termini reali (non negativi, a segni alterni, di segno qualsiasi) e a termini complessi. Carattere, criteri di convergenza, operazioni.
4. **Approssimazione di funzioni.**
- 4a. **Successioni di funzioni.** Convergenza puntuale, convergenza uniforme; proprietà della funzione limite.
- 4b. **Serie di funzioni.** Convergenza puntuale, convergenza uniforme. Derivazione ed integrazione per serie.
- 4c. **Serie di potenze in C e in R: serie di Taylor.** Cerchio di convergenza; funzioni analitiche. Formula di Eulero. Funzioni analitiche reali: sviluppabilità in serie di Taylor.

- 4d. Serie di Fourier.** Successioni di funzioni ortogonali; i sistemi esponenziale, trigonometrico, di Legendre. Sviluppo in serie di funzioni ortogonali. Serie di Fourier: teoremi di convergenza.
- 5. Equazioni differenziali ordinarie.**
- 5a. Teoria generale.** Generalità. Problema di Cauchy; teorema di esistenza ed unicità locale e globale, prolungamento delle soluzioni e dipendenza continua dai dati. Integrazione di alcuni tipi di equazioni differenziali del primo e secondo ordine.
- 5b. Teoria lineare.** Sistemi lineari e loro integrale generale. Metodo di variazione delle costanti arbitrarie. Equazioni differenziali lineari di ordine n : integrale generale, problemi ai limiti (autovalori ed autosoluzioni). Integrazioni di alcuni tipi di sistemi ed equazioni lineari. Applicazioni.
- 5c. Sistemi autonomi. Stabilità.** Generalità sui sistemi autonomi, spazio delle fasi, orbite, punti di equilibrio, integrali primi. Stabilità asintotica secondo Liapunov. Teorema di Liapunov. Stabilità della soluzione di equilibrio per equazioni e sistemi lineari a coefficienti costanti. Stabilità per linearizzazione.
- 6. Equazioni differenziali alle derivate parziali.** Generalità. Equazioni del calore, di Poisson, delle onde. Metodo di separazione delle variabili e della serie di Fourier.

Il punto 5c. verrà svolto per i soli allievi nucleari; il punto 6. per i soli allievi elettrici.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Testi consigliati

- R.A Adams: Calcolo differenziale 2, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 1992.
 L. Amerio: Analisi Matematica con elementi di analisi funzionale, Voll. I e II, ed. UTET, Torino.
 C. Citrini: Analisi Matematica, Voll. I e II, Bollati Boringhieri, Torino.
 C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Vol. I e II, ed. Masson, Milano.
 F. Verhulst: Non Linear Differential Equations and Dynamical Systems, Springer, Berlin.
 G. Malgarini: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. CLUP 1984.
 S. Salsa, A. Squellati: Forme ed equazioni differenziali. Appunti ed esercizi, ed. Masson, Milano.
 S. Salsa, A. Squellati: Esercizi di Analisi Matematica II, Parte Prima e Seconda, ed. Masson, Milano.
 C. Vaghi: Esercizi di Analisi Matematica II, prima parte, ed. CLUP, 1983.
 Integrali doppi ed equazioni differenziali, esercizi tratti da temi d'esame, (a cura dei Docenti del Dipartimento di Matematica), ed. CLUP, 1982.

ANALISI MATEMATICA II

AP0003

(per gli allievi di Ingegneria Gestionale e dei Materiali)

Proff. Tullia NORANDO, Francesca ROLANDI.

Programma d'esame

- 1. Funzioni di una variabile.**
Curve. Definizioni. Proprietà. Lunghezza e ascissa curvilinea. Terna intrinseca. Integrale di linea.
- 2. Funzioni di più variabili.**
- 2a. Campi vettoriali e forme differenziali lineari.** Definizione di campo vettoriale. Gradiente, rotore, divergenza. Campi irrotazionali e campi conservativi. Potenziale. Forme differenziali lineari. Forme chiuse e forme esatte. Integrale di forme differenziali lineari (lavoro).
- 2b. Ottimizzazione vincolata.** Moltiplicatori di Lagrange.
- 2c. Funzioni implicite.** Teorema di Dini; applicazioni.
- 2d. Calcolo integrale.** Integrale multiplo secondo Riemann e sue proprietà; cambiamento di variabili di integrazione, formula di riduzione. Area di una superficie. Teoremi di Gauss-Green, di Stokes e della divergenza. Applicazioni. Integrale in senso generalizzato.
- 3. Funzioni complesse.** Limite, continuità, derivabilità, condizione di analiticità di Cauchy-Riemann.
- 4. Serie numeriche.** Serie a termini reali (non negativi, a segni alterni, di segno qualsiasi) e a termini complessi. Carattere, criteri di convergenza, operazioni.
- 5. Approssimazione di funzioni.**

- 5a. Successioni di funzioni.** Convergenza puntuale, convergenza uniforme; proprietà della funzione limite.
- 5b. Serie di funzioni.** Convergenza puntuale, convergenza uniforme. Derivazione ed integrazione per serie.
- 5c. Serie di potenze e serie di Taylor.** Cerchio di convergenza; legame con le funzioni analitiche. Formula di Eulero. Funzioni analitiche reali: serie di Taylor.
- 5d. Serie di Fourier.** Successioni di funzioni ortogonali; i sistemi esponenziale, trigonometrico, di Legendre. Sviluppo in serie di funzioni ortogonali. Serie di Fourier: teoremi di convergenza.
- 6. Equazioni differenziali ordinarie.**
- 6a. Teoria generale.** Generalità. Problemi di Cauchy; teoremi di esistenza ed unicità in piccolo ed in grande, prolungamento delle soluzioni e dipendenza continua dai dati. Integrazione di alcuni tipi di equazioni differenziali del primo e secondo ordine.
- 6b. Teoria lineare.** Sistemi lineari e loro integrale generale. Metodo di variazione delle costanti arbitrarie. Equazioni differenziali lineari di ordine n : integrale generale, problemi ai limiti (autovalori ed autosoluzioni). Integrazioni di alcuni tipi di sistemi ed equazioni lineari. Applicazioni.
- 7. Equazioni differenziali alle derivate parziali.** Generalità. Equazioni del calore, di Poisson, dei telegrafi. Metodi di separazione delle variabili e della serie di Fourier.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Testi consigliati

L. Amerio: Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale, Voll. I e II, ed. UTET, Torino.
 C. Citrini: Analisi Matematica, Voll. I e II, Bollati Boringhieri, Torino.
 C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica, Vol. I e II, ed. Masson, Milano.
 G. Malgarini: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. CLUP 1984.
 S. Salsa, A. Squellati: Esercizi di Analisi Matematica II, ed. Masson, Milano.
 C. Vaghi: Esercizi di Analisi Matematica II, prima parte, ed. CLUP, 1983.
 Integrali doppi ed equazioni differenziali, esercizi tratti da temi d'esame (a cura dei Docenti del Dipartimento di Matematica), ed. CLUP, 1982.

ANALISI MATEMATICA II (1/2 annualità)**AP0108**

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Prof.ssa Tiziana COLLINI*Programma d'esame*

Serie di funzioni. Convergenza puntuale ed uniforme, integrazione e derivazione per serie, serie di potenze, serie di Taylor. Funzioni esponenziale, circolari e iperboliche nel campo complesso e formula d'Eulero.

Equazioni differenziali ordinarie. Definizione e formazione di equazioni differenziali. Problema di Cauchy e ai limiti. Riduzione di un sistema in forma normale. Teorema di esistenza e di unicità in piccolo e in grande della soluzione del problema di Cauchy, sua approssimazione: Metodo di Peano-Picard e integrazione per serie. Integrazione di qualche tipo di equazione. Integrazione delle equazioni lineari a coefficienti costanti e di Eulero. Problemi ai limiti, autovalori e autosoluzioni. Cenni sulle equazioni differenziali a derivate parziali.

Serie di Fourier. Serie di Fourier associata ad una funzione periodica, in forma trigonometrica ed esponenziale. Convergenza della serie di Fourier.

Integrale doppio. Insiemi quadrabili, definizione di integrale doppio: proprietà, interpretazione geometrica, formula di calcolo. Area di una superficie-integrali di superficie. Integrali tripli.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova scritta e di una orale.

Libri consigliati

L. Amerio: Analisi Matematica II, UTET, Torino.

C. Citrini: Analisi Matematica II, Bollati Boringhieri, Torino.
 C.D. Pagani, S. Salsa: Analisi Matematica II, Masson.
 C. Vaghi: Analisi Matematica II - Esercizi, CLUP, Milano.

ANALISI MATEMATICA III**AP0019****Prof. Marco BIROLI, Carlo Domenico PAGANI, Carla VAGHI***Programma d'esame*

- 1 - **Funzioni analitiche:** Derivazione complessa e analiticità, condizioni di monogeneità. Integrazione di una funzione analitica in un campo di connessione qualsiasi: teorema di Cauchy. Formula integrale di Cauchy. Infinita derivabilità di una funzione analitica. Serie di Taylor. Serie di Laurent. Classificazione delle singolarità isolate, al finito e all'infinito. Residui: calcolo di integrali definiti. Principi di identità. Serie di funzioni analitiche. Rappresentazione conforme. Indicatore logaritmico, teorema di Rouché. Funzioni poldrome (cenni). Funzioni euleriane.
- 2 - **Elementi di analisi funzionale:** Misura di Lebesgue; funzioni misurabili. Continuità e misurabilità. Convergenza quasi ovunque e convergenza uniforme. Integrale di Lebesgue; completa additività; passaggio al limite sotto il segno di integrale. Spazi vettoriali. Spazi metrici. Topologia indotta dalla metrica. Spazi di Banach. Gli spazi C^n e la norma lagrangiana. Gli spazi L^p e la norma integrale; teorema di Fischer-Riesz. Spazi di Hilbert; disuguaglianza di Schwarz. Lo spazio L^2 . Sottospazi, teorema di decomposizione. Sviluppi in serie di funzioni ortogonali; uguaglianza di Parseval e disuguaglianza di Bessel. Polinomi di Legendre, di Laguerre e di Hermite. Cenno sulle distribuzioni.
- 3 - **Trasformate integrali:** Trasformata di Fourier in L^1 ; relazioni funzionali tra funzione generatrice e trasformata. Teorema di convoluzione. Formula di inversione. Trasformata di Fourier in L^2 ; teorema di Plancherel. Trasformata di Laplace; semipiano di convergenza e analiticità; relazioni funzionali; convoluzione; inversione della trasformata. Applicazioni: sistemi differenziali lineari a coefficienti costanti, equazioni integrali o integro-differenziali di tipo convolutivo.
- 4 - **Equazioni differenziali a derivate parziali:** Esempi di equazioni e problemi della Fisica Matematica. La nozione di problema ben posto. Il problema di Cauchy: risoluzione col metodo delle caratteristiche per le equazioni quasi-lineari del primo ordine. Classificazione dei sistemi del primo ordine e delle equazioni del secondo ordine in due variabili indipendenti: caratteristiche, domini di dipendenza. Equazioni di Laplace e di Poisson: problemi di Dirichlet e di Neumann. Funzioni armoniche, teorema della media, principio del massimo. Equazione del calore. Equazioni di propagazione ondosa (della corda vibrante, dei telegrafi,...). Interpretazione hilbertiana delle relazioni energetiche. Metodi risolutivi: per separazione di variabili, mediante trasformate integrali, con sviluppi in serie di funzioni ortogonali, alle differenze finite.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da un esercizio scritto.

Libri consigliati

Amerio I.: Analisi Matematica, vol. III, parte prima e seconda, Utet, Torino.
 Gilbarg D., Trudinger N.S.: Elliptic differential equations of second order, Springer Verlag, 1983.
 Smoller J.: Shock waves and reaction diffusion systems, Springer Verlag, 1983.
 Weinberger H.: A first course in partial differential equations, J. Wiley & Sons, 1965
 Bramanti M.: Esercitazioni di Analisi 3.

Un programma dettagliato è in distribuzione presso il Dipartimento di Matematica.

ANALISI MATEMATICA III (1/2 annualità, 1)**AP0109****Prof. Franco TOMARELLI***Programma d'esame*

1. - **Funzioni analitiche:** Derivazione complessa. Condizioni di Cauchy-Riemann. Indice di una

- curva. Teorema di Cauchy. Formula di Cauchy. Analiticità delle funzioni olomorfe. Funzioni armoniche. Sviluppi in serie di Taylor e di Laurent. Classificazione delle singolarità isolate. Teorema dei residui. Calcolo effettivo di residui. Principio del prolungamento analitico. Funzione G di Eulero. Funzioni di Bessel. Funzioni polidrome. Indicatore logaritmico. Teorema di Rouchè. Lemma di Jordan. Calcolo di integrali mediante tecniche di variabile complessa.
2. - **Integrale di Lebesgue:** Insiemi di misura nulla. Criteri di integrabilità. Teorema della convergenza dominata. Spazi di Banach e di Hilbert. Disuguaglianza di Schwarz. Spazi $C^k([a,b])$, $C^k(R)$, $L^1(R)$, $L^2(R)$. Convergenza in norma. Convoluzione.
 3. - **Teoria elementare delle distribuzioni:** Delta di Dirac. Dipoli. Funzioni test. Distribuzioni in R . Misure. Derivate di una distribuzione. Serie di distribuzioni. Distribuzioni temperate. Moltiplicazione di una funzione per una distribuzione. Problemi di divisione. Soluzioni fondamentali di equazioni della fisica matematica.
 4. - **Trasformata di Fourier:** Trasformata in $L^1(R)$. Lemma di Riemann-Lebesgue. Regole algebriche e funzionali di trasformazione. Studio qualitativo a priori. Forma spettrale: spettro di fase e spettro di ampiezza. Formula di inversione. Trasformata in $L^2(R)$. Teorema di Plancherel. Trasformata di distribuzioni temperate. Teorema di Paley-Wiener. Relazioni di dispersione per segnali causali. Soluzione di equazioni differenziali ordinarie ed integrodifferenziali. Equazione delle onde.
 5. - **Trasformata di Laplace:** Semipiano di convergenza. Analiticità della trasformata. Formula di inversione di Riemann-Fourier. Regole algebriche e funzionali di trasformazione. Teorema del valore iniziale. Teorema del valore finale. Distribuzioni Laplace trasformabili. Soluzione di problemi differenziali con condizioni iniziali. Equazioni integro-differenziali. Equazioni con ritardo.
 6. - **Teoria del segnale deterministico:** Segnali analogici. Segnali discreti. Segnali causali (relazioni di Hilbert). Serie di Fourier di segnali periodici. Spettri continui e discreti. Interferenza, battimenti e sovrapposizione caotica. Treni di impulsi e loro trasformate. Correlazione tempo-frequenza, teorema di scambio e principio di indeterminazione. Teorema fondamentale dei filtri. Funzioni di trasferimento. Teorema del campionamento. Modulazione di ampiezza. Z-trasformata.

Modalità d'esame

L'esame consta di due parti. Nella prova scritta sono proposti problemi risolvibili mediante le tecniche trattate nel corso. Per la parte orale dell'esame è richiesta la conoscenza dettagliata (con le dimostrazioni) di due a scelta tra gli argomenti sopra elencati, oltre alle definizioni ed agli enunciati dei teoremi della restante parte del programma.

Libri consigliati

- Amerio L. : Analisi Matematica, vol. 3, I - II, UTET, Torino, 1982
 Buzzetti F. & Zaretti A. : Esercizi sulle funzioni analitiche, Masson Italia, Milano.
 Gilardi G. : Metodi Matematici per l'Ingegneria, McGraw – Hill, 1994
 Tomarelli F. : Esercizi di Metodi per l'Ingegneria, CittàStudi, Milano, 1993.

ANALISI MATEMATICA III (1/2 annualità, 2) Prof.ssa Anna ZARETTI

AP0112

Scopo.

Il corso si propone di fornire una presentazione delle equazioni differenziali alle derivate parziali con riferimento sia alle loro soluzioni classiche che a quelle generalizzate. In particolare si considerano problemi associati ad equazioni di tipo ellittico (con riferimento a problemi di potenziale e di elasticità lineare), parabolico (equazioni di diffusione e trasporto), e iperbolico (con riferimento a leggi di conservazione). Sono sviluppate inoltre alcune applicazioni rilevanti a problemi dell'ingegneria. Questo corso mette a fuoco gli aspetti matematico-analitici dei problemi alle derivate parziali, mentre i corrispondenti aspetti numerici sono sviluppati nel corso (semiannuale) di Metodi numerici per l'Ingegneria. I due corsi saranno strettamente coordinati ed è quindi auspicabile che gli studenti che seguono il corso di Analisi Matematica III (sez.2A) seguano anche il corso di Metodi numerici per l'Ingegneria.

Contenuti.

1. Teoria dell'integrazione secondo Lebesgue.
2. Elementi di analisi funzionale: spazi di Banach e di Hilbert; convergenza debole e forte; operatori e funzionali lineari in spazi di Banach e di Hilbert; spazio duale teoremi di rappresentazione e forme bilineari. Spazi di Sobolev: teoremi di immersione e teoremi di traccia.
3. Teoria delle distribuzioni: spazi D e D' . Definizione delle operazioni fondamentali: derivazione di distribuzioni.
4. Le equazioni alle derivate parziali in ambito classico; generalità e classificazione; problemi ai valori iniziali e al contorno. Unicità della soluzione; metodo di separazione delle variabili.
5. Problemi al contorno per equazioni di tipo ellittico e loro formulazione variazionale; autovalori ed autosoluzioni. Teoremi di esistenza e unicità. Cenni alla regolarità delle soluzioni.
6. Problemi di evoluzione per equazioni di tipo parabolico (equazioni di diffusione e diffusione-trasporto): soluzioni generalizzate; teoremi di esistenza e unicità e regolarità delle soluzioni.
7. Problemi di evoluzione di tipo iperbolico (leggi di conservazione, equazione delle onde); soluzioni generalizzate; teoremi di esistenza ed unicità delle soluzioni.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale. Per quegli studenti che avessero seguito anche il corso semiannuale di Metodi Numerici per l'Ingegneria oppure quello di Analisi Matematica III,1 (AP0109) è prevista una sola prova d'esame coordinata fra i relativi docenti.

Testi consigliati

- L. Amerio: Analisi Matematica con elementi di analisi funzionale, vol. III, parti I, II, UTET, 1986
 Claes Johnson: Numerical Solutions of P.D.E. by the finite element method, Cambridge University Press, 1987
 C.D. Pagani, S. Salsa : Analisi Matematica, Vol. II Masson, Milano, 1992
 G. Prouse: Equazioni differenziali alle derivate parziali, Tamburini, 1972.
 A. Quarteroni, A. Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Series in Computational Mathematics, Springer Verlag, Berlin, 1994.
 P.A. Raviart, J.M. Thomas: Analyse numerique des equations aux dérivées partielles, Masson, Paris, 1984.
 M.M. Smirnov: Second Order Partial differential Equations, Nordhoff, Groeningen, The Netherlands, 1967.

ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI**AR0016****Prof. Michele SANGIRARDI***Programma d'esame***I Fondamenti per l'analisi sperimentale delle tensioni e i controlli non distruttivi.**

- 1) Richiami di teoria della elasticità. Stato piano di tensione e di deformazione. Traiettorie delle tensioni principali e linee isocline.
- 2) Teoria dei modelli: fattori di scala e caratteristiche dei materiali.
- 3) Richiami di acustica e di elettromagnetismo applicato (ottica, campo non visibile).

II Metodi per l'analisi sperimentale delle tensioni e delle deformazioni.**A. Metodi a visione di insieme.**

- 1) Fotoelasticità, principi fondamentali, strumenti di misura; esempi di applicazione a casi piani; metodi fotoelastici su modelli tridimensionali per lo studio delle tensioni, in particolare negli organi delle macchine. Applicazioni fotoelastiche per misure in Meccanica della Frattura.
- 2) Fotoelasticità per riflessione su modelli metallici o strutture reali.
- 3) Vernici fragili per lo studio delle isostatiche in superficie.
- 4) Termoelasticità

B. Metodi di misura locale.

- 1) Estensimetri elettrici; tipologie, criteri di scelta e tecniche d'uso. Rosette estensimetriche per la determinazione delle tensioni; metodo estensimetrico per la valutazione delle tensioni residue. Uso di centraline estensimetriche per misure in prove statiche e dinamiche; trasmissione del segnale da organi in movimento. Uso di estensimetri per misure in Meccanica della Frattura.

III Controlli non distruttivi.

- 1) Confronto tra le prestazioni delle tecniche di controllo non distruttivo per lo studio di difetti affioranti, sottopelle, interni.
- 2) Raggi X in radiografia e radioscopia. Misura delle tensioni residue mediante diffrazione di raggi X.
- 3) Ultrasuoni. Sonde ad emissione normale ed inclinata. Indagine per riflessione e per trasparenza.
- 4) Liquidi penetranti.
- 5) Metodi magnetici; tecniche a campo impresso o con immissione di corrente.
- 6) Metodo a correnti parassite.
- 7) Emissione Acustica
- 8) Cenni ad altri metodi.

Esercitazioni

Le esercitazioni di carattere sperimentale, verranno svolte a squadre. Nel corso delle esercitazioni gli allievi avranno modo di vedere applicati i concetti della analisi sperimentale delle tensioni e del controllo non distruttivo a situazioni di interesse meccanico, prendendo dimestichezza con gli strumenti propri dei vari metodi. Gli allievi potranno altresì eseguire il rilievo e la elaborazione di dati sperimentali nel corso di prove pratiche connesse con gli argomenti svolti a lezione.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti in programma.

Libri consigliati

A. Mondina: La fotoelasticità, appunti editi dalla CUSL.
 J.W. Dally, W.F. Riley: Experimental stress analysis, Mc Graw-Hill, int. editors.
 R. Mac Master: Non destructive testing handbook, The Ronald Press Company, New York.
 A. Gilardoni: Defectologia (CND) - Ed. Gilardoni - Mandello Lario (CO).
 Le Prove non distruttive - Ed. AIM - P.le Morandi 2 - Milano

ANTENNE**AG0232****Prof. Aldo PARABONI***Programma d'esame*

- 1 - **Generalità:** Concetti generali sulla radiazione e captazione. La teoria della radiazione. Antenne di particolare importanza concettuale. Proprietà generali delle antenne. Teoremi e algoritmi particolari nello studio della radiazione. Ottica geometrica.
- 2 - **Antenne:** Antenne a bocca radiante. Antenne filiformi. Cortine di dipoli. Antenne multifaccia e a circuito stampato.
- 3 - **Varie:** Il rumore nelle antenne. Misure sulle antenne.
- 4 - **Propagazione:** Concetti generali sulla propagazione di onde in presenza di mezzi fisici reali. L'onda di terra. L'onda ionosferica. Propagazione entro l'atmosfera non ionizzata.

Esercitazioni

Vengono svolte esercitazioni numeriche e sperimentali. Viene data la possibilità di svolgere tesi o tesine sia singole che in piccoli gruppi.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova orale. Potrà costituire elemento di giudizio anche l'esito di due prove scritte effettuate durante lo svolgimento del corso.

Libri consigliati

Sono disponibili dispense per l'intero corso e per le esercitazioni. Chi tuttavia avesse desiderio di approfondire qualche argomento può consultare i seguenti testi:
 Collin-Zucker: Antenna theory, McGraw-Hill.
 Jasik: Antenna engineering handbook, McGraw-Hill.
 Kraus: Antennas, McGraw-Hill.

Weeks: Antenna engineering, McGraw-Hill.

Stratton: Teoria dell'elettromagnetismo, Einaudi.

Al'pert: Radio wave propagation and the ionosphere, Consultants Bureau, New York.

Picquenard: Radiowave propagation, MacMillan Bath, 1974.

Franceschetti: Campi elettromagnetici, Boringhieri, 1983.

APPLICAZIONI DI CHIMICA E CHIMICA ANALITICA **Prof.ssa Ombretta PORTA**

AD0101

Programma d'esame

Generalità.

Considerazioni generali sulla scelta di una metodologia analitica e dei metodi chimico fisici di analisi. Criteri generali per valutare gli errori connessi ad un metodo analitico. Tipi di errori. Accuratezza e precisione delle misure. Riproducibilità. Eliminazione di un dato discordante. Confronto tra due valori medi. Limiti nell'esattezza delle analisi. Elaborazione ed interpretazione dei risultati sperimentali.

Principali processi chimici di analisi e di separazione. Finalità analitiche e preparative.

Equilibri in soluzione. Acidimetria e alcalimetria. Controllo della solubilità. Analisi per precipitazione e formazione di complessi. Analisi ossidimetrica. Metodi di separazione basati su cambiamenti di stato, Cristallizzazione. Sublimazione. Distillazione. Processi di frazionamento. Estrazione con solventi. Metodi cromatografici. Cromatografia liquido-solido. Cromatografia liquido-liquido. Cromatografia a scambio ionico. Gas-cromatografia. Applicazioni e usi della cromatografia come tecnica analitica qualitativa e quantitativa.

Metodi chimico-fisici di analisi atti a seguire il decorso delle reazioni e la caratterizzazione dei prodotti.

Metodi elettrochimici applicati all'analisi chimica delle specie in soluzione. Potenziometria e Polarografia. Metodi spettroscopici. Spettroscopia IR, UV, NMR. Spettrometria di massa. Considerazioni sulla scelta di un metodo chimico-fisico di analisi in relazione alle informazioni necessarie.

Metodi cinetici di analisi e metodologia di indagine.

Equazioni cinetiche. Misura delle velocità di reazione. Determinazione dei parametri cinetici. Processi a catena. Reazioni veloci.

Esercitazioni

Tutti gli argomenti svolti su base teorica sono accompagnati da calcoli numerici e da esercitazioni pratiche di laboratorio che hanno la funzione di rendere familiare all'allievo le operazioni di laboratorio in vista del loro trasferimento su scala industriale.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sulla materia del corso e delle esercitazioni. La valutazione sarà basata anche sull'impegno mostrato durante le esercitazioni, ulteriormente accertato mediante relazioni, colloqui ed altre prove svolte durante l'anno accademico.

Nota agli studenti

Durante il corso verranno fornite indicazioni sulle fonti più opportune per lo studio ed approfondimento degli argomenti trattati.

Testi consigliati

S. Brewer: Solving Problems in Analytical Chemistry, J. Wiley ed., 1980.

H.H. Bauer, G.D. Christian, J.E. O'Reilly: Analisi Strumentale, Piccin ed., 1985.

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA **Prof. Ettore ZAMBELLI**

AJ0010

Il corso prevede preliminarmente, e parallelamente all'esperienza della progettazione, due sequenze di argomentazioni teorico - critiche, tendendo ad inserire l'azione progettuale in un contesto culturale

e storico adeguatamente interpretato, sia per quanto riguarda i significati dell'azione stessa, sia per quanto riguarda gli strumenti conoscitivi e decisionali che essa richiede.

Riferimenti teorici e storici.

- Definizione, contenuti e operazioni del processo di progettazione.
- Atteggiamenti culturali e posizioni teoriche sul significato e le funzioni della progettazione: cenni storici con riferimento al Movimento Moderno ed alle attuali tendenze.
- Metodi di progettazione ed aspetti organizzativi (cenni sulla pratica): simulazione e discussione del processo di progettazione.

Studio di casi

Verranno analizzate alcune opere significative sotto i diversi aspetti formale, funzionale, tecnologico, al fine di riscontrarvi criticamente gli aspetti teorici e le determinazioni storiche che li caratterizzano.

Esercitazioni

L'esercitazione consisterà nello sviluppo di un tema (scelto tra alcuni di cui sarà fornita dettagliata documentazione), da approfondire nei suoi aspetti distributivi, spaziali e tecnologici.

Le esercitazioni saranno precedute da seminari preparatori relativi a diversi oggetti architettonici da sviluppare.

Bibliografia

Una serie di tesi verrà consigliata nel corso delle lezioni.

Il corso, nella sua parte teorica, fa riferimento ai seguenti testi:

L. Quaroni: Progettare un edificio, Mazzotta, 1982

M. Tafuri: Architettura contemporanea, Electa

ARCHITETTURA TECNICA I

(per allievi di Ingegneria Edile)

Prof. Sergio CROCE

AJ0011

Programma d'esame

L'insegnamento si prefigge lo scopo di avviare gli studenti alla progettazione edilizia, attraverso una conoscenza critica dei fattori che maggiormente incidono sulla qualità abitativa, fisica, produttiva del sistema tecnologico edilizio in rapporto ai contesti umani, ambientali, tecnologici, prestazionali, produttivi, manutentivi, gestionali.

A) Il sistema tecnologico edilizio come strumento per il controllo delle condizioni ambientali.

1. L'ambiente esterno: i dati per l'analisi del sistema tecnologico in rapporto ai requisiti di abitabilità ed alle prestazioni ambientali: fattori atmosferici, termici, luminosi, acustici.
2. L'ambiente umano come sistema delle esigenze.
3. Il sistema tecnologico come sistema delle prestazioni.

B) La progettazione del sistema tecnologico.

1. Definizione organizzata degli obiettivi progettuali: i modelli di comportamento.
2. Le opzioni funzionali: i modelli funzionali.
3. Le operazioni tecniche: i modelli oggettuali.
4. Criteri di analisi delle interattività funzionali e prestazionali.
5. Le soluzioni tecniche ed i modelli di funzionamento ad esse sottesi.

C) La progettazione della qualità nel tempo.

1. L'ambiente esterno: i dati al contorno per l'analisi del sistema tecnologico in rapporto a fattori di durabilità.
2. Fenomeni singolari ed interattivi connessi potenzialmente al decadimento delle prestazioni: agenti (esterni ed interni), azioni, effetti.
3. Criteri di analisi dell'affidabilità di soluzioni tecnologiche.

D) Fondamenti di patologia edilizia.

1. Degrado naturale e degrado patologico.

2. Metodologie di rilevazione e di diagnosi.
3. Tecniche di intervento.

Esercitazioni

Le teorizzazioni assunte come base delle lezioni sono applicate alle esercitazioni con specifiche elaborazioni progettuali da parte della squadra di esercitazione cui ogni studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio dell'anno in corso. Tutti gli elaborati di progetto richiesti devono essere definiti, in aula, da ogni singolo studente sotto la guida del docente esercitatore preposto alla squadra cui lo stesso studente s'è iscritto. Il completo e positivo svolgimento degli elaborati di progetto sono condizione indispensabile per l'ammissione all'esame.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale.

Libri consigliati

Nello svolgimento del corso si farà riferimento ad un vasto materiale documentario, costituito in parte da libri e riviste, in parte da documenti di tipo normativo o provenienti da informazione tecnica industriale disponibili presso la segreteria studenti del Dipartimento. Oltre a ciò si indicano alcuni testi di carattere metodologico e tecnico particolarmente raccomandati.

U. Szokolay: Environmental science handbook, ed. The Construction Press, 1980.

J.M. Ficht: La progettazione ambientale, Franco Muzzio e C. editore, 1980.

E. Allen: Come funzionano gli edifici, ed. Dedalo, 1982.

B.J. Smith: Acoustics and noise control, ed. Longman, 1985.

S. Croce, R. Pizzi: Sistemi di pavimentazione modelli di funzionamento, ed. CLUP, 1984.

P. Marsh: La tenuta all'aria e all'acqua, ed. BE-MA, 1979.

ICIE: Patologie in edilizia, BE-MA, 1981.

Come riferimento generale per Architettura Tecnica si consiglia la consultazione dell'opera in più volumi Edilizia di Enrico Mandolesi, ed. UTET, Torino, 1978-83.

ARCHITETTURA TECNICA I

AJ0012

(per allievi di Ingegneria Civile indirizzi non ergotecnici e Difesa del Suolo)

Prof. Giovanni SIMONIS

Programma d'esame

1 - Morfologia tipica, generalità costruttive, condizioni qualitative funzionali e di normativa di tecnica edilizia riguardanti:

1.1 Gli scavi e le fondazioni, le pareti e le ossature portanti, le scale, gli impalcati, le coperture.

1.2 Le parti complementari e di finitura: le pareti non portanti di ambito esterno e quelle di divisione interne; i serramenti esterni ed interni; i pavimenti, i rivestimenti, i manti di protezione.

1.3 I servizi tecnologici: ascensori, riscaldamento e climatizzazione, idraulici-sanitari, elettrici.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni si trattano applicativamente, con disegni tecnici d'assieme e di dettaglio, gli argomenti del programma di esame.

Modalità d'esame

Il completo e positivo svolgimento degli elaborati di esercitazione sono condizione indispensabile per l'ammissione all'esame.

Libri consigliati

C. Bairati: Elementi Costruttivi: il rustico della costruzione, Ed. Minerva, Torino.

Il manuale dell'ingegnere, ed. Hoepli, Milano.

E. Neufert: Enciclopedia pratica per progettare e costruire, ed. Hoepli, Milano.

ARCHITETTURA TECNICA II
(per allievi di Ingegneria Edile or. YEA-YGA)
Prof. Mario BASSAN

AJ0014

Programma d'esame

Il sistema edilizio complesso inteso quale contenitore di funzioni. Metodologie di analisi e di sintesi dei problemi concernenti la definizione dell'organismo edilizio. L'applicazione delle metodologie progettuali per l'individuazione di capacità atte a soddisfare la domanda di prestazione funzionale. La strumentazione progettuale per il processo produttivo edilizio convenzionale ed industrializzato. L'organismo edilizio considerato quale punto di equilibrio fra domanda di prestazione funzionale, esigenze tecnologico-organizzative e sistema normativo.

La differenziazione della domanda di prestazione funzionale in relazione alle tipologie edilizie: (edilizia residenziale, ricettiva, assistenziale, terziaria, produttiva, ecc.)

La considerazione dei ruoli del progetto alle varie scale per una visione unitaria ed integrata dello stesso in relazione al rapporto tecnologia/tipologia.

Esercitazioni

Gli argomenti del programma d'esame verranno trattati applicativamente nelle esercitazioni, con elaborazioni grafiche di dettaglio e di insieme.

Modalità d'esame

Il completo e positivo svolgimento degli elaborati di esercitazione è condizione per l'ammissione all'esame che sarà orale e verterà sugli argomenti trattati nelle lezioni e sulla discussione degli elaborati.

Libri consigliati

Durante il corso delle lezioni e delle esercitazioni verranno indicati i riferimenti bibliografici per l'approfondimento di specifiche problematiche.

ARCHITETTURA TECNICA II
(per allievi di Ingegneria Edile, or. YBA, YCA, YDA, YFA)
Prof. Giuseppe TURCHINI

AJ0106

Programma d'esame

0 - L'insegnamento si prefigge di sviluppare una conoscenza approfondita e critica della produzione edilizia e una capacità progettuale specifica in relazione alla garanzia della qualità nella progettazione tecnologica di sistemi edilizi di procedimenti costruttivi, di componenti e di prodotti industriali.

1 - La produzione e il mercato dei prodotti industriali.

- Analisi del livello di industrializzazione dei procedimenti costruttivi in funzione della domanda e delle richieste del mercato;
- Il mercato dei prodotti industriali in edilizia; analisi storica dei modelli di industrializzazione a partire dal secondo dopoguerra;
- Aspetti qualitativi e quantitativi della domanda; Le tendenze attuali del mercato in vista del mercato unico europeo. Normativa e strumenti di controllo delle qualità nel progetto, nel processo realizzativo e nei prodotti.

2 - Progettazione tecnologica.

- Le problematiche caratteristiche: strategie e tecniche di progettazione per la qualità;
- Qualità e qualificazione del progetto: aspetti funzionali spaziali, aspetti fisico ambientali, aspetti tecnologici;
- Strumenti di progettazione: analisi dei requisiti e delle prestazioni caratterizzanti Unità spaziali e Unità tecnologiche; tecniche decisionali per la formulazione di ipotesi di soluzione; tecniche di verifica, sviluppo e comunicazione;
- Progettazione di subsistemi e di componenti sulla base di quanto sopra e di studi approfonditi su tecnologie produttive edilizie note e innovative.

3 - Integrazione di sottosistemi e di componenti.

- Le condizioni di scelta dei prodotti industriali poste dall'obiettivo di garanzia della qualità e dall'approccio per prestazioni;
- Integrazione nel progetto generale dell'organismo edilizio dei sottosistemi e dei componenti per il completamento dell'iter progettuale. Integrazione fisica, dimensionale, funzionale e operativa.

Esercitazioni

Le esercitazioni, per le quali si prevede l'organizzazione degli studenti in squadre di progettazione, saranno dedicate allo sviluppo del progetto di un sistema edilizio di notevole complessità funzionale e tecnologica attraverso la definizione progettuale di un edificio tipo e delle tecnologie realizzative descritte fino al livello di dettaglio costruttivo. La progettazione sarà accompagnata dalla elaborazione di verifiche sui livelli qualitativi ottenibili e da relazioni giustificative delle scelte tecnologiche effettuate. Il progetto elaborato potrà, nel suo insieme, diventare la base del progetto di laurea.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale. Lo svolgimento delle fasi progettuali previste nelle esercitazioni, con la produzione di elaborati di progetti completi, è condizione per l'ammissione all'esame.

Libri consigliati

Nello svolgimento del corso sarà segnalato un ampio materiale documentario, costituito da pubblicazioni specifiche, da documenti tecnici normativi e da documenti di informazione tecnica industriale.

Oltre a ciò si indicano alcuni testi di carattere metodologico e tecnico particolarmente raccomandati.

M. Zaffagnini (a cura) - Progettare nel Processo Edilizio, ed. L. Parma, Bologna, 1981.

E. Zambelli (a cura) - Sistema Edilizio Residenziale, ed. F. Angeli, Milano, 1981.

AA.VV. - Normativa Tecnica e Industrializzazione dell'Edilizia, ed. L. Parma, Bologna, 1979.

M. Costantini, A. Norsa - Prospettive di politica tecnica in Edilizia, ed. F. Angeli, Milano, 1985.

Come riferimento generale per Architettura tecnica si consiglia la consultazione dell'opera in più volumi Edilizia di Enrico Mandolesi, ed. UTET, Torino, 1978-83.

P.N. Maggi, A. Gottfried, L. Mozza - Qualità tecnologica dei prodotti complessi per l'edilizia - QUADERNO DISET n. 1 - ed. Progetto Leonardo - Bologna 1992.

B. Doniotti, P.N. Maggi - Valutazione della qualità tecnologica caratteristica dei prodotti complessi per l'edilizia - QUADERNO DISET n. 2 - ed. Progetto Leonardo - Bologna 1992

AZIONAMENTI ELETTRICI**AH0102****Prof. Renato MANIGRASSO***Programma d'esame***1. Gli azionamenti elettrici come componenti per l'automazione industriale e dei sistemi di trasporto.****1.1** I componenti degli azionamenti.

1.1.1 Gli attuatori: il campo di operatività e la modellistica dinamica delle macchine a c.c., delle macchine sincrone isotrope/anisotrope-con avvolgimento induttore a magneti permanenti, delle macchine asincrone e delle macchine a riluttanza.

1.1.2 Componenti passivi: particolarità costruttive e funzionali degli induttori, dei condensatori e dei trasformatori per gli azionamenti elettrici.

1.1.3 I convertitori: principi di modellistica delle valvole al silicio; modelli ad interruttori comandati a chopper ed inverter a tensione ed a corrente impressa. Sintesi delle forme d'onda.

1.2 Architetture di controllo in cascata degli attuatori. Controllori ad orientamento di campo e ad azione diretta.

1.3 Programmi di calcolo per la simulazione degli azionamenti elettrici: programmi di uso generale (EMTP) e dedicati.

1.4 Le applicazioni: gli azionamenti per la trazione elettrica; per le industrie siderurgiche; per le industrie cartarie; per il trattamento dei fluidi; per il sollevamento dei carichi e per le macchine utensili.

2. Gli azionamenti elettropneumatici.

2.1 I componenti e la relativa modellistica.

2.2 I metodi di comando.

3. Sistemi costituiti da una pluralità di azionamenti tra loro interagenti.

3.1 Sistemi industriali e di trasporto con multiazionamenti.

3.2 Le unità per il coordinamento dei controllori: i controllori programmabili: struttura, linguaggi ed esempi applicativi.

3.3 Ausili informatici per la gestione di sistemi con multiazionamenti: i sistemi esperti.

Esercitazioni

Le esercitazioni progettuali si riferiscono alla definizione del campo di operatività degli attuatori, alla scelta dei componenti e alla sintesi di alcuni semplici regolatori. Le esercitazioni sperimentali riguardano il comando di semplici azionamenti pneumatici e la programmazione di un PLC per il coordinamento di azionamenti elettrici e pneumatici.

Libri consigliati

Dispense del corso Azionamenti a velocità controllata per macchine sincrone ed asincrone, Dipartimento di Elettrotecnica, Politecnico di Milano, 1986.

W. Leonhard: Control of electrical drives, Springer Verlag, 1985.

J. Michael Jacob: Industrial Control Electronics, Prentice Hall 1988.

BASI DI DATI**AG0207****Prof. Fabio A. SCHREIBER***Programma d'esame*

1. **Introduzione all'organizzazione del software di base:** Funzioni del Sistema Operativo; gestione dei processi; processi concorrenti asincroni; mutua esclusione e sezioni critiche.
2. **Gestione delle risorse:** Gestione dei lavori; situazioni di stallo (Deadlock); gestione della memoria centrale (partizioni fisse e variabili); gestione della memoria virtuale (pagine e segmenti); gestione dell'unità centrale (politiche di schedulazione: FIFO, RR, SJF, ...); il sistema I/O e la gestione delle memorie di massa (file system).
3. **Introduzione ai sistemi per la gestione di basi di dati:** Le basi di dati e la loro collocazione nell'ambito delle applicazioni aziendali; modelli della realtà aziendale; l'indipendenza dei dati; gli utenti di una base di dati; linguaggi di definizione e manipolazione dei dati; struttura di un sistema di gestione di basi di dati.
4. **Modelli dei dati:** Modelli concettuali e modelli logici; i processi di astrazione; le viste di utente; Il modello Entity-Relationship e le sue caratteristiche. Chiavi candidate e chiavi primarie. Uso del modello E-R nella progettazione di schemi concettuali. Il modello relazionale. Algebra relazionale e sue operazioni. Calcolo relazionale. Linguaggi commerciali: (SQL, QBE, ...). Cenni ad altri modelli logici. Modifiche alla base di dati.
5. **Progetto di basi di dati relazionali:** Obiettivi e fasi della progettazione di una base di dati. Le diverse anomalie operative e la normalizzazione delle relazioni nel modello relazionale. Problematiche di progettazione fisica; descrizione dell'architettura del sistema; scelta delle strutture di accesso; strutture ad indici; alberi bilanciati *B⁺ trees*; strutture casuali; funzioni di hashing e gestione delle collisioni. Valutazione e confronto tra le varie strutture. Accesso con più chiavi.
6. **Sistemi transazionali:** Il concetto di transazione; accesso concorrente e integrità dei dati; serializzazione delle richieste; granularità. Metodi di controllo della concorrenza (locking, time-stamping e ottimistici). Affidabilità: concetti fondamentali; strumenti (dump, log e checkpoint): tecniche di recovery. La sicurezza dei dati.
7. **Gestione dell'informazione non strutturata:** i sistemi di Information Retrieval e le banche dati.
8. **Nuove architetture.**

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni settimanali, nelle quali verranno sviluppati esempi attuali di quanto esposto durante le lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e in un colloquio.

Libri consigliati

- M. Milencovic: Sistemi Operativi, McGraw-Hill Italia 1990
 H. F. Korth, A. Silberschatz: Database system concepts, 2^a ediz., Mc Graw Hill, 1991.
 C. Francalanci, F.A. Schreiber, L. Tanca: Progetto di dati e funzioni, Esculapio, 1993.
 G. Salton, M.J. McGill: Automatic Text Processing, Addison Wesley 1989.

Testi complementari

- A.S. Tanenbaum: Operating Systems, Prentice-Hall 1987.
 El Masri, S. Navathe: Fundamentals of Database Systems, Benjamin-Cummings 1990.
 C. Batini, S. Ceri, S. Navathe: Conceptual Database Design, Benjamin-Cummings 1991.
 G. Gray, A. Reuter: Transaction Processing, Morgan Kaufmann 1992.
 G. Salton, M.J. McGill: Introduction to modern Information Retrieval, McGraw-Hill 1983.

BASI DI DATI (1/2 annualità, 1)
Prof. Stefano CERI

AG0226

Programma d'esame

- a. **Introduzione ai sistemi informativi.** Architettura e funzionalità dei sistemi per la gestione di basi di dati. Concetti di: query, update, persistenza, affidabilità, concorrenza. Confronto con la gestione dei file di un sistema operativo. Utenti di un sistema informativo e modalità di interazione con il sistema.
- b. **Modelli concettuali per basi di dati.** Astrazioni di classificazione, aggregazione e generalizzazione. Il modello Entità-Relazione. Elementi del modello: entità, attributi, associazioni, gerarchie di generalizzazione, vincoli di cardinalità. Caratteristiche di uno schema dati: completezza, correttezza, leggibilità, potere espressivo, minimalità.
- c. **Il modello relazionale dei dati.** Teoria relazionale: definizione di relazione, chiave, dipendenza funzionale. Algebra relazionale. Trasformazioni di equivalenza e ottimizzazione delle espressioni algebriche. Normalizzazione delle relazioni: decomposizione e sintesi. La programmazione di applicazioni relazionali. Il linguaggio SQL. Il blocco SQL. Interrogazioni nidificate. Raggruppamento e ordinamento dei dati. Istruzioni di update. Equivalenza delle interrogazioni. Viste relazionali. Gestione delle viste. Controllo dell'accesso.
- d. **Richiami di tecniche di organizzazione degli archivi.** Tecniche di ricerca e di gestione e riordino dei dati con: organizzazione sequenziale, diretta, ad indice. Indici densi e sparsi. Alberi B+. Funzioni di hashing.
- e. **La progettazione di applicazioni delle basi di dati.** Progetto concettuale, logico e fisico; progetto di dati e funzioni. Progetto top-down e bottom-up/integrazione di schemi. Progetto delle funzioni: il modello dataflow. Elementi del modello: processi, flussi, interfacce, archivi. Progetto integrato di dati e funzioni. Il progetto logico: traduzione di schemi concettuali in schemi relazionali. Cenni al progetto fisico relazionale (scelta degli indici).

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta, che verte su tutti gli argomenti trattati nel corso.

Precedenze di esame

Fondamenti d'informatica II.

Libri consigliati

- H. Korth, A. Silberschatz: Database Systems Concepts, Ed. 2, Mc Graw Hill, 1989.
 R. El Masri, S.B. Navathe: Fundamentals of Database Systems, Benjamin-Cummings, 1990.
 C. Batini, S. Ceri, S.B. Navathe: Conceptual Database Design, an Entity-Relationship Approach, Benjamin-Cummings, 1991.

BASI DI DATI (1/2 annualità 2)
Prof. Stefano CERI**AG0245***Programma d'esame*

- a. **Sistemi transazionali.** Importanza dei sistemi transazionali. Esempi di sistemi classici: sistemi finanziari, bancari, di order-entry, di prenotazione. Concetto di transazione. Proprietà di una transazione: atomicità, persistenza, serializzazione, isolamento. Affidabilità di un sistema transazionale. Gestione del giornale. Protocolli di recovery. Controllo di concorrenza. Locking. Deadlock e sua gestione: rilevamento, prevenzione, time-out. Cenni ad altre tecniche per il controllo di concorrenza.
- b. **Organizzazione interna di un sistema per la gestione di base di dati.** Catalogo e dizionario dati. Ottimizzazione delle interrogazioni. Compilazione ed interpretazione. Profili statistici e stima dei costi di esecuzione delle applicazioni. Ambienti di sviluppo per la costruzione di applicazioni relazionali. Cenni sui sistemi commerciali e sugli standard industriali.
- c. **Basi di dati distribuite.** Scenari di applicazione. Frammentazione e allocazione dei dati. Distribuzione e ottimizzazione delle interrogazioni. Transazioni distribuite. Architettura client-server. Commit a due fasi. Controllo di concorrenza. Gestione di dati replicati. Cenni sui sistemi commerciali e sugli standard industriali. Descrizione di applicazioni avanzate.
- d. **Cenni ai modelli e sistemi gerarchici e reticolari.** Linguaggi per la definizione e manipolazione dei dati. Conversione dai modelli gerarchico e reticolare al modello relazionale (reverse engineering).
- e. **Evoluzione delle basi di dati.** Rassegna delle principali tipologie dei sistemi di gestione di basi di dati di nuova concezione e delle loro applicazioni:
 1. Basi di dati orientate ad oggetti: modello dei dati, concetto di tipo e classe, metodi, linguaggi per la programmazione di basi di dati a oggetti (DBPL).
 2. Basi di dati deduttive: descrizione dei linguaggi di interrogazione (cenni).
 3. Basi di dati attive: descrizione di regole ECA (evento - condizione - azione), triggers e loro modalità di valutazione, applicazione delle basi di dati attive.
 4. Nuove applicazioni per le basi di dati: basi di dati per l'ingegneria, per il CAD-CAM, per il progetto di applicazioni software.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta, che verte su tutti gli argomenti trattati nel corso.

Precedenze d'esame

Basi di dati (1/2 annualità), 1

Lo studente può sostenere nello stesso appello l'esame delle semiannualità 1 e 2, ricevendo un unico voto in trentesimi.

Libri consigliati:

H. Korth, A. Silberschatz: Database Systems Concepts, Ed. 2, McGraw-Hill, 1989.

R. El Masri, S.B. Navathe: Fundamentals of Database Systems, Benjamin-Cummings, 1990.

J. Gray, A. Reuter: Transaction Processing: Concepts and Techniques, Morgan-Kaufmann, 1992.

BIOINGEGNERIA DEI SISTEMI FISIologici I
Prof. Emanuele BIONDI, Carlo FRIGO**AA0012***Programma d'esame***Parte I - Introduzione alla neurofisiologia.**

- Il sistema nervoso.
- I neuroni e le sinapsi.
- I recettori.
- Reti neuroniche.

Parte II - Problemi generali riguardanti i sistemi sensoriali.

- Psicofisica.
- Elaborazione di segnali.

Parte III - I sistemi sensoriali.

- Il sistema uditivo.

- Il sistema visivo.

- I sistemi cutanei.

(rispetto al contenuto delle dispense, durante il corso non si trattano i sistemi chimici ed il sistema vestibolare).

Parte IV - Protesi ed ausili.

- Per non vedenti.

- Per non udenti.

Libri consigliati

E. Biondi Bioingegneria dei sistemi neurosensoriali, Ed. CLUP.

E. Biondi La Bioingegneria Ed. La Nuova Italia Scientifica.

Precedenze di esame

Lo studente deve conoscere le basi della trasformata di Laplace, dei sistemi stocastici e dalla rappresentazione dei sistemi mediante schemi a blocchi.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale.

**BIOINGEGNERIA DEI SISTEMI FISIOLGICI II
Prof. Giorgio SANTAMBROGIO****AA0014***Programma d'esame***PARTE I (Motorio).****- Organizzazione del sistema motorio -**

Descrizione dello schema di controllo. Formazione del programma motorio. Trasmissione dell'informazione. Attuazione ed attività riflessa.

- Modelli Funzionali -

Generalità della modellazione "total-body". Approccio alla modellazione locale: modelli a vincolo geometrico, modelli articolari, modelli muscolari.

- Catena di Rilevazione Strumentale ed Unità di Base -

Schema generale, principali caratteristiche e problematiche di interfacciamento di uno strumento di misura di variabili motorie. Unità di rilevazione, di condizionamento e di acquisizione del segnale. Unità di trattamento e di restituzione dei dati.

- Catena di Elaborazione e Metodiche di Base -

Schema generale di elaborazione dei dati motori e principali problematiche per l'estrazione dell'informazione. Metodi di stima spettrale e di filtraggio. Metodi di interpolazione ed approssimazione.

- Misure Morfologiche -

Principi e problematiche di rilevazione di mappe anatomiche superficiali. Sistemi ottici ad interferenza. Sistemi opto-elettronici a scansione mono e bidimensionale. Metodi di elaborazione dei dati e di ricostruzione topografica.

- Misure Elettromiografiche -

Generazione del segnale mioelettrico motorio. Elettrodi di superficie, ad ago, a filo. Elettromiografi multicanale, a fili, telemetrici, a fibre ottiche. Elaborazione ed analisi dei dati nel dominio del tempo e delle frequenze.

- Misure di Reazioni Esterne -

Caratteristiche e tipologie delle forze di interazione motoria con l'esterno. Principi di trasduzione e sensori. Dispositivi sensorizzati fissi e portatili. Unità di trattamento del segnale. Elaborazione ed analisi dei dati in forma integrata ed in forma distribuita.

- Misure Cinematiche -

Specifiche protocollari ed interfaccia ambiente-sistema di rilevazione. Sensori optoelettronici. Processori di segnale. Tecniche di riconoscimento: a soglia, a forma e dimensioni. Calcolo centroidi ed identificazione disturbi. Classificazione ed inseguimento automatico. Ricostruzione

stereo-fotogrammetrica. Calibrazione bidimensionale e spaziale. Elaborazione ed analisi dei dati nel dominio del tempo e delle frequenze.

- **Metodi di Elaborazione Multifattoriale** -

Problematiche e condizioni di comparabilità e di stabilità dei dati. Normalizzazione. Stima ed estrazione stratificata di caratteristiche motorie. Indici di comparazione mono e multi-variabile. Comparazione multifattoriale con reti neurali.

- **Applicazioni** -

Esempi di valutazione motoria-funzionale. Cenni di progettazione e valutazione di protesi.

PARTE II (Cinetica Cellulare).

- **Introduzione ai problemi di cinetica cellulare** -

L'organizzazione cellulare. Modelli matematici di colture cellulari. Scelta delle variabili. Caratteristiche dei diversi tipi di modelli.

- **Esempi** -

Modelli segregati e strutturati: modello di età e massa. Modello di età. Modello di massa. Modelli non segregati e strutturati. Modelli non strutturati: modello segregato. Modello non segregato di Monod. Modelli del ciclo cellulare: applicazioni a micro-organismi.

Esercitazioni

Nell'ambito del corso verranno tenute esercitazioni a carattere sia progettuale che sperimentale sui vari argomenti trattati a lezione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale inerente gli argomenti in programma.

Libri consigliati

In fase di preparazione la dispensa: Locomozione e Postura: Tecnologie per l'Analisi Strumentale e Metodi per l'Elaborazione dei Dati, che includerà gran parte degli argomenti trattati nel corso.

J.G. Webster: Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, J. Wiley & Sons Inc., 1988.

A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer: Digital Signal Processing, Prentice-Hall Inc., 1975.

D.A. Winter: Biomechanics and motor control of human movement, J. Wiley & Sons Inc., 1990.

J.E. Desmedt: Computer-Aided Electromyography and Expert Systems, Elsevier Publish., 1989.

J.M. Winter, S.L.-Y. Woo: Multiple Muscle Systems, Springer-Verlag Publish., 1990

T. Leo, G. Rizzolatti: Bioingegneria della Riabilitazione, Patron Editore, 1987.

F. Beltrame, M. Grattarola, L. Mariani: Bioingegneria Cellulare e Molecolare, Patron Editore, 1989.

E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessell: Principles of Neural Science, Elsevier Science Publish., 1991.

BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE E PROTESI
Prof. Marcello CRIVELLINI

AA0015

Programma d'esame

- 1) **Sistema di controllo della postura.** Cenni di anatomia e fisiologia del sistema - archi riflessi - organizzazione del sistema e suoi componenti - schema a blocchi del sistema - condizioni anomale di funzionamento.
- 2) **Muscoli scheletrici: cenni di anatomia e di neurofisiologia.** Energetica e caratteristiche esterne - trasduttori per le retroazioni - sistema di controllo - unità motrici - reclutamento - condizioni anomale di funzionamento - modelli.
- 3) **Fuso muscolare.** Anatomia e fisiologia del fuso - parametri caratteristici - risposta alla rampa - risposta in frequenza - modelli lineari e non lineari del fuso muscolare.
- 4) **Stimolazione elettrica.** Principi generali - tecniche di stimolazione - la stimolazione elettrica funzionale - potenziamento e riabilitazione - il controllo mioelettrico - la spasticità - assuefazione a stimolazione elettrica - cenni sull'analgia elettrica.
- 5) **Rachide.** Meccanica del rachide e suo modello - il problema della scoliosi - terapie in uso - analisi del sistema e nuove procedure diagnostiche e terapeutiche - disco intervertebrale - patologie.

- 6) **Servizio sanitario nazionale.** Cenni storici - il servizio sanitario nazionale come sistema - strutture e prestazioni - spesa sanitaria - domanda sanitaria.
 7) **Cenni sul sistema urinario.**

Esercitazioni

Durante l'anno saranno svolte esercitazioni teoriche e sperimentali.

Libri consigliati

Dispense del corso.

M. Crivellini, L. Divieti: Servizio Sanitario Nazionale e domanda sanitaria - Soc. Editrice Esculapio, 1993.

M. Crivellini, L. Divieti: Stimolazione elettrica e potenziamento muscolare - Soc. Editrice Esculapio.

M. Crivellini, L. Divieti: Soglie di Stimolazione - Soc. Editrice Esculapio, 1994.

V.B. Moutcastle: Fisiologia Medica Vol. I, Vol. II - Piccin Editore.

BIOMACCHINE**AA0002****Prof. Roberto FUMERO***Programma d'esame*

- 1 - **Introduzione** - Definizione del campo di indagine della bioingegneria, e di applicazione delle biomacchine. Componenti caratteristici di un sistema vivente: concetti di morfologia strutturale e funzionale; interazioni con il mondo esterno. Cenni di anatomia umana e di fisiologia, con particolare riferimento al sistema cardiovascolare.
- 2 - **Modellistica ed emodinamica** - La regolazione del sistema cardiovascolare e l'interazione con le biomacchine. Il modello Guyton. Il cuore naturale come macchina: definizione del suo ciclo di funzionamento e definizione del rendimento. Reologia del sangue ed emodinamica del microcircolo e dei grandi vasi.
- 3 - **Le macchine nell'impiego medico e chirurgico** - A) Le macchine negli impianti ospedalieri, con particolare riferimento ai problemi di condizionamento e di protezione biologica dell'ambiente. B) Le macchine di uso clinico e terapeutico negli ospedali, con particolare riferimento a quelle usate in sala operatoria e nei reparti di rianimazione e di emodialisi: 1) respiratori e macchine per anestesia; 2) macchine per la circolazione extracorporea; 3) dispositivi per l'assistenza alla circolazione del sangue in fase di recupero del paziente, tecniche e metodiche di rapido intervento; 4) macchine impiegate nella sostituzione delle funzioni renali. C) Gli organi artificiali: 1) definizione e criteri generali di progettazione di un organo artificiale; 2) i materiali utilizzati nella costruzione; 3) interazioni con il corpo umano e problemi di tollerabilità, emolisi, coagulazione intravasale, ecc.; 4) problematica e descrizione dei principali tipi di organi artificiali con particolare riferimento a: - il cuore artificiale e gli organi artificiali ausiliari per la circolazione del sangue (assist devices, protesi valvolari, pacemakers, ecc.); - il polmone artificiale; - il rene artificiale. 5) cenni sugli altri organi interni artificiali, gli arti artificiali, gli organi di senso artificiali.
- 4 - **Energetica delle biomacchine** - Problemi connessi con la generazione e la trasformazione di energia per l'azionamento di organi artificiali: 1) fonti di energia all'esterno e all'interno del corpo umano; 2) fonti di energia meccanica, chimica, elettrochimica, nucleare, biologica; 3) elaborazione dell'energia: cicli termodinamici, dispositivi piezoelettrici, termoelettrici, termoionici, ecc. 4) problemi di dimensionamento e di miniaturizzazione; 5) problemi di indipendenza dalla direzione della forza di gravità con particolare riguardo al trattamento di fluidi bifase; 6) problemi di smaltimento del calore, scambiatori termici in flusso pulsante, ecc.

Esercitazioni

Consisteranno in prove teoriche e pratiche di laboratorio e visite ad ospedali.

Libri consigliati

Energetica del cuore artificiale, CLUP 1975.

Il cuore artificiale e la circolazione assistita, ed. Recordati, 1968.

Bioingegneria del sistema cardiovascolare, PATRON, 1987.
 Bioingegneria degli organi artificiali, PATRON, 1990.

BIOMECCANICA
Prof. Arrigo VALLATTA

AZ0005

Programma d'esame

- La biomeccanica. Cenni storici
- L'apparato locomotore umano
- Lo scheletro e i vari tipi di ossa
- La muscolatura e i vari tipi di muscoli
- Articolazioni. Vari tipi
- Il corpo umano come catena cinematica
- La cinematica applicata al corpo umano - Sistemi di riferimento. Matrici di trasformazione - La dinamica applicata al corpo umano - Problema dinamico diretto e inverso - Metodi matriciali di soluzione
- Calcolo delle forze muscolari - criteri di merito per la soluzione matematica - Applicazione alle varie parti del corpo: arto superiore, arto inferiore, tronco e rachide.
- La locomozione umana - Il passo e le sue fasi
- Misure del movimento e valutazione delle azioni muscolari. Cenni di elettromiografia
- Proprietà meccanica dei tessuti
- Caratteristica del tessuto osseo
- Muscoli, tendini, legamenti, cartilagine, pelle.
- Modelli fisico-matematici dei tessuti
- Rimodellamento osseo
- Endoprotesi articolari e mezzi di sintesi della frattura: caratteristiche morfologiche, costruttive ed indicazioni per il progetto e l'impiego
- Sistemi endoproteici dentali
- Interventi riabilitativi dell'apparato muscolo-scheletrico (modelli di simulazione)
- Protesi e arti artificiali

Esercitazioni

Il corso sarà completato da esercitazioni.

Libri consigliati

- J. A. Kapandji: Fisiologia Articolare, 3 Volumi, ed. DEMI.
 F. Pauwels: Biomechanics of the locomotor apparatus, Springer-Verlag.
 N. P. Conchran: A primer of orthopaedic biomechanics, Churchill Livingstone.
 D. Winter: Biomechanics and motor control of human movement, J. Wiley & Sons.
 A. Seireg, R. Arvikar: Biomechanical Analysis of the musculoskeletal structure for medicine and sports
 V.C. Mow, W.C. Hayes: Basic Orthopaedic Biomechanics

Durante il corso sarà distribuito materiale didattico (Figure, Tabelle, Diagrammi, ecc.)

CALCOLATORI ELETTRONICI (1/2 annualità, 1)
Prof. Renato STEFANELLI

AG0246

Programma d'esame

Obiettivo del corso è lo studio del progetto logico di circuiti integrati.

Sintesi di reti combinatorie: minimizzazione, realizzazione integrata, realizzazione con circuiti standard.

Reti sequenziali: classificazione. Definizione del diagramma degli stati e sua minimizzazione. Assegnamento degli stati. Implementazione circuitale.

**Cenni sulla logica automatica.
Esempi di un progetto logico e simulazione di circuiti digitali.**

Modalità d'esame

L'esame consiste in un esame scritto e in un progetto obbligatorio con relativa discussione orale.

Libri consigliati

A.J. McCluskey: Logic Design principles, Prentice Hall.

F. Luccio, L. Pagli: Reti Logiche e Calcolatore, Bollati Boringhieri.

Z. Kohavi: Switching and Finite Automata Theory, McGraw-Hill.

CALCOLATORI ELETTRONICI (1/2 annualità, 2)

AG0247

Prof. Renato STEFANELLI

Programma d'esame

Obiettivo del corso è lo studio di architetture di calcolatori avanzate.

- Approfondimenti sull'architettura del calcolatore: unità centrale, unità di controllo, memoria, I/O.
- Aritmetica del calcolatore: floating point, circuiti per somma, moltiplicazione, divisione.
- Pipelining: principi di funzionamento, progetto di processori pipeline, esempi.
- Processori vettoriali: architettura, cenni di ottimizzazione delle prestazioni.
- Architetture RISC: principi, architettura, esempi.
- Architetture parallele: classificazione, array, SIMD, MIMD.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

K. Hwang, F.A. Briggs: Computer Architecture and Parallel Processing, McGraw-Hill.

J.L. Hennessy, D.A. Patterson: Computer Architecture: a Quantitative Approach, (ed. italiana Zanichelli).

M. Mezzalama, N. Montefusco, P. Prinetto: Aritmetica degli elaboratori e codifica dell'informazione, UTET.

CALCOLO AUTOMATICO DELLE STRUTTURE

AN0101

Prof. Pier Giorgio MALERBA

Programma d'esame

- 1 - Aspetti introduttivi** - Posizione del Calcolo Automatico nel contesto strutturale. Metodi di analisi e mezzi di calcolo. Dall'impostazione manuale dei problemi alle tecniche matriciali. Procedimenti generali e tecniche risolutive finalizzate.
- 2 - Analisi matriciale delle strutture a telaio** - Richiami di aspetti teorici. Principio dei Lavori, delle Forze e degli Spostamenti Virtuali. Principio di stazionarietà e minimo dell'energia potenziale totale e dell'energia potenziale complementare. Impostazione matriciale dei metodi delle Forze, Misto e degli Spostamenti. Coefficienti e Matrici di Flessibilità e di Rigidezza e loro proprietà. La trave rettilinea a 12 gradi di libertà. Trasformazioni di coordinate. Tecniche di assemblaggio. Soluzione dei sistemi di equazioni algebriche lineari. Caratteristiche dei sistemi risolvibili problemi di elasticità. Metodi di Gauss e di Choleski. Significato meccanico del procedimento di riduzione di Gauss. Manipolazioni sul sistema di equazioni. Spostamenti impressi. Memorizzazione e soluzione a banda. Soluzione frontale. Condensazione dei gradi di libertà. Analisi per sottostrutture. Tecniche di rilascio di gradi di libertà. Controllo dei risultati ottenuti in algebra a precisione finita. Caratteristiche di condizionamento dei sistemi. Indice di condizionamento. Stima del numero di cifre significative. Metodi di controllo semplificati. (Indice di degrado dei termini diagonali, norma del determinante, lavoro dei residui).

- 3- **Modellazione delle strutture a telaio** - Casi particolari: travature reticolari piane e spaziali. Telai e graticci di travi. Travi su mezzo elastico di Winkler e problemi riconducibili allo stesso modello (Tubi, grigliati a maglie ravvicinate,...). Nodi rigidi (offset). Vincoli elastici e obliqui. Carichi di natura termica. Sistema equivalente alla precompressione.
- 4- **Analisi dei sistemi continui** - Metodi per la riduzione a forma algebrica delle equazioni differenziali. Ritz, Galerkin, Kantorovich. Metodi delle Differenze Finite e degli Elementi Finiti. Metodi semianalitici: metodi delle linee e delle strisce. Condizioni e modalità di convergenza (h e p). Coordinate di area e di volume. Trasformazione isoparametriche. Integrazione numerica. Aspetti meccanici dell'integrazione ridotta. Locking. Integrazione selettiva. Interpretazione dello stato di sforzo. Tecniche di smoothing. Punti di campionamento ottimali. Elementi non conformi. Patch Test. Controllo dei risultati. Generazione automatica delle suddivisioni.
- 5- **Modellazione delle strutture continue** - Elementi per l'analisi di stati piani, tridimensionali e assialsimmetrici. Elementi per l'analisi di piastre inflesse di Kirchhoff (non conformi e conformi) e di Reissner-Mindlin. Modellazione delle strutture a guscio con elementi piatti: tecniche; problemi e validità. Elementi a guscio assialsimmetrici. Elementi a striscia e a prisma finito. Impostazione di alcuni tipi di analisi ricorrenti: Travi alte, mensole tozze, diffusione della precompressione agli ancoraggi, modellazione di solai e impalcati da ponte, calcolo delle rigidità equivalenti. Regime membranale e flessionale delle strutture a guscio, raccordi tra gusci di forma diversa, modellazione delle travi di bordo. Controllo dei risultati.
- 6- **Calcolo non lineare delle strutture** - Tipi di non linearità. Metodi risolutivi e schemi operativi. Esempi introduttivi. Analisi di strutture in c.a. in regime elastoviscoso. Analisi di strutture intelaiate in c.a. in presenza di non linearità geometriche e meccaniche. Cenno a problemi più complessi.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni verranno trattati i seguenti argomenti: nozioni sui calcolatori, sistemi operativi, il linguaggio FORTRAN, le tecniche di programmazione dei metodi matriciali e per elementi finiti.

Sulla traccia di quanto esposto gli allievi sviluppano codici di calcolo e con essi svolgono applicazioni a problemi di accuratezza della soluzione o di analisi di elementi o sistemi strutturali.

Libri consigliati

G. Toniolo: Analisi Strutturale con l'Elaboratore Elettronico, Masson Italia ed.

G. Toniolo-P.G. Malerba: Metodi di Discretizzazione dell'Analisi Strutturale, Masson Italia ed.

AA.VV.: Analisi per Elementi finiti: Modellazione Strutturale e controllo dei risultati, a cura di B. Schrefler, A. Cannarozzi, International centre for Mechanical Sciences, CISM, Collana di Ingegneria Strutturale, No.8

L. Cedolin: Elementi di analisi strutturale, Masson Italia ed.

J.S. Przemieniecki: Theory of Matrix Structural Analysis, McGraw-Hill, London, 1968.

K.J. Bathe: Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice Hall, 1982

O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor: The Finite Element Method, McGraw-Hill, 1991.

CALCOLO NUMERICO

AP0014

Proff. Laura GOTUSSO, Marco FRONTINI

Programma d'esame

1. **Genesi e maggiorazione degli errori** - Cause di errore nei procedimenti numerici - Affidabilità dei risultati ottenuti dal calcolo - Problema diretto e inverso - Maggiorazione deterministica e maggiorazione statistica degli errori (cenni).
2. **Risoluzione di sistemi lineari** - Sistemi determinati: problemi connessi - Sistemi di piccole e grandi dimensioni - Condizionamento di un sistema - Metodi risolutivi - Tecniche per limitare gli errori nella soluzione e per ridurre i tempi di calcolo - Sistemi sovradeterminati: risoluzioni nel senso dei minimi quadrati.
3. **Autovalori ed autovettori di matrici** - Problemi connessi - Instabilità e necessità di metodi di calcolo atti a limitare gli errori - Metodi efficienti per il calcolo di alcuni autovalori ed autovettori - Trasformazioni per similitudine - Metodi per il calcolo globale di autovalori ed autovettori.

4. **Equazioni e sistemi non lineari** - Generalità - Problematiche connesse - Metodi di punto fisso e di minimizzazione per il calcolo di una radice - Equazioni algebriche - Instabilità delle radici - Cenni ad alcuni metodi risolutivi.
5. **Approssimazione** - Vari tipi di approssimazione di funzioni di una o più variabili con particolare riguardo all'approssimazione interpolatoria e all'approssimazione nel senso dei minimi quadrati nel discreto e nel continuo - Approssimazione mediante polinomi, funzioni spline, funzioni razionali.
6. **Derivazione e quadratura** - Il problema degli errori di arrotondamento nel calcolo di derivate numeriche - Calcolo di integrali: integrali definiti su intervalli limitati ed illimitati, integrali singolari - Criteri di scelta delle formule per il calcolo; maggiorazione degli errori.
7. **Integrazione numerica di equazioni differenziali** - Problema di Cauchy per equazioni e sistemi del primo ordine. Metodi a più passi e metodi Runge-Kutta. Convergenza e stabilità dei metodi di integrazione.
Problemi ai limiti: metodi di Shooting, alle differenze finite e variazionali.
8. **Trasformata di Fourier**: (cenni) - D.F.T. e F.F.T.
9. **Equazioni alle derivate parziali** - Generalità sulle equazioni classiche della fisica matematica: equazioni lineari del 2° ordine ellittiche, paraboliche, ed iperboliche - Problemi al contorno e misti - Metodi alle differenze finite: stabilità e convergenza - Cenni ai metodi agli elementi finiti.
10. **Analisi numerica parallela**: (cenni) - Introduzione al software numerico parallelo - Parallellizzazione di alcuni metodi visti.
11. **Software matematico**: librerie di programmi disponibili presso il Politecnico e modalità d'uso - Il programma Matlab e sue principali possibilità di impiego - Utilizzo di programmi per la risoluzione di semplici problemi numerici - Valutazione critica dei risultati ottenuti.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti svolti a lezione e di una discussione su alcuni elaborati svolti dall'allievo e preventivamente concordati con il docente.

Libri consigliati

Si consigliano in particolare:

- Atkinson: An Introduction to Numerical Analysis, Wiley, 1989.
 Bevilacqua-Bini-Capovani-Menchi: Metodi Numerici, Zanichelli, 1992.
 Bini-Capovani-Menchi: Metodi Numerici per l'algebra lineare, Zanichelli, 1988.
 Caliò, Frontini: Matlab - Esercitazioni di calcolo numerico assistite da calcolatore, CLUP, 1991.
 Comincioli: Analisi numerica, McGraw-Hill, 1990.
 Comincioli: Analisi numerica - Complementi e problemi, McGraw-Hill, 1991.
 Cugiani: Metodi dell'Analisi Numerica, Utet, 1972.
 Dahlquist-Björck: Numerical Methods, Prentice Hall, 1974.
 Gambolati: Lezioni di Metodi Numerici, ed. Cortina, Padova, 1994.
 Golub-Van Loan: Matrix Computations, North-Oxford, London 1989.
 Lambert: Numerical Methods for Ordinary Differential Systems, John Wiley, New York, 1991.
 Monegato: Calcolo Numerico, Levrotto & Bella, Torino, 1990.
 Press-Flannery-Teukolski-Vetterling: Numerical Recipes, Cambridge University Press [in Fortran 1986, in Pascal 1989].
 Schwarz: Numerical Analysis, John Wiley and Sons, 1989.

CALCOLO NUMERICO (1/2 annualità, 1)

AP0105

Proff. Franca CALIO', Alfio QUARTERONI, Raffaella PAVANI

Programma d'esame

1. **Errori nei procedimenti numerici** - Processo di calcolo. Aritmetica in floating point. Generazione e propagazione degli errori in un processo di calcolo. Condizionamento e stabilità di problemi numerici e algoritmi.
2. **Risoluzione numerica di sistemi lineari** - Condizionamento del problema. Metodi risolutivi diretti: eliminazione e fattorizzazione. Metodi risolutivi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, rilassamento e gradiente. Il metodo dei minimi quadrati per sistemi sovradeterminati.

3. **Approssimazione di autovalori di matrici** - Metodi delle potenze e potenze inverse per il calcolo degli autovalori estremi. Cenni al metodo QR.
4. **Approssimazione di radici di equazioni non lineari** - Metodi di bisezione, delle corde e di Newton per il calcolo delle radici di una equazione. Il caso delle equazioni algebriche. Cenni al caso di sistemi non lineari.
5. **Approssimazione polinomiale di funzione e dati** - Interpolazione semplice e composta. Approssimazione nel senso dei minimi quadrati.
6. **Formule di quadratura** - Formule di Newton-Côtes. Formule composte.
7. **Risoluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie** - Problema di Cauchy per equazioni e sistemi del primo ordine. Metodi risolutivi di tipo: Runge Kutta, multi-step e predictor-corrector. Analisi di consistenza, stabilità e convergenza.
8. **Software matematico** - Utilizzo del programma MATLAB come strumento di calcolo interattivo. Esempi di utilizzo librerie di programmi.

Modalità d'esame

L'esame consta di prova orale sugli argomenti svolti a lezione e di una discussione di elaborati preventivamente concordati con il docente.

Libri consigliati

Atkinson: Elementary Numerical Analysis, John Wiley & Sons, New York, 1985.
 S.D. Conte, C. De Boor: Elementary Numerical Analysis, McGraw-Hill, New York, 1987.
 L. Gotusso: Calcolo Numerico, CLUP, Milano, 1979.
 G. Monegato: Calcolo Numerico, Levrotto & Bella, Torino, 1990.
 A. Quarteroni: Elementi di Calcolo numerico, Esculapio, Bologna, 1994
 F. Caliò, M. Frontini: MATLAB Esercitazioni di Calcolo Numerico assistite da calcolatore, CLUP, 1991.
 R. Pavani et al.: Esercizi di Calcolo Numerico svolti in MATLAB, CUSL, 1994

Per un approfondimento dei vari argomenti si segnalano inoltre:

V. Comincioli: Analisi numerica, metodi modelli applicazioni, McGraw-Hill, Milano, 1990.
 G. Golub, C. Van Loan: Matrix Computation, North-Oxford Academic, London, 1989.
 J.D. Lambert: Numerical Methods for Ordinary Differential Systems, John-Wiley, New York, 1991.

CAMPI ELETTROMAGNETICI **Prof. Carlo CAPSONI, Marco POLITI**

AG0214

Programma d'esame

Campi statici. Richiami di elettrostatica e magnetostatica: equazioni di Laplace e di Poisson; condizioni al contorno; teorema di unicità; metodi analitici e numerici per la soluzione di campi statici (immagini, differenze finite, trasformazione conforme e separazione delle variabili).

Campi variabili nel tempo. Equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale; vettori fasori; relazioni costitutive; teoremi e principi fondamentali; equazioni d'onda e di Helmholtz; condizioni al contorno. Teorema e vettore di Poynting; effetto pelle; potenziali ritardati.

Linee di trasmissione. Analisi a parametri distribuiti; onde di tensione e di corrente; impedenza caratteristica; coefficienti di riflessione e trasmissione; rapporto d'onde stazionarie; trasformazione d'impedenza; diagramma di Smith; tecniche di adattamento ($l/4$, singolo e doppio stub, balun); perdite; velocità e ritardo di gruppo.

Propagazione di onde piane. Polarizzazione delle onde; riflessione da piano conduttore; riflessione e trasmissione da discontinuità dielettriche piane; onde TE e TM; angoli critici e di polarizzazione; discontinuità piane multiple; mezzi con perdite.

Propagazione guidata. Onde in strutture cilindriche delimitate da superfici conduttrici (modi TEM, TE e TM); frequenza di taglio; impedenza d'onda e velocità di fase; guida a piani paralleli; guide d'onde rettangolare e circolare; cenni sulle guide d'onda dielettriche (fibre ottiche).

Radiazione. Dipoli hertziano e magnetico; parametri delle antenne; reciprocità.

Elementi di compatibilità elettromagnetica.

Esercitazioni

Il corso prevede esercitazioni teoriche e sperimentali.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta selettiva, seguita da un orale.

Libri consigliati

Plonsey, Collin: Principles and applications of electromagnetic fields, Mc Graw Hill.

S. Ramo-J. Whinnery-T. Van Duzer: Fields and waves in Communication Electronics, ed II, J. Wiley

Conciauro: Introduzione alle onde elettromagnetiche, Mc Graw-Hill.

Franceschetti: Campi elettromagnetici, Boringhieri.

Cherin: An introduction to optical fiber, Mc Graw Hill.

CARATTERI DISTRIBUTIVI E COSTRUTTIVI NEGLI EDIFICI**AJ0101****Prof. Emilio PIZZI***Programma d'esame*

0. **Generalità.** L'insegnamento si prefigge di fornire la conoscenza di base, i fondamenti metodologici e le strumentazioni operative propedeutici alle problematiche della progettazione architettonica che saranno sviluppate nel corso di Architettura Tecnica e Composizione Architettonica.
1. **Concetti generali e riferimenti per la progettazione edilizia.**
 - 1.1 - Sistema edilizio e sue articolazioni: i sistemi spaziale, ambientale e tecnologico
 - 1.2 - il ruolo della progettazione nella definizione dei sistemi.
 - 1.3 - il processo edilizio e le sue articolazioni in fasi decisionali, fasi esecutive, fasi gestionali.
 - 1.4 - inquadramento del progetto architettonico e del suo controllo nel processo edilizio.
2. **Caratteri distributivi degli edifici.**
 - 2.1 - Concetti di tipo e di tipologia; cenni storici e articolazione attuale;
 - 2.2 - Analisi tipologica e rapporti con il contesto; rapporti tradizione-innovazione e aspetti evolutivi socio-economici; rapporto tra tipologia e tecnologia e mutue influenze.
 - 2.3 - Analisi funzionale e spaziale in funzione della destinazione edilizia;
 - 2.4 - Caratteri e parametri tipologici delle varie destinazioni edilizie.
3. **La tecnologia e i caratteri costruttivi degli edifici.**
 - 3.1 - Analisi del sistema tecnologico e concetti guida per la sua progettazione
 - 3.2 - Caratteri e parametri dei sottosistemi tecnologici
 - 3.3 - Cenni storici e articolazione attuale della produzione per i principali sottosistemi
4. **Metodologia di progettazione dei sistemi edilizi.**
 - 4.1 - La storicizzazione del progetto: il rapporto con il contesto ambientale naturale, con il contesto geografico e territoriale, con il contesto urbanizzato, con il contesto architettonico, con il contesto sociale ed economico, con il contesto produttivo, ecc.
 - 4.2 - Le fasi di analisi nella progettazione funzionale spaziale: analisi funzionale delle attività dell'utenza; analisi delle esigenze e delle condizioni ambientali; analisi delle attrezzature e dei servizi; analisi delle esigenze e delle condizioni ambientali; analisi delle attrezzature e dei servizi; analisi delle esigenze spaziali
 - 4.3 - Le fasi di sintesi nella progettazione funzionale spaziale
 - identificazione e progetto delle Unità spaziali
 - L'aggregazione delle unità spaziali nel progetto dei sistemi edilizi complessi.
 - 4.4 - Teorie e tecniche di supporto alla progettazione
 - la teoria della qualità in edilizia e l'approccio prestazionale
 - teoria e strumenti applicativi del coordinamento delle dimensioni
 - 4.5 - introduzione alla normativa qualitativa e al controllo della qualità.
5. **Il controllo di qualità nella progettazione degli interventi edilizi.**
 - 5.1 - Verifiche della qualità: verifiche distributive e dimensionali degli spazi, verifiche ambientali, verifiche di congruenza tecnologica e verifiche dell'attitudine dell'edificio a consentire diversi assetti spaziali.
 - 5.2 - I problemi di gestione degli edifici e le ricadute progettuali.

Esercitazioni

Le esercitazioni, alle quali lo studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio dell'anno di corso, consisteranno nello svolgimento di progetti ed elaborati in aula. 3 elaborati progettuali. Secondo il calendario che verrà comunicato all'inizio delle lezioni, saranno svolte 2/3 prove scritte che concorreranno alla formazione del giudizio finale di esame.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale. Per essere ammessi, gli studenti dovranno aver svolto, con esito positivo, le esercitazioni e le prove scritte.

Libri consigliati

C. Corsini: La progettazione e gli interventi edilizi industrializzati, voll. 1, 2 e 3; Opera Universitaria; Genova.

E. Zambelli: Il sistema edilizio residenziale; ed. F. Angeli, Milano.

P.N. Maggi: Il processo edilizio, Vol. 1, CittàStudi, Milano.

CATALISI INDUSTRIALE**AF0036****Prof. Pio FORZATTI***Programma d'esame*

Generalità. Catalisi omogenea ed eterogenea. Descrizione qualitativa dell'atto catalitico. Adsorbimento chimico e fisico. Espressioni e modelli cinetici delle reazioni catalitiche. Regimi di reazione. Reattori di laboratorio e commerciali. Preparazione e fabbricazione dei catalizzatori. Caratterizzazione chimico-fisica e fisico-meccanica. Catalizzatori metallici supportati. Catalizzatori acidi e zeoliti. Catalizzatori di ossidazione. Processi catalitici nell'industria petrolifera. Processi con gas di sintesi.

Esercitazioni

Sono previste alcune esercitazioni di laboratorio e numeriche, e qualche visita ad industrie attive nel settore.

Libri consigliati

Si consiglia la frequenza alle lezioni. Oltre agli appunti ed al materiale distribuito a lezione si consigliano:

G. Natta, I. Pasquon, P. Centola: Principi della Chimica Industriale, Vol. 2 (Catalisi e Cinetica applicata).

C.N. Satterfield: Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice, Second Edition McGraw-Hill.

J.F. Le Page: Catalyse de Contact, Technip. (ora tradotto anche in inglese).

CHIMICA**AD0001**

(per tutti gli allievi esclusi quelli di Ingegneria Chimica)

Proff. Giuseppe ALLEGRA, Sergio AURICCHIO, Pierfrancesco BRAVO, Tullio CARONNA, Angelo CLERICI, Fabio GANAZZOLI, Sergio MORROCCHI, Aldo RICCA, Stefano SERVI, Calimero TICOZZI, Elena VISMARA, Antonio ZANAROTTI

*Programma d'esame***PARTE GENERALE**

L'atomo. Struttura dell'atomo: nucleo ed elettroni, spettri atomici e quantizzazione dell'energia, teorie quantistiche, interpretazione ondulatoria, orbitali atomici, forme ed energie degli orbitali, configurazioni elettroniche. Sistema periodico: carica nucleare effettiva, raggio atomico, energia di ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività, correlazione tra proprietà degli elementi e posizione nel sistema periodico.

Il legame chimico. Le molecole: legame covalente e dativo, elettronegatività, legame di valenza, strutture di Lewis, forma e geometria delle molecole, polarità delle molecole, ibridazione, risonanza,

orbitali delocalizzati, orbitali molecolari. Interazioni tra le molecole: legame idrogeno, legami elettrostatici deboli, composti di coordinazione (cenni). Legame ionico. Legame metallico: teoria delle bande, conduttori e semiconduttori.

Stechiometria. Nomenclatura chimica. Conservazione della massa. Peso atomico. Peso molecolare. Peso formula. Numero di Avogadro. Mole e massa molare. Equivalente e massa equivalente. Equazioni chimiche. Numero di ossidazione. Ossido-riduzioni. Bilanciamento delle reazioni. Gas ideale e gas reali: equazione di stato del gas ideale, miscugli gassosi, pressioni parziali. Soluzione di composti ionici e molecolari. Concentrazione e modi di esprimerla.

Termodinamica chimica. Sistema termodinamico: variabili di stato e funzioni di stato, stato standard e di riferimento, variazioni energetiche. Primo principio: energia interna e lavoro, entalpia ed entalpia standard, termochimica. Secondo principio: spontaneità, reversibilità ed equilibrio, entropia e disordine, entropia standard e terzo principio.

Energia libera e spontaneità delle reazioni. Energie libere standard. Lavoro massimo utilizzabile.

Equilibri chimici. Equilibri omogenei: derivazione termodinamica della espressione della legge dell'azione di massa, costanti di equilibrio e loro uso, fattori che influenzano l'equilibrio (T, P e concentrazione). Equilibri eterogenei: fasi, variabili chimiche e fisiche, gradi di libertà la regola delle fasi e sue applicazioni.

Cinetica chimica. Velocità delle reazioni: misura della velocità di reazione, ordine di reazione e molarità. Fattori che influenzano la velocità di reazione, teoria collisionale e distribuzione di Maxwell-Boltzman, energia di attivazione ed equazione di Arrhenius. Reazioni radicaliche a catena. Meccanismi di reazione. Catalisi omogenea ed eterogenea.

Stati di aggregazione. Stato gassoso. Stato liquido. Stato solido: solidi ionici, solidi molecolari, solidi covalenti, solidi metallici, reticoli cristallini. Passaggi di stato: pressione di vapore, equazione di Clausius-Clapeyron, temperatura e pressione critica, liquefazione dei gas, diagrammi di stato di sistemi ad un componente. Soluzioni: solubilità, soluzioni reali ed ideali, energie di solvatazione, entalpia, entropia ed energia libera di mescolamento, legge di Raoult, azeotropi, distillazione e diagrammi relativi. Proprietà colligative: abbassamento della pressione di vapore, ebullioscopia, crioscopia, curve di raffreddamento di soluzioni, diagrammi di stato eutettici, pressione osmotica.

Le soluzioni elettrolitiche. Dissociazione elettrolitica: conducibilità delle soluzioni, relazione tra conducibilità e grado di dissociazione, attività e coefficiente di attività, proprietà colligative di soluzioni elettrolitiche. Equilibri in soluzione: autodissociazione dell'acqua, teorie sugli acidi e le basi (Arrhenius, Brönsted, e Lewis), costanti di dissociazione degli acidi e delle basi, relazione tra struttura e forza di acidi e basi, anfoteri, pH, indicatori di pH, idrolisi salina, prodotto di solubilità, titolazione acido-base.

Elettrochimica. Pile: potenziali elettrodi, relazione tra DG e forza elettromotrice, semielementi, equazione di Nernst, scala dei potenziali standard, pile di concentrazione, uso dei valori di potenziale, misure elettrochimiche delle concentrazioni, pile di interesse pratico. Elettrolisi: aspetti quantitativi dell'elettrolisi, potenziale di elettrolisi, sovratensione, applicazioni dell'elettrolisi, accumulatori. Corrosione dei metalli: meccanismi di corrosione, protezione contro la corrosione.

PARTE DESCRITTIVA

Idrogeno. Proprietà e preparazione. Acqua: struttura.

Metalli alcalini. Proprietà generali. Preparazione degli elementi. Carbonato di sodio. Idrato sodico.

Metalli alcalino-terrosi. Proprietà generali. Preparazione degli elementi. Ossido e carbonato di calcio.

Elementi del terzo gruppo. Proprietà generali. Preparazione industriale dell'alluminio.

Elementi del quarto gruppo. Proprietà generali. Carbonio: forme allotropiche. Composti ossigenati. Silicio e silice.

Elementi del quinto gruppo. Proprietà generali. Azoto. Ammoniaca e sua preparazione. Ossidi. Acido nitrico. Fosforo. Acido fosforico. Fertilizzanti.

Elementi del sesto gruppo. Proprietà generali. Ossigeno. Zolfo. Ossidi dello zolfo. Acido solforico e sua preparazione.

Alogeni. Proprietà generali. Cloro: preparazione elettrochimica. Acido cloridrico. Acidi ossigenati del cloro.

Elementi di transizione. Generalità. Rame: preparazione e raffinazione. Ferro: ghise, acciai.

Chimica organica. Caratteristiche chimico-fisiche dei composti organici. Idrocarburi. Gruppi funzionali. Polimeri naturali ed artificiali (cenni).

Esercitazioni

Le esercitazioni costituiscono parte integrante del corso. In esse si applicano i concetti sviluppati durante le lezioni anche mediante calcoli.

Nota agli studenti

Lo studio della parte descrittiva deve essere inteso come applicazione dei principi e delle leggi fondamentali illustrate nella parte generale e non come arido apprendimento delle reazioni, avulso dalle proprietà chimico-fisiche degli elementi e dei composti.

Modalità d'esame

L'esame è costituito da una prova scritta e una orale. La prova scritta consta di una serie di problemi e di domande le cui soluzioni e risposte saranno rese note immediatamente dopo la fine della prova. In tale maniera si intende offrire ai candidati anche la possibilità valutare autonomamente la propria preparazione e di decidere se presentarsi subito alla prova orale o se proseguire la preparazione e presentarsi alle prove di un appello successivo.

Libri consigliati

J.E. Brady e J.R. Holum: Fondamenti di chimica, Zanichelli, Bologna.
 T.L. Brown e H.E. Lemay: Chimica, Zanichelli, Bologna.
 P. Corradini: Chimica generale, C.E.A., Milano.
 R.E. Dickerson, H.B. Gray e G.P. Haight: Principi di chimica, Grasso, Bologna.
 P. Silvestroni: Fondamenti di chimica, Veschi, Milano.
 A. Clerici e S. Morrocchi: Esercitazioni di chimica, Spiegel, Milano.
 D.A. Mc Quarrie e P.A. Rock: Chimica generale, Zanichelli, Bologna.
 Ogni docente indicherà i testi consigliati per la propria sezione.

CHIMICA**AD0005**

(per allievi di Ingegneria Chimica)

Prof. Dario GHIRINGHELLI*Programma d'esame*

Introduzione. Elementi e composti. Atomi e molecole. Scala dei pesi atomici. Grammoatomo e grammomolecola. Fenomeni chimici e fisici. Unità di Misura.

Struttura dell'atomo. Proprietà elettriche della materia. Carica dell'elettrone. Modelli atomici di Bohr, Sommerfeld e spettroscopia atomica. Natura ondulatoria degli elettroni. Principio di Heisenberg. Equazioni d'onda. Orbitali atomici. Distribuzione degli elettroni negli atomi. Configurazione elettronica e sistema periodico degli elementi.

Stato Gassoso. Equazione di stato del gas ideale. Gas reali. (Argomento trattato nelle Esercitazioni).

Legame chimico. Potenziale di ionizzazione, affinità elettronica e configurazione elettronica. Legame ionico. Energia reticolare. Ciclo di Born-Haber. Legame covalente. Energia di legame. Orbitali molecolari. Elettronegatività. Momento dipolare. Ibridizzazione. Risonanza. Forze intermolecolari. Forze di Van der Waals, legame a idrogeno, interazione ione-dipolo. Legame metallico.

Termodinamica chimica. Stato termodinamico di un sistema. Equilibrio. Processi reversibili e irreversibili. Funzioni e variabili di stato. Primo Principio della termodinamica. Termochimica. Entalpia. Entalpie di formazione. Legge di Hess e sue applicazioni. Degradazione dell'energia. Secondo Principio della termodinamica. Entropia. Entropia e disordine e probabilità. Terzo Principio della Termodinamica. Entropia assoluta. Energia libera.

Equilibri chimici omogenei. Energia libera e equilibrio chimico. Legge dell'azione di massa. Relazione tra K_p e K_c . Dipendenza delle costanti di equilibrio dalla temperatura. Influenza della pressione e della concentrazione. Esempi di applicazioni industriali degli equilibri.

Cinetica chimica. Velocità di reazione. Relazione tra cinetica e equilibrio di una reazione. Ordine di reazione. Energia di attivazione. Stato di transizione. Equazione di Arrhenius. Distribuzione dell'energia cinetica di un gas. Approssimazione dello stato stazionario. Processi a catena. Iniziazione chimica e fotochimica. Reazioni fotochimiche. Catalizzatori. Catalisi omogenea ed eterogenea.

Applicazioni industriali delle leggi cinetiche e dell'equilibrio chimico.

Stati condensati della materia. Stato solido. Stato liquido. Soluzioni. Tensione di vapore. Equazione di Clapeyron. Legge di Raoult. Distillazione. Azeotropi. Crioscopia e ebullioscopia. Pressione osmotica. (L'argomento verrà sviluppato nel corso delle esercitazioni).

Equilibri eterogenei. Fasi, variabili chimiche e fisiche. Varianza di un sistema chimico eterogeneo in equilibrio. Potenziale chimico. Regola delle fasi e applicazioni. Diagramma di stato: sistemi ad un componente e sistemi a due componenti.

Soluzioni elettrolitiche. Proprietà dell'acqua. Dissociazione elettrolitica. Conducibilità elettrica delle soluzioni. Attività. Proprietà colligative delle soluzioni.

Acidi, basi e sali. Dissociazione elettrolitica dell'acqua. Acidi e basi secondo Arrhenius, Brønsted e Lewis. Principali tipi di acidi: idracidi e ossiacidi. Metodi generali di preparazione degli acidi. Principali tipi di basi. Metodi generali di preparazione delle basi. Ossidi acidi e basici. Elettroliti anfoteri. Forza degli acidi e delle basi e costituzione chimica. Prodotto ionico dell'acqua e pH. Indicatori. Acidità in solventi non acquosi. Dissociazione graduale di acidi poliprotici. Titolazioni acidimetriche. Sali. Metodi generali di preparazione dei sali. Idrolisi salina. Soluzioni tampone. Prodotto di solubilità. Reazioni di spostamento degli acidi e delle basi.

Elettrochimica. Energia libera e lavoro elettrico. Equazione di Nerst. Potenziale di un semielemento. Elettrodo di idrogeno. Pile chimiche. Potenziale standard. Usi chimici dei potenziali standard. Pile a concentrazione. Misura potenziometrica del pH. Misura potenziometrica delle costanti di equilibrio. Elettrolisi. Potenziale di decomposizione termodinamico. Sovratensione. Leggi dell'elettrolisi. Elettrolisi di sali fusi e di soluzioni acquose di elettroliti. Accumulatori. Corrosione dei metalli. Protezione contro la corrosione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in due prove, una scritta e una orale. La prova scritta verterà prevalentemente su problemi ed esercizi svolti nel corso delle Esercitazioni.

Libri consigliati

P. Chiorboli: Fondamenti di Chimica, UTET, Torino.

A. Clerici e S. Morrocchi: Esercitazioni di Chimica, Ed. Spiegel, Milano.

CHIMICA APPLICATA

AF0004

(per gli allievi di Ingegneria Chimica)

Prof. Erminio LOMBARDI

Programma d'esame

MATERIALI

Parte generale.

Richiami alla natura quantomeccanica delle interazioni atomiche e molecolari. Postulati e metodologie. Scatole e barriere di potenziale. Corpi rotanti. Oscillatore armonico. Interazioni di Van der Waals. Cenni ai fenomeni dipendenti dal tempo.

Struttura dei cristalli. Imperfezioni e dislocazioni. Strutture non cristalline: stato vetroso. Trasformazioni di fase in equilibrio e in non equilibrio. Diagrammi di stato. Cinetica dei cambiamenti di fase. Nucleazione, solidificazione, cristallizzazione. Trattamenti termici dei metalli.

Proprietà meccaniche dei materiali. Basi molecolari della elasticità. Viscoelasticità, elasticità elastomerica. Classificazione termodinamica dei materiali.

Proprietà termiche ed elettriche dei materiali e loro applicazioni al campo termotecnico ed elettrotecnico. Resistenza alla corrosione dei materiali.

Reazioni chimiche fondamentali dei processi di ottenimento dei materiali.

Parte speciale.

Materiali ferrosi: diagramma *Fe-C*, ghisa, acciaio, acciai speciali.

Materiali non ferrosi: Leghe metalliche leggere.

Materie plastiche ed elastomeri: polimerizzazione, principali tipi di resine e di elastomeri, vulcanizzazione.

Materiali cementanti aerei ed idraulici: cemento Portland.

Materie resistenti alle alte temperature.

Materiali per il trattamento delle acque: eliminazione della durezza con resine a scambio ionico, dissalazione per osmosi inversa. Confronto con altri processi. Filtrazione e problemi di inquinamento.

Esercitazioni

Consistono nello sviluppo e nell'analisi da parte dell'allievo di una approfondita ricerca bibliografica su uno degli argomenti indicati sia nella parte speciale che in quella generale. Questo lavoro concordato con il docente, verrà regolarmente seguito nel corso dell'anno e sarà oggetto di ampia discussione in sede di esame.

Nelle esercitazioni verranno inoltre trattati argomenti relativi ai bilanci materiali, alla condotta dei principali tipi di reazioni chimiche, alla utilizzazione delle funzioni termodinamiche e alla impostazione di semplici programmi di calcolo.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

E. Lombardi e G. Dotelli: Chimica Applicata (per allievi ingegneri chimici), dispense CUSL (Milano).

A. Girelli-L. Mattioli-F. Parisi: Trattato di Chimica Industriale ed Applicata, Zanichelli, 1969.

Kirk Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, Interscience, II e III Ed.

CHIMICA APPLICATA**AF0100**

(per gli allievi di Ingegneria Edile e Ambientale)

Prof. Erminio LOMBARDI

*Programma d'esame***Parte generale**

- Criteri per la realizzazione di un processo chimico su base industriale; problemi di impatto ambientale.
- Concetti fondamentali di struttura atomica e molecolare.
- Legami ionico, metallico e covalente.
- Forze interatomiche ed intermolecolari.
- Stati di aggregazione. Fasi disordinate e ordinate della materia: stato gassoso, liquido, amorfo e cristallino.
- Struttura e proprietà delle materie plastiche.

Parte speciale

- I materiali utilizzati nell'industria delle costruzioni.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e complementi.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

E. Lombardi e G. Dotelli: Chimica applicata (ingegneria civile), dispense CUSL (Milano).

CHIMICA APPLICATA ALLA TUTELA DELL'AMBIENTE**AF0104**

Prof.ssa Donatella BOTTA

Programma d'esame

Inquinamento e ambiente.

- Generalità sul fenomeno dell'inquinamento.
- Inquinanti di origine naturale e antropica; inquinanti primari e secondari, inorganici e biologici; radionuclidi.
- Valutazione del rischio in relazione alla quantità prodotta, alla tossicità, reattività, degradabilità, accumulabilità degli inquinanti.
- Interdipendenza dell'inquinamento delle tre componenti ambientali.
- Influenza dell'inquinamento sui cicli naturali del carbonio, dell'azoto e dello zolfo e sulla distribuzione di alcuni elementi tossici.
- Alterazione della struttura dell'ecosistema.

Cenni sulla legislazione italiana e comunitaria in materia di inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo. Metodi di analisi e monitoraggio dell'inquinamento.

- Concetti analitici generali. Qualità delle misure. Convalida dei procedimenti analitici.
- Parametri di gruppo e determinazione di singoli inquinanti.
- Tecniche di campionamento e conservazione dei campioni.
- Tecniche di isolamento degli inquinanti dalla matrice in funzione dei limiti di sensibilità richiesti.
- Cenni alle tecniche strumentali da processo e da laboratorio.

Tecniche di disinquinamento e bonifica.

- Tecnologie per la depurazione dell'acqua.
- Metodologie per lo smaltimento dei rifiuti; fissazione e solidificazione dei fanghi.
- Tecnologie di bonifica e recupero del terreno.

Esercitazioni

Le esercitazioni saranno utilizzate per approfondire, mediante interventi degli allievi, gli argomenti trattati durante le lezioni.

Testi consigliati

C.N. Sawyer, P.L. McCarty: Chemistry for Environmental Engineering, McGraw-Hill Book Company, 1978.

W.W Eckenfelder Jr: Industrial water Pollution Control, II ed. McGraw-Hill Book Company, 1978.

G. Tchobanoglous, E.G. Schroeder: Water Quality. Characteristics. Modeling. Modification, Addison Wesley Publishing Company 1985.

CHIMICA FISICA APPLICATA

AE0019

Prof. Massimo MORBIDELLI

Programma d'esame

Richiami sulle teorie molecolari dei fluidi.

Calcolo e correlazione delle proprietà termodinamiche dei fluidi dalle proprietà molecolari.

Equilibri fisici e chimici in sistemi condensati a più componenti.

Cinetica fisica. Calcolo e correlazione della proprietà di trasporto dei fluidi dalle proprietà molecolari.

Cinetica dei processi di combustione. Fiamme.

Cinetica dei processi di polimerizzazione omogenei ed eterogenei.

Chimica fisica delle interfasi. Sistemi dispersi e colloidali.

Stabilità dei sistemi dispersi.

Teoria VLDO.

Applicazione della chimica fisica dei colloidali ai processi di polimerizzazione.

Aspetti chimico-fisici della sintesi dei materiali solidi da fasi fluide.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale.

Libri consigliati

S. Carrà: Termodinamica, Bollati, Torino, 1990.

S. Carrà, M. Morbidelli: Chimica fisica applicata, Hoepli, Milano, 1983.

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI**AE0103**(per gli allievi di Ingegneria Chimica)
Prof.ssa Luisa BICELLI PERALDO*Programma d'esame***Elementi di meccanica quantistica per lo studio degli atomi.** Crisi della fisica classica. Spettro del corpo nero e ipotesi di Planck. Teoria di Bohr-Sommerfeld. Livelli energetici dell'atomo di idrogeno. Oscillatore armonico. Dualismo ondulatorio-corpuscolare della radiazione e della materia. Principio di indeterminazione.

Equazione temporale di Schroedinger e sua integrazione. Interpretazione probabilistica di Born. Equazione degli stati stazionari. Autovalori e autofunzioni. Livelli energetici. Gradino e barriera di potenziale (effetto tunnel). Particella in una scatola parallelepipedica. Atomo di idrogeno. Numeri quantici. Formulazione generale della meccanica quantistica ed i quattro postulati fondamentali. Particella carica in un campo elettromagnetico. Sistemi a più particelle. Particelle identiche e non identiche. Postulato di simmetrizzazione. Principio di esclusione. Atomi con più elettroni. Metodo autoconsistente di Hartree. Sistema periodico degli elementi.

Chimica fisica del legame chimico per lo studio delle molecole. Chimica al computer elettronico. Metodi approssimati. Metodo variazionale. Studio di legami nelle molecole. Metodo dell'orbitale molecolare. Approssimazione LCAO. Molecole biatomiche omonucleari ed eteronucleari. Metodo del legame di valenza. Percentuale di carattere ionico di un legame e scala delle elettronegatività. Molecole poliatomiche. Ibridazione. Molecole coniugate e aromatiche. Orbitali delocalizzati.**Chimica fisica per lo studio dei legami nei solidi.** Il legame metallico. Metodo dell'orbitale molecolare. Teoria dell'elettrone libero. Teoria di Bloch. Zone di Brillouin. Conduttori, isolanti e semiconduttori. Semiconduttori intrinseci e estrinseci. Giunzione semiconduttore-metallo.**Termodinamica statistica per lo studio delle proprietà chimico-fisiche dei materiali solidi dalla conoscenza alla scala microscopica.** Fondamenti. Statistica di Boltzmann. Micro-e macrostato. Probabilità termodinamica. Legge di ripartizione. Funzione di ripartizione. Equipartizione dell'energia. Caso dei gas mono-bi- e poliatomici e dei solidi monoatomici. Statistiche quantistiche di Bose-Einstein, di Fermi-Dirac. Funzione di Fermi-Dirac. Funzione di Fermi. Casi in cui si applicano le diverse statistiche.

Espressione statistica dell'entropia. Fluttuazioni. Determinazione della costante che compare nell'espressione statistica dell'entropia. Espressione statistica delle altre grandezze termodinamiche. Funzione di ripartizione traslazionale, rotazionale e vibrazionale. Applicazione ai gas ideali ed ai liquidi. Applicazione ai solidi cristallini. Teoria di Einstein e di Debye. Cinetica di reazione. Teoria del complesso attivato.

Libri consigliati

Dispense del corso.

P.W. Atkins: Chimica fisica, Zanichelli, Bologna, 1989.

J.C. Slater: Teoria quantistica della materia, Zanichelli, Bologna, 1985

G.M. Barrow: Chimica fisica, Zanichelli, Bologna, 1976.

J.P. Lowe: Quantum Chemistry, Student Edition, Academic Press, New York, 1978.

G. Caglioti: Introduzione alla Fisica dei Materiali, Zanichelli, Bologna, 1974.

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI SOLIDI**AE0103**(per gli allievi di Ingegneria Nucleare e dei Materiali)
Prof. Umberto DUCATI*Programma d'esame***Fondamenti di meccanica statistica.** Stati, insiemi, meccanica statistica e termodinamica. Fluttuazioni. Master equations ed equilibrio dettagliato. Statistica delle particelle. Statistiche quantistiche. Approssimazione quasi-classica e meccanica statistica dei gas.**Richiami di termodinamica e termodinamica chimica.** Variabili di configurazione chimica. Scambi di lavoro. Termochimica. Effetti termodinamici di reazione ed energetica chimica. Grandezze parziali molari, fugacità, attività; leggi di Raoult e di Henry. Equilibri in sistemi reagenti non ideali gassosi e condensati.

Cinetica dei processi. Leggi empiriche della cinetica chimica. Velocità specifica di reazione, teorie di Arrhenius e di Eyring. Termodinamica dei processi irreversibili in campo lineare: bilanci locali di materia, di entropia, di energia, di quantità di moto. Accoppiamento di flussi e forze e relazioni di Onsager. Processi in sistemi omogenei, eterogenei, continui. Teorema della minima produzione di entropia allo stato stazionario. Stabilità degli stati stazionari. Campo di non linearità. Teoria della biforcazione. Processi autocatalitici. Strutture dissipative, autoorganizzazione.

Proprietà termodinamiche della materia allo stato condensato. Il cristallo semplice, equazioni di Einstein e Debye per la capacità termica. Soluzioni ideali, non ideali, regolari, non regolari. Energia libera di sistemi e fasi a più componenti. Equilibrio fra le fasi. Transizione di primo ordine e di ordine superiore. Transizioni ordine disordine: il metodo di Kirkwood e le soluzioni approssimate; l'approssimazione quasi-chimica. Analisi e sintesi di diagrammi di stato. Cenni ai difetti nei cristalli. Effetti di superficie e di interfaccia. Energia libera delle regioni interfase. Adsorbimento; il metodo di Gibbs. Equilibri di interfaccia. Strutture e modelli di bordo di grano.

Libri consigliati

S. Carrà: Introduzione alla termodinamica chimica, Zanichelli.

W. Girifalco: Statistical mechanics of solids, Wiley Interscience.

R. Haase: Thermodynamics of irreversible processes, Addison Wesley.

I. Prigogine-G. Nicolis: Le strutture dissipative, Sansoni.

C.H.P. LUPIS: Chemical Thermodynamics of Materials, North Holland.

CHIMICA II **Prof. Attilio CITTERIO**

AD0100

Programma d'esame

SISTEMA PERIODICO DEGLI ELEMENTI

Idrogeno - Generalità- Legame Idrogeno - Acqua - Forza degli acidi protici - Superacidi - Proprietà degli acidi (*HF, HCl, HBr, HI, HNO₃, HClO₄, CF₃SO₃H*) - Idruri salini - Idruri di natura più covalente.

Metalli alcalini - Preparazione e proprietà degli elementi - Composti binari - Idrossidi - Solvatazione e complessazione - Composti organometallici.

Metalli alcalino terrosi - Preparazione e proprietà degli elementi - Ossidi - Idrossidi - Alogenuri - Sali di ossiacidi - Composti organometallici - Struttura dei reagenti di Grignard - Materiali ceramici.

Boro - Preparazione e proprietà dell'elemento - Derivati ossigenati - Alogenuri - Borani.

Alluminio - Preparazione e proprietà dell'elemento - Ossido - Alogeni - Sali di ossiacidi - Composti di coordinazione - Idruri complessi - Cenni sulla chimica del Gallio, Indio e Tallio.

Carbonio - Allotropia - Grafite - Carburi - Ossido di Carbonio - Anidride carbonica - Cianuri e composti relativi - Composti con legame C-S - Monomeri e polimeri organici.

Silicio - Preparazione e proprietà dell'elemento - Silani - Alogenuri - Silice - Silicati - Zeoliti - Vetri - cementi - Argilla.

Germanio, stagno e piombo - Semiconduttori - Composti bivalenti - Composti tetravalenti - Ossidi e idrossidi - Alogenuri - Sali di ossiacidi - Composti organometallici.

Azoto - Proprietà dell'elemento - Nitruri - Ammoniaca - Acido azotidrico - Ossidi - Acidi ossigenati - Idrossilammina - Idrazina - Derivati alogenati - Derivati azotati come leganti - Ciclo dell'azoto.

Fosforo, arsenico, antimONIO bismuto - Stereochimica dei derivati: generalità- proprietà e preparazione degli elementi - Idruri - Alogenuri - Ossidi - Solfuri - Ossiacidi - Ossialogenuri - Composti con legami P-N e P-C.

Ossigeno - Struttura e proprietà dell'elemento - Ossigeno singoletto - Ozono - Acqua ossigenata - Perossidi - Derivati ossigenati come leganti.

Zolfo - Zolfo elementare, proprietà e diagramma di stato - Acido solfidrico - Solfuri - Composti con legami S-N e S-S - Alogenuri - Ossidi - Ossialogenuri - Ossiacidi - Derivati solforati come leganti.

Alogenuri - Proprietà degli elementi - Acidi alogenidrici - Alogenuri - Ossidi - Ossiacidi - Composti tra alogeni - Composti ipervalenti.

Gas nobili - Struttura e proprietà - Chimica dello Xenon: fluoruri e derivati ossigenati.

Zinco, Cadmio e Mercurio - Proprietà generali degli elementi - Stereochimica dei complessi -

Derivati mono e bivalenti del Mercurio - Ossidi - Alogenuri - Sali di ossiacidi - Sali complessi - Composti organo metallici.

La chimica degli elementi di transizione - Struttura e proprietà - **Elementi della prima serie di transizione:** I metalli, gli stati di ossidazione più bassi e più alti - Composti con stato di ossidazione III Metallocarbonili - Superconduzione.

Titanio - Elemento: proprietà e preparazione - La chimica del Ti(IV), d^0 - La Chimica del Titanio(III), d^1 - La Chimica del Ti(II), d^2 - Composti organometallici del Titanio.

Vanadio - La Chimica del V (V), V (IV), V (III) e V (II).

Cromo - Preparazione e proprietà dell'elemento - Chimica del Cr(II), Cr(III), Cr(IV), Cr(V), Cr(VI).

Manganese - Chimica del Mn(0) - Mn(I) - Mn (II) - Mn(III) - Mn(IV) - Mn(V) - Mn(VI) e Mn(VII).

Ferro - Metallurgia - Acciai - Ossidi e idrossidi - Alogenuri e solfuri - Composti di coordinazione - Alti stati di ossidazione - Fe(IV) e Fe(VI) - Introduzione agli enzimi e bioinorganica.

Cobalto - Stati di ossidazione e stereochemica - Chimica del Co(I) - Co(II) - Co(III).

Nichel - Stati di ossidazione e stereochemica - Chimica del Ni(II) e Ni(III).

Rame - Stati di ossidazione e stereochemica - Chimica del Cu(I) - Cu(II) - Cu(III).

Elementi della seconda e terza serie di transizione - Zr, Hf, Nb, Ta, Mo, W, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au.

Lantanidi - Attinidi

Meccanismi di reazioni inorganiche e organometalliche - catalisi - Nel trattamento della chimica dei vari elementi verranno approfonditi aspetti di Chimica Generale trattati nel corso di Chimica (struttura, legami, equilibri omogenei ed eterogenei, cinetica, termodinamica, reazioni acido-base e redox, ecc.).

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in sperimentazione di laboratorio su temi di Chimica Generale, con esempi di preparazione di composti inorganici, di analisi qualitativa e di tecniche di separazione ed identificazione di composti inorganici.

Modalità d'esame

La valutazione verrà fatta sulla base di un esame orale relativo alla materia del corso e delle esercitazioni sperimentali.

Libri consigliati

Ad integrazione del testo "P. Silvestroni: Fondamenti di Chimica, Masson editore, Milano", si consigliano i seguenti testi: N.N. Greenwood, A. Hearnshaw: La chimica degli elementi, Piccin Editore, Nuova Libreria.

F.A. Cotton, G. Wilkinson e P.L. Gans : Principi di chimica inorganica, Editrice Ambrosiana, Milano.

F.A. Cotton, G. Wilkinson: Advanced Inorganic Chemistry, 5th edizione, Editore J. Wiley, 1988.

CHIMICA INDUSTRIALE

AF0006

Prof. Italo PASQUON

Programma d'esame

PARTE GENERALE

Caratteristiche dell'industria chimica; linee di produzione; aspetti economici; principi fondamentali per lo studio, la realizzazione e la condotta dei processi chimici industriali.

Linee di produzione, aspetti economici, sicurezza. Produzioni. Dati statistici. Fattori generali che condizionano la scelta delle produzioni e la localizzazione degli impianti. L'industria chimica italiana: confronto con altri paesi. Principali materie prime e linee di produzione dell'industria inorganica, organica e petrolchimica. Nocività e igiene ambientale. Inquinamento e metodi di depurazione. Criteri di sicurezza. Miscele esplosibili e cause di innesco. Stabilità dei sistemi chimici. Esplosioni termiche. Esplosioni fisiche. Incompatibilità tra sostanze. Generalità sul cedimento dei materiali per corrosione.

Applicazioni della termodinamica alle reazioni della grande industria chimica. Valutazioni di grandezze termodinamiche per sostanze organiche e inorganiche e per loro miscele, ideali e non.

Applicazione delle entalpie libere di formazione al calcolo delle rese termodinamiche e alla scelta delle condizioni operative. Impiego di diagrammi di stato nel calcolo delle rese.

Applicazioni della cinetica e della catalisi alle reazioni della grande industria chimica; reattori. Richiami sulle principali grandezze, definizioni e relazioni di tipo cinetico. Caratteristiche cinetiche dei sistemi chimici in evoluzione. Deduzione delle equazioni di velocità. Attivazione delle reazioni. Catalisi e catalizzatori industriali: adsorbimento, principali classi di catalizzatori, loro caratteristiche e campi di impiego. Cenni sulla applicazione dei dati cinetici al calcolo dei reattori. Principali tipi di reattori industriali e criteri di scelta.

Caratteristiche e criteri di scelta dei metodi di separazione e di purificazione. Fattori che condizionano i metodi di separazione. Principali classi di liquidi e tipi di equilibri fisici. Equazione generale degli equilibri liquido vapore. Principali metodi di separazione, frazionamento e purificazione e loro campi di impiego.

PARTE SPECIALE

Esempi tipici di processi attuali e di produzioni dell'industria chimica. Dei singoli processi gli allievi dovranno sapere giustificare, in modo critico, le scelte operative, sulla base di fattori termodinamici, cinetici, fisico-tecnici, impiantistici, economici, ambientali e di sicurezza. Questa parte è da considerarsi come esemplificativa degli aspetti tecnologici di processi tipici dell'industria chimica.

Azoto e ossigeno: esempio di processo di frazionamento criogenico.

Gas di sintesi da idrocarburi.

Industria dell'azoto e dei fertilizzanti azotati: ammoniaca; acido nitrico; generalità sui fertilizzanti e loro impiego; solfato ammonico; nitrato ammonico; urea; cenni su altri fertilizzanti azotati.

Fertilizzanti fosfatici, potassici e complessi: acido fosforico per via umida; perfosfati; polifosfati d'ammonio; cenni su altri fertilizzanti fosfatici e potassici e sui fertilizzanti complessi. Esempio di processo di flottazione.

Industria dello zolfo. Acido solforico; zolfo da idrogeno solforato.

Processi al forno elettrico: fosforo e acido fosforico.

Processi elettrochimici e industria degli alcali e degli alogeni: carbonato sodico; acido cloridrico; acido fluoridrico; cloro e soda.

Processi biotecnologici: generalità, esempi: alcool etilico, alcool etilico assoluto, penicilline, sciroppi zuccherini

Processi fotochimici: generalità, esempi: perfluoropolietere.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in un periodo di internato volontario presso i laboratori dell'Istituto di Chimica Industriale e nello svolgimento di esercizi riguardanti argomenti di termodinamica applicata e di cinetica applicata e calcoli di bilanci termici e materiali di processi della grande industria chimica.

Libri consigliati

Principi della Chimica Industriale, vol. 1: G. Natta, I. Pasquon; vol. 2: G. Natta, I. Pasquon, P. Centola; vol. 3: I. Pasquon, G. F. Guerreri, CittàStudi; voll. 4 e 5: I. Pasquon, G.F. Paegaglia, CLUP. I. Pasquon, L. Zanderighi, La chimica verde, HOEPLI

I. Pasquon: Chimica Industriale I Lezioni, CittàStudi.

Per l'eventuale approfondimento di taluni argomenti il Professore consiglierà durante le lezioni alcuni testi e riviste specializzate disponibili presso la biblioteca del Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria Chimica "Giulio Natta".

CHIMICA INDUSTRIALE ORGANICA

Prof. Lido PORRI

AF0108

Programma d'esame

Parte generale.

Dati statistico-economici relativi all'industria chimica organica in Italia e nel mondo. Materie prime, principali linee produttive e orientamenti dell'industria chimica organica. Catalisi omogenea e catalisi eterogenea nell'industria chimica organica. Criteri generali per la separazione di miscele mediante rettifica, distillazione azeotropica, distillazione estrattiva, assorbimento, adsorbimento,

cristallizzazione, estrazione. Criteri di sicurezza. Miscele esplosive. Problemi di inquinamento. Il petrolio come fonte di materie prime per l'industria organica. Cracking termico, cracking catalitico.

Parte speciale.

Acetilene da idrocarburi. Olefine e diolefine da "steam cracking". Aromatici dal petrolio: reforming catalitico; separazione aromatici/alifatici; separazione della frazione aromatica C8. Acetaldeide da etilene. Acido acetico da acetaldeide, da idrocarburi e da metanolo. Idroformilazione delle olefine. Formaldeide. Acrilonitrile da propilene. Ossido di etilene e ossido di propilene. Cloruro di vinile da etilene, reazione di ossiclorurazione. Reazioni di alchilazione: etilbenzene, isopropilbenzene da benzene. Stirene. Fenolo. Anidride ftalica, anidride maleica. Sintesi industriale dei polimeri attraverso policondensazione, polimerizzazione radicalica, cationica, anionica e con catalizzatori organometallici.

Esercitazioni

Riguardano quantificazione di schemi di processo e un esempio di preparazione della chimica fine.

Libri consigliati

Kirt-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, Wiley.
Ullmann's: Encyclopedia of Industrial Chemistry, VCH.

CHIMICA MACROMOLECOLARE PER L'INGEGNERIA
Prof. Giuseppe TIEGHI

AF0035

Programma d'esame

Concetto di macromolecola. Strutture e sintesi macromolecolari, polimeri. Teoria unitaria dei processi di polimerizzazione: monomeri, reazioni di base, polireazioni. Classificazione generale dei processi di polimerizzazione. Principi per la trattazione sistematica della struttura delle macromolecole. Ordine e regolarità di struttura. Analisi strutturale ai vari livelli di caratterizzazione: composizione, costituzione, configurazione e conformazione. Distribuzione dei pesi molecolari e pesi molecolari medi. Proprietà fisiche caratteristiche dei materiali macromolecolari. Relazioni fra proprietà e struttura. Modelli ed equazioni di comportamento fisico-meccanico; elasticità entalpica ed entropica, viscoelasticità. Stati fisici e transizioni. Cristallinità e morfologia cristallina. Termodinamica di miscele e soluzioni con componenti macromolecolari. Miscele polimero-polimero. Frazionamento dei polimeri. Caratterizzazioni macromolecolari in soluzione diluita; determinazione sperimentale di massa, forma e dimensioni di macromolecole. Osmometria, viscosimetria, fotodiffusiometria, cromatografia. Processi di polimerizzazioni: aspetti termodinamici, cinetici e di conduzione di processo. Policondensazioni bifunzionali e polifunzionali. Poliaddizioni radicaliche, cationiche, anioniche ed anioniche coordinate. Copolimerizzazioni statistiche e preordinate. Reazioni dei composti macromolecolari: depolimerizzazione, degradazione e modifica.

Esercitazioni

Verranno trattati alcuni argomenti relativi al programma d'esame, con dimostrazioni pratiche presso laboratori specializzati.

Libri consigliati

F. Danusso: Chimica macromolecolare, CLUP, 1980.

Per gli argomenti non compresi nel testo vengono fornite dispense. Si consiglia di utilizzare appunti presi durante le lezioni. Per integrazioni ed approfondimenti possono essere utili i seguenti testi (disponibili presso la biblioteca del Dipartimento di Chimica Industriale e Ingegneria Chimica):

P.J. Flory: Principles of Polymer Chemistry, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1953.

G. Champetier-L. Monnerie: Introduction à la Chimie Macromoléculaire, Masson, Paris, 1969.

F.W. Billmeyer: Textbook of Polymer Science, J. Wiley & Sons, 1984 (3rd Ed.).

AIM: Macromolecole: Scienza e Tecnologia, Voll. I e II (a cura di F. Ciardelli et al.), Pacini Editore, Pisa, 1986.

CHIMICA METALLURGICA
Prof. Pietro CAVALLOTTI**AE0004***Programma d'esame***1 - Fondamenti dell'industria metallurgica di produzione.**

Minerali e loro trattamento. Processi di estrazione. Fusione dei metalli. Riciclo dei metalli. Considerazioni tecnico-economiche sulle produzioni dei principali metalli.

2 - Bilanci di materia e di energia.

Impostazioni dei bilanci per impianti industriali produttivi. Bilanci entalpici incrementali e loro impiego nel controllo dei forni di riduzione.

3 - Analisi e sintesi dei diagrammi di stato.

Diagrammi per sistemi binari e loro interpretazione. Diagrammi di stato coerenti. Diagrammi di stato per sistemi ternari. Transizioni di stato. Stato liquido.

4 - Equilibri chimici in sistemi metallurgici.

Equilibri in sistemi metallurgici produttivi. Trattamenti termochimici. Calcolo delle grandezze interessate.

5 - Comportamento dei metalli in ambiente aggressivo.

Soluzioni elettrolitiche. Comportamento di elettrodi. Elettrolisi. Corrosione a umido. Ossidazione e corrosione a caldo.

6 - Fenomeni di trasporto in sistemi metallurgici.

Movimentazione di liquidi. Efflusso di metalli liquidi da recipienti. Trasporto di calore. Colata continua dei metalli. Trasporto di massa. Diffusione. Riduzione di ossidi metallici.

7 - Reattoristica metallurgica.

Reattori ideali. Reattori reali e loro schematizzazione con reattori ideali. Reattore a letto mobile, riduzione diretta del ferro. Reattore a letto fluido, arrostimento di solfuri. Reattori gas-liquido, clorurazione di solfuri metallici.

8 - Impianti metallurgici.

Operazioni a stadi ed in continuo. Lay out. Trasporto negli impianti. Trattamento degli effluenti gassosi e liquidi. Servizi generali. Recuperi energetici. Controllo e automazione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una discussione su un impianto di interesse metallurgico, in cui vengono applicate le nozioni generali oggetto del corso di lezioni.

Libri consigliati

Dispense di lezione.

CHIMICA ORGANICA
Prof. Claudio FUGANTI**AD0002***Programma d'esame*

Generalità sulle sostanze organiche. Legame covalente, polarità dei legami. Forze intermolecolari. Effetti elettronici e sterici.

Analisi elementare. Formula minima, formula molecolare, formula di struttura. Isomeria. Relazione tra struttura e proprietà delle sostanze.

Meccanismo di reazione: reazioni ioniche e radicaliche. Velocità di reazione. Energia di attivazione. Influenza della temperatura e del solvente sul decorso della reazione. Classificazione dei composti organici. Nomenclatura.

Alcani. Fonti di idrocarburi. Reazioni.

Alcheni. Isomeria geometrica. Preparazione degli alcheni. Reazioni di addizione al doppio legame. Reazioni ioniche e radicaliche. Reattività dell'idrogeno allilico. Risonanza.

Alchini. Preparazione. Reazioni. Acetilene. Acetiluri. I più importanti prodotti industriali derivati dall'acetilene.

Dieni. Reattività dei dieni coniugati. Polimerizzazione. Addizione 1,2 e 1,4. Cicloaddizione.

Idrocarburi aliciclici. Reazioni.

Benzene, carattere aromatico, risonanza.

Sostituzione elettrofila aromatica. Influenza attivante o disattivante e orientante dei sostituenti presenti nell'anello.

Idrocarburi aromatici. Preparazione e produzione industriale. Reazioni.

Alogenuri alchilici. Reazioni di sostituzione nucleofila - Reazioni di eliminazione. Alogenuri di alchil-magnesio.

Alcooli. Preparazione e produzione industriale. Reazioni. Glicoli. Glicerolo.

Eteri. Epossidi e altri eteri ciclici.

Acidi monocarbossilici. Preparazione e produzione industriale. Reazioni.

Acidi bicarbossilici - Preparazione e produzione industriale. Reazioni. Sintesi malonica.

Alogenuri acilici. Anidridi degli acidi. Ammidi. Esteri. Grassi, saponi, detergenti.

Derivati funzionali dell'acido carbonico e dell'acido formico: urea, uretani, fosgene, clorocarbonati, acido cianidrico, acido cianico, cianammide.

Aldeidi e chetoni. Preparazione e produzione industriale. Reazioni di addizione nucleofila.

Ossidazione e riduzione. α -alogenazione. Condensazione aldolica e reazioni correlate.

Chetoacidi. β -chetoesteri, sintesi di Claisen. Sintesi acetacetica di acidi e di chetoni.

Idrossiacidi. Lattoni.

Ammine alifatiche e aromatiche. preparazione, Reazione delle ammine. Sali di diazonio e loro reazioni.

Fenoli. Acidità dei fenoli. Preparazione e produzione industriale. Reazioni.

Alogenuri arilici e loro reazioni. Sostituzione nucleofila aromatica.

Esercitazioni

Nel corso dell'anno gli studenti svolgeranno esercitazioni di laboratorio inerenti la preparazione di composti organici ed esercitazioni in aula sulla analisi e sintesi di composti organici.

Modalità d'esame

La valutazione sarà fatta sulla base di un esame sulla materia del corso e delle esercitazioni, tenendo conto anche del profitto mostrato durante le esercitazioni, accertato mediante colloqui, relazioni o altre prove svolte durante l'anno.

Libri consigliati

Il programma del corso può essere svolto su qualunque testo a livello universitario, tra i quali si citano:

R.T. Morrison e R.N. Boyd: Chimica organica, ed. Ambrosiana.

R. Fusco-G. Bianchetti e V. Rosnati: Chimica organica, ed. Guadagni, MI.

G. Bianchetti-V. Rosnati: Fondamenti di chimica organica, ed. Guadagni, MI.

G. Marc Loudon: Organic Chemistry, ed. Addison-Wesley, Pub. Co.

R.J. Fessenden e J.S. Fessenden: Chimica organica, ed. Piccin, PD.

D.S. Kemp e F. Velaccio: Chimica organica, ed. Zanichelli, BO.

Può risultare utile la consultazione di: P. Sykes: A Guidebook to Mechanism in Organic Chemistry, ed. Longman. Per le esercitazioni di laboratorio vengono fornite indicazioni specifiche di volta in volta. Una ampia raccolta di esercitazioni di laboratorio, con norme dettagliate per l'esecuzione delle reazioni, la preparazione di solventi e reattivi speciali, nonché istruzioni varie per operare correttamente in laboratorio, è pubblicata in: A.I. Vogel Chimica organica pratica, ed. Ambrosiana, Milano.

Nota agli studenti

Si raccomanda allo studente di evitare l'apprendimento mnemonico delle proprietà dei composti e di più o meno lunghe serie di reazioni che conducono alla loro formazione, ma di porre invece la massima cura ad individuare in ogni caso i fattori che determinano le predette proprietà e che governano le reazioni.

L'elevatissimo numero di reazioni che si incontrano in chimica organica, si riducono in realtà a pochi tipi fondamentali di reazioni che si svolgono secondo un numero limitato di meccanismi. La base di un corretto procedimento di studio è costituita dalla conoscenza della natura dei legami chimici e dall'apprendimento dei meccanismi di reazione.

Presupposto indispensabile è pertanto la buona conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Chimica ed assai utile è lo sviluppo che di questi viene dato nel corso di Chimica II.

CHIMICA ORGANICA II
Prof. Francesco MINISCI**AD0102***Programma d'esame***MECCANISMI DELLE REAZIONI ORGANICHE.**

- Metodi per determinarli - Correlazioni tra struttura e reattività - Cinetica e termodinamica - Postulato di Hammond - Equazione di Hammett.

OSSIDAZIONE DELLE SOSTANZE ORGANICHE CON OSSIGENO.

Autoossidazione - Antiossidanti - Catalisi.

METODI SELETTIVI DI OSSIDAZIONE E RIDUZIONE DEI COMPOSTI ORGANICI. STEREOCHIMICA.

Struttura e simmetria nelle molecole organiche - Geometria dei legami nelle molecole organiche - Principali gruppi di simmetria a cui appartengono le molecole organiche - Molecole dissimetriche e asimmetriche - Tipi di deformazioni molecolari ed energie connesse (spec. torsione) - Modelli molecolari.

Stereoisomeria - Tipi di isomeria strutturale, relazioni enantiomeriche e diastereoisomeriche - Attività ottica e sua origine - Variazione dell'attività ottica con la lunghezza d'onda, effetto Cotton - Purezza ottica - Relazione tra attività ottica e struttura, concetto di chiralità - Diastereoisomeri - Racemi - Racemizzazione - Stereoisomeria torsionale: isomeri conformazionali, conformazioni del cicloesano, atropoisomeria - Stereoisomeria dovuta ad atomi asimmetrici - Configurazione - Nomenclatura configurazionale - Isomeria torsionale in presenza di atomi asimmetrici: metilcicloesani e decaline - Cenno alla stereoisomeria nelle macromolecole: strutture primaria e secondaria - Separazione di enantiomeri e diastereoisomeri - Sintesi asimmetriche - Risoluzione cinetica - Configurazione assoluta e sua determinazione - Correlazione configurazionale con metodi chimici.

(F.D. Gunstone Introduzione alla Stereochimica - Zanichelli)

CARBOIDRATI.

Definizione e classificazione - Monosaccaridi - Struttura e configurazione del glucosio e fruttosio - Mutarotazione, Glucosidi - Disaccaridi: maltosio, cellobiosio, saccarosio - Polisaccaridi - Amido, amilosio, amilopectina - Funzione ed importanza in natura dell'amido e della cellulosa: loro utilizzazione industriale.

(R.T. Morrison e R.N. Boyd - Chimica Organica - Ambrosiana)

AMMINOACIDI E PROTEINE.

Struttura e configurazione degli amminoacidi naturali - Preparazione e reazione degli amminoacidi - Peptidi - Proteine: Metodi di indagine strutturale, metodi di sintesi, conformazione delle catene peptidiche. Bioproteine.

(R.T. Morrison e R.N. Boyd - Chimica Organica - Ambrosiana)

Lo studente interessato a maggiori informazioni può consultare K.D. Kopple - "Peptides and aminoacids" - Benjamin, New York 1966.

ENZIMI.

Caratteristiche delle reazioni enzimatiche. Cinetica. Uso degli enzimi nella sintesi organica. Specificità di substrato. Enantio-selettività. Ossido-riduttasi. Idrolasi. Applicazioni industriali.

COMPOSTI AROMATICI AD ANELLI CONDENSATI.

Classificazione, nomenclatura - Naftalene, struttura, reattività, derivati - Antracene e fenantrene: struttura, reattività, derivati, sintesi - Fonti industriali di questi composti.

(R.T. Morrison e R.N. Boyd - Chimica Organica - Ambrosiana)

COMPOSTI ETEROCICLICI.

Classificazione, nomenclatura - Composti eteroaromatici: furano, pirrolo, tiofene, piridina, chinolina, isochinolina: struttura, reattività, principali metodi di sintesi, fonti industriali - Composti eterociclici saturi.

(G. Illuminati e E. Baciocchi - Composti eterociclici - Veschi 1970)

FONTI DELLA LETTERATURA CHIMICA E NOMENCLATURA.

Fonti della letteratura chimica - Trattato di Beilstein e Chemical Abstracts e loro consultazione - Nomenclatura chimica organica: regole più semplici relative ai composti alifatici, aromatici ed eterociclici.

Esercitazioni

Le esercitazioni comprendono: problemi di Chimica Organica, esercizi di Analisi Spettrale ed uso della letteratura chimica.

Libri consigliati

I libri consigliati per i diversi argomenti sono indicati alla fine del rispettivo paragrafo.

COMBUSTIONE E GASDINAMICA DELLE MACCHINE**AK0123****Prof. Carlo ORTOLANI***Programma d'esame*

- 1. Chimica della combustione.** Cinetica chimica. Ordine di reazione e molecolarità, velocità di reazione; reazioni semplici, dirette, simultanee, a catena. Teorie della velocità di reazione. Limiti di esplosione.
- 2. Termodinamica chimica.** Calcolo della temperatura adiabatica di fiamma e della composizione di equilibrio.
- 3. Fondamenti di combustione omogenea ed eterogenea.** Processi di ignizione. Combustione laminare e turbolenta, detonazione e deflagrazione, fiamme premiscelate e diffusive. Meccanismi di propagazione dell'onda di combustione. Stabilizzazione della fiamma.
- 4. Combustione degli idrocarburi.** Ossidazioni a bassa e ad alta temperatura.
- 5. Inquinamento dovuto a fenomeni di combustione.** Formazione degli ossidi di azoto, del monossido di carbonio, dell'anidride carbonica, degli idrocarburi incombusti e dei composti dello zolfo.
- 6. Fenomeni di inquinamento da autoveicoli e legislazione relativa.** Sistemi di alimentazione. Ricircolazione del gas di scarico, reattori termici e catalitici, motori a carico stratificata a camera singola e doppia. Determinazione del rapporto di miscela. Combustibili alternativi.
- 7. Comportamento,** in relazione alle emissioni allo scarico, del motore Wankel, del motore a due tempi ad accensione comandata per impiego motociclistico, del motore Diesel per autotrazione e legislazione relativa.
- 8. Termodistruzione e legislazione relativa.**
- 9. Applicazioni industriali della combustione.**
- 10. Combustioni accidentali.**

Libri consigliati

U. Ghezzi, C. Ortolani: Combustione e inquinamento, Tamburini Editore, Milano 1974.

L.N. Khitrin: The Physics of Combustion and Explosion, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1962.

C. Ortolani, Combustione: fondamenti e applicazioni, CittàStudi, Milano, 1991.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE**AG0004**

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni)

Proff. Guido TARTARA, Emilio MATRICCIANI*Programma d'esame***1. Metodi di trasmissione.**

- 1.1** Modello di sistema di trasmissione lineare con rumore termico ed elettronico. Richiami sui segnali.
- 1.2** Trasmissione in banda base. Trasmissione con impulsi: interferenza intersimbolica e ricezione in presenza di rumore. Calcolo delle prestazioni.
- 1.3** Modulazione impulsiva codificata (PCM).
- 1.4** Trasmissione in banda passante. Metodi di modulazione in trasmissione numerica ed analogica; effetti delle caratteristiche del mezzo trasmissivo e del rumore; confronto tra sistemi di modulazione efficienti.
- 1.5** Problemi di sincronizzazione.
- 1.6** Segnali multipli: a divisione di frequenza, a divisione di tempo.
- 1.7** Elementi di teoria dell'informazione. Introduzione ai codici per la rivelazione e correzione degli errori.

2. Mezzi trasmissivi.

2.1 Mezzi trasmissivi ad onde guidate. Caratteristiche delle linee, diafonia, linee coassiali. Le fibre ottiche.

2.2 Mezzi trasmissivi ad onde irradiate. Spazio libero, e percorsi multipli.

3. Sistemi di trasmissione.

3.1 Sistemi radio: ponti radio, sistemi via satelliti, sistemi radiomobili.

3.2 Sistemi su fibra ottica.

4. Reti di comunicazione. Elementi introduttivi di traffico e commutazione.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche e sperimentali.

Modalità d'esame

L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

F. Carassa: Comunicazioni Elettriche, Ed. Bollati Boringhieri III ed.

COMUNICAZIONI ELETTRICHE**AG0228**

(per gli allievi di Ingegneria Informatica)

Prof. Stefano TUBARO

*Programma d'esame***1. L'analisi tempo/frequenza dei segnali.**

La serie di Fourier, sue proprietà ed esempi. La trasformata di Fourier e sue proprietà. Rappresentazione di segnali attraverso l'uso di funzioni ortogonali. La densità spettrale di potenza, autocorrelazione. Sistemi lineari, convoluzione, funzioni di trasferimento, loro rappresentazione attraverso la trasformata di Fourier. Segnali a banda limitata.

2. Campionamento e ricostruzione. La trasformata di Fourier per un segnale campionato, teorema del campionamento. Equivocazione nel tempo e nelle frequenze. Trasformata discreta di Fourier, legami con la trasformata Z. Filtri di ricostruzione. Richiami su: integrale/somma di convoluzione, poli e zeri nel continuo e nel discreto.

3. La trasmissione dell'informazione. Modello dei sistemi di comunicazione. Informazione e sorgenti. Quantità d'informazione: entropia delle sorgenti. Rappresentazione dell'informazione e codificazione efficiente: primo teorema di Shannon. La comunicazione numerica. Quantizzazione e codifica di segnali analogici campionati (PCM, DPCM), esempi. Ridondanza statistica e soggettiva. Codifica delle sorgenti, esempi: codici di Huffman, codici aritmetici (Elias, Pasco-Jones); basati su dizionario (Ziv-Lempel). Esempi di segnali: segnale vocale e televisivo. Multiplicazione a divisione di tempo di segnali numerici.

4. Il rumore. Natura fisica del rumore. Caratteristiche e rappresentazione. Richiami sui processi casuali e sulle loro caratteristiche. Rappresentazione nelle frequenze del rumore, densità spettrale di potenza. Esempi di sorgenti di rumore: termico, elettronico.

Informazione, rumore e canali di trasmissione: capacità di canale e secondo teorema di Shannon.
5. Tecniche di modulazione per la trasmissione. Cenni sulla modulazione analogica. Tecniche di modulazione numerica. Modulazione di ampiezza, di fase, di frequenza, modulazione composta. Sistemi di demodulazione coerenti e non coerenti. Esempi: modem per la trasmissione dati. Relazione fra rapporto segnale/rumore, banda e tempo di trasmissione. Capacità di trasmissione dei canali di comunicazione.

6. Tecniche di codifica di canale. Protezione dagli errori nella trasmissione ed in telematica. Rilevazione e correzione degli errori, codici di Hamming. Cenni sui codici a blocchi, codici ciclici e convoluzionali. Applicazioni.

7. Sistemi di telecomunicazione. Generalità sui rapporti fisici: sistemi radio (ponti radio, satelliti), sistemi in cavo ed in fibra ottica, loro caratteristiche e campi di applicazione.

Le reti di telecomunicazione. La rete telefonica. Il terminale d'utente, le centrali di commutazione ed i

sistemi di trasmissione a lunga distanza. Le reti di comunicazione fra calcolatori. Protocolli e livelli OSI. Esempi di telecomunicazione: le reti a commutazione di pacchetto (X25, Itapac), le reti locali (LAN) e le reti integrate (ISDN).

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche, settimanali.

Modalità d'esame

L'esame consisterà di una prova orale preceduta da una semplice prova scritta per l'ammissione.

Libri consigliati

F. Carassa: Comunicazioni Elettriche, Ed. Boringhieri, 1977, capitoli 11-20.

H. Taub, D.L. Schilling: Principles of Communications Systems, Second Edition, Mc Graw Hill Book Company.

A.B. Carlson : Communication Systems, Mc Graw Hill BookCompany.

S.Bellini: Elementi di Teoria dei Segnali, CLUP.

COMUNICAZIONI OTTICHE

AG0234

Prof. Mario MARTINELLI

Programma d'esame

Prima parte: la luce e le sue proprietà.

Introduzione alla rappresentazione meccanico quantistica della luce. Quantizzazione del campo e concetto di fotone. Lo stato di Fock e sua rappresentazione. Radiazione in equilibrio termico e statica di Boltzmann. La luce termica. Introduzione al laser e sua collocazione nelle comunicazioni ottiche. Processo di emissione spontanea e stimolata. Inversione di popolazione ed equazione di bilancio. L'amplificatore ottico ed il laser. Larghezza di riga laser e proprietà di coerenza. Lo "stato coerente" e la sua rappresentazione. Proprietà statistiche della luce coerente e della luce termica e loro riflesso sulla fotorivelazione. Lo stato di polarizzazione e la sua descrizione.

Seconda parte: la propagazione e la trasmissione della luce.

Equazione della propagazione. Modi di propagazione libera: i fasci Gaussiani. Modi di cavità amplificata: modi spaziali nei laser. Equazione generale della propagazione guidata. La rappresentazione nel diagramma di dispersione. Propagazione in simmetria cilindrica: fibre ottiche. Propagazione in simmetria cartesiana: slab. Condizioni di cut-off. Approssimazione di guida debole e modi LP. Fibre ottiche monomodo ed approssimazione Gaussiana. La tecnologia delle fibre ottiche. I fenomeni di attenuazione nelle fibre ottiche. I fenomeni di birifrangenza e la propagazione dello stato di polarizzazione. La dispersione nelle fibre ottiche: dispersione cromatica e da guida d'onda. Fibre ottiche speciali e componenti a fibra ottica. Interfaccia propagazione libera-propagazione guidata, processo d'urto e mode-coupling. Il concetto di banda di fibra ottica.

Terza parte: il sistema di comunicazione e commutazione ottica.

La fotorivelazione della luce e Power Spectral Density di un processo di Poisson. Valutazione della PSD nella rivelazione non coerente. Valutazione del SNR nella rivelazione non-coerente. Valutazione del PSD nella rivelazione coerente. Valutazione del SNR nella rivelazione coerente. Condizioni di coerenza spaziale. Condizioni di coerenza temporale. Architetture del sistema di comunicazione ottica. Distribution Networks e Local Area Networks. La propagazione di un impulso in fibre ottiche in presenza di dispersione del II e III ordine. Progetto del sistema di comunicazione ottica: Power Budget e Rise-Time Budget. Esempi realizzati di reti di comunicazioni a fibra ottica. Il sistema di comunicazione ottica multicanale: tecniche e classificazione. Time division multiplexing. Frequency division multiplexing. Componenti speciali e problematiche di cross-talk nel frequency division multiplexing. Code division multiplexing. Il sistema di comunicazione ottica coerente. Formati di modulazione. Il Bit Error Rate. La problematica del controllo dello stato di polarizzazione. Gli amplificatori a fibra ottica e la valutazione del loro SNR. Impiego degli amplificatori a fibra ottica nella catena di trasmissione. Proprietà non-lineari delle fibre ottiche ed equazione non-lineare di Schrodinger. Generazione e propagazione di solitoni. Trasmissione di solitoni nei sistemi avanzati di comunicazione ottica.

Testi consigliati

R. Loudon: The quantum Theory of light, Oxford University Press, 1982 (2nd Edition).

D. Marcuse: Light transmission optics, Van Nostrand, 1982 (2nd Edition).

Reprinted by Krieger Publishing Company, 1989

R.M. Gagliardi and S. Karp: Optical Communications, John Wiley & Sons, 1976.

G.P. Agrawal: Fiber-optic communication system, John Wiley & Sons, 1992.

Il corso sarà inoltre integrato da Dispense a cura del docente.

CONTROLLI AUTOMATICI**AG0222****Proff. Guido GUARDABASSI, Nicola SCHIAVONI***Programma d'esame***1. Introduzione.**

1.1 Il problema del controllo.

1.2 Sistemi di controllo in anello aperto e in anello chiuso: incertezza e retroazione. Compensazione di un disturbo.

1.3 Aspetti generali. Impostazione "classica" e impostazione "moderna". Scomposizione euristica e disaccoppiamento. Controllo decentralizzato (cenni).

1.4 Controllo nell'intorno di una condizione di equilibrio.

1.5 Controllo "robusto", adattativo, gerarchico (cenni).

1.6 Tecnologia del controllore e strumentazione.

2. Controllori industriali e metodi empirici.

2.1 Controllori "lineari" di tipo PID.

2.2 Controllori non lineari a commutazione.

2.3 Metodi empirici per la taratura di parametri.

3. Teoria classica del controllo: sistemi lineari a tempo continuo.

3.1 Sistemi di controllo semplici (monovariabili). Struttura di base. Valutazione delle prestazioni.

3.2 Analisi del comportamento dinamico (forma e durata dei transitori). Stabilità: analisi nello spazio dei parametri, luogo delle radici, criterio di Nyquist, criterio di Bode. Precisione: smorzamento equivalente e rapidità di risposta; disturbi sulla linea d'andata, o su quella di retroazione.

3.3 Analisi del comportamento asintotico ("a transitorio esaurito"). Precisione "statica". Disturbi periodici.

3.4 Progetto per tentativi "nel dominio della frequenza": struttura libera o vincolata (PID).

3.5 Progetto di sistemi di controllo ad architettura complessa. Controllo multivariabile (cenni).

4. Elementi di controllo digitale.

4.1 Sistemi di controllo a segnali campionati.

4.2 Campionamento e tenuta: analisi "nel dominio del tempo o della frequenza".

4.3 Realizzazione digitale di controllori analogici. Controllori digitali di tipo PID.

4.4 Progetto "a tempo discreto" di controllori digitali.

4.5 Controllo multivariabile: elementi di progetto nello spazio di stato (assegnamento dei poli, ottimizzazione parametrica).

5. Sistemi di controllo non lineari.

5.1 Oscillazioni permanenti; il metodo della funzione descrittiva, il metodo di Zipkin.

5.2 Il problema di Luré: una condizione necessaria, congetture di Aizerman e di Kalman, criterio di Popov, criterio del cerchio.

Esercitazioni

A illustrazione e complemento degli argomenti svolti a lezione, è previsto lo svolgimento di esercitazioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta seguita da un breve colloquio teso a valutare con maggior precisione, ovunque necessario, il grado di preparazione dell'allievo.

Su esplicita richiesta dell'allievo, l'esame può anche consistere in una prova esclusivamente orale.

Libri consigliati

- G. Guardabassi: Controlli Automatici, Parte I, CLUP, II Ed., 1990.
 S. Bittanti, N. Schiavoni: Modellistica e Controllo, Vol. II, CLUP, 1979
 G. Guardabassi: Elementi di controllo digitale, CLUP, II Ed., 1990.
 G. Guardabassi: Sistemi di controllo non lineari: fondamenti, (in preparazione).
 S. Bittanti, G. Guardabassi: Controlli Automatici: Esercizi, CLUP, 1976.

Per l'approfondimento della materia, possono essere utilmente consultati i testi seguenti:

- G.F. Franklin, A. Emami-Naeini: Feedback control of dynamic systems, Addison-Wesley, 1986.
 K.J. Astrom, B. Wittenmark: Computer controlled systems: theory and design, Prentice-Hall, 1984.
 J.C. Hsu, A.U. Meyer: Modern control principles and applications, McGraw-Hill, 1968.
 D.P. Atherton: Nonlinear Control Engineering, Van Nostrand, 1975.
 D.D. Siliak: Nonlinear systems: the parameter analysis and design, Wiley, 1969.
 M.G. Singh (Editor): Systems and control encyclopedia: theory, technology, applications, Voll. 1-8, Pergamon, 1987.

Nota agli Studenti

Coloro che non avessero potuto seguire con assiduità le lezioni e le esercitazioni sono invitati a prendere contatto con il docente prima di iniziare la preparazione dell'esame.

CONTROLLO DEI PROCESSI

Prof. Claudio MAFFEZZONI

AG0034*Programma d'esame*

1. Funzioni principali e struttura tipica di un sistema per il controllo di un processo industriale.
 - Approccio al progetto di un sistema per il controllo (gerarchico) di un processo a molte variabili regolate.
 - Ruolo dell'analisi dinamica.
2. Concetti generali di modellistica dei processi.
3. Fondamenti di modellistica dinamica dei processi a fluido: equazioni fondamentali della termodraulica a parametri distribuiti e concentrati. Richiami di termodinamica dei processi.
4. Dinamica dei processi a fluido elementari:
 - processi idraulici, con applicazione a problemi di controllo di livello, all'analisi dinamica delle condotte forzate e al funzionamento delle valvole regolanti;
 - processi pneumatici, con applicazione a circuiti costituiti da condotti, valvole, serbatoi, ugelli e macchine rotanti;
 - processi termici monofasi: analisi dell'influenza dei processi di trasmissione del calore sulla dinamica di processo; modellistica e analisi dinamica degli scambiatori di calore, con applicazione a problemi di controllo della temperatura;
 - processi termici bifase: principi di base del moto bifase; applicazione al caso delle cavità.
5. Alcuni casi applicativi:
 - 5.1 Regolazione di velocità delle turbine idrauliche (cenni).
 - 5.2 Analisi dinamica e controllo di ricevitori solari ad alta temperatura (con accento sui fenomeni a fase non minima).
 - 5.3 Analisi dinamica dei generatori di vapore:
 - organizzazione del processo in sottoprocessi e loro interazione;
 - dinamica della pressione e accumulo di energia;
 - dinamica del livello nei generatori a circolazione;
 - dinamica della temperatura (cenni).
 - 5.4 Controllo dei generatori di vapore (con accento sui problemi di disaccoppiamento, compensazione dei disturbi, controllo in cascata, gain scheduling,...):
 - controllo di potenza-pressione: schema caldaia-segue;
 - controllo di livello: schema a tre elementi;
 - controllo di temperatura: schema in cascata.

- 5.5** Controllo di velocità dei turboalternatori a vapore, con cenni al controllo secondario di frequenza-potenza:
- obiettivi del controllo e interconnessione nel sistema elettrico;
 - calcolo della potenza meccanica in turbina con ciclo Rankine a risurriscaldamento;
 - un modello semplificato della macchina sincrona interconnessa alla rete;
 - progetto del regolatore primario di velocità;
 - cenni alla regolazione secondaria della frequenza.

Esercitazioni

Vengono sviluppati alcuni semplici esercizi di modellistica, dinamica e controllo di processi elementari.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta.

Libri consigliati

Per le parti 1,2:

G. Quazza: Controllo di Processi, vol. I, CLUP, Milano, 1979.

Per la parte 3:

E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione ai fenomeni di trasporto, CLUP, Milano, 1980.

E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione alla termodinamica tecnica, CLUP, Milano, 1982.

V. Kecman: State-space models of lumped and distributed systems, Springer-Verlag (Lecture Notes in Control and Information Sciences), 1988.

Per la parte 4:

G. Quazza: Controllo dei processi, vol. I, CLUP, Milano, 1979.

V. Kecman: State-space models of lumped and distributed systems, Springer-Verlag (Lecture Notes in Control and Information Sciences), 1988.

C. Maffezzoni: Dinamica dei processi bifase: il caso delle cavità, CLUP, Milano, 1988.

Per la parte 5:

C. Maffezzoni: Controllo di ricevitori solari ad alta temperatura, CLUP, Milano, 1987.

C. Maffezzoni: Dinamica dei generatori di vapore, Masson, Milano, 1989.

C. Maffezzoni: Controllo dei generatori di vapore, Masson, Milano, 1990.

G. Ferretti, C. Maffezzoni: Controllo di velocità dei turboalternatori, CLUP, Milano, 1990.

Nota

Nel corso dell'anno potranno essere disponibili dispense integrative o sostitutive riguardanti alcune parti del corso.

CONTROLLO DELLE VIBRAZIONI E DEL RUMORE

AR0101

Prof. Nicolò BACHSCHMID

Programma d'esame

1. Vibrazioni meccaniche.

- 1.1** Sistemi ad 1 grado di libertà lineari e non lineari.
Moto libero e forzato. Forzanti armoniche, impulsive e periodiche. Forzanti random. Richiami di analisi dei segnali random.
- 1.2** Sistemi a 2-n gradi di libertà. Analisi modale
- 1.3** Sistemi continui: Soluzione propagatoria ed onde stazionarie. Analisi modale.
 - 1.3.1** Vibrazioni longitudinali di aste e trasversali di funi.
 - 1.3.2** Vibrazioni flessionali di travi e piastre.
 - 1.3.3** Cenni al metodo degli elementi finiti.
- 2. Controllo delle vibrazioni.**
 - 2.1** Cause eccitatrici e loro riduzione: equilibramento delle azioni d'inerzia.
 - 2.2** Riduzione della trasmissione delle forze: il concetto della fondazione sospesa (su terreno o sui tasselli elastici).

- 2.3 Mezzi per ridurre le vibrazioni (in risonanza): modifiche strutturali, introduzioni di smorzamento, assorbitore dinamico. Controllo attivo.
- 2.4 Misure di vibrazioni e normative.
- 3. **Acustica e sorgenti di rumore.**
- 3.1 Acustica fisiologica.
- 3.2 Sorgenti sonore e propagazione delle onde acustiche.
- 3.3 Sorgenti di rumore di natura strutturale (structure borne sound). Emissione acustica di pannelli vibranti.
- 3.4 Sorgenti di rumore di natura aerodinamica (aerodynamic sound).
- 4. **Acustica ambientale.**
- 4.1 Riflessione, trasmissione ed assorbimento di una parete. Tempo di riverbero.
- 4.2 Potere fonoisolante di una parete.
- 4.3 Cenni sul controllo attivo del rumore.
- 4.4 Strumenti di misura ed elaborazione dei segnali.
- 4.5 Valutazione del rumore ambientale e normative.

Esercitazioni

Il corso prevede una serie di esercitazioni pratiche ad illustrazione e completamento degli argomenti svolti a lezione.

Libri consigliati

William T. Thomson: Vibrazioni meccaniche, Tamburini editore.

Remigio Ruggeri: Controllo del rumore negli ambienti di lavoro, CLUP.

M.P. Norton: Fundamentals of noise and vibration analysis for engineers, Cambridge University Press.

Dispense integrative.

CONVERSIONE DELL'ENERGIA **Prof. Ennio MACCHI**

AK0108

Programma d'esame

1. Classificazione e caratteristiche delle fonti di energia:

Fonti di energia utilizzabili per la generazione di energia meccanica/elettrica: fonti primarie e secondarie, energia nucleare, prospettive e linee evolutive internazionali a breve, medio e lungo termine.

2. Metodologie di analisi dei cicli di potenza:

Analisi termodinamiche:

principi generali dell'analisi entropica, applicazione ai cicli chiusi, scelta delle sorgenti e dei pozzi di calore di riferimento, cicli reversibili (Carnot, Lorenz), cicli reali, produzione di entropia nei componenti statici e dinamici; analisi exergetica dei cicli aperti, produzione di entropia nei processi in cui avvengono reazioni chimiche, bilanci di exergia chimica e fisica. Esempi applicativi ai cicli di potenza convenzionali (Rankine, Brayton).

Criteri di ottimizzazione dei parametri progettuali e operativi di una centrale:

ottimizzazioni di tipo termodinamico (massimazione rendimento e/o lavoro specifico, minimizzazione produzione di entropia, alle condizioni nominali e a carichi variabili) e di tipo tecnico-economico (minimizzazione del costo del kWh); criteri preliminari di scelta fra varie tipologie impiantistiche, costi fissi e costi variabili di una centrale termoelettrica, indicatori economici, analisi di sensibilità.

Valutazione di impatto ambientale di una centrale termoelettrica:

emissioni gassose, reflui, scarichi solidi, rumore, inquinamento termico.

3. Fluidi di lavoro e combustibili per cicli di potenza:

gas perfetti con molecole mono, bi, tri e poliatomiche, gas reali, principio degli stati corrispondenti, metodi approssimati per il calcolo delle proprietà termodinamiche dei gas reali, dei vapori e dei liquidi, curva di Andrews, applicazione dell'elaboratore elettronico alla ricerca delle equazioni di stato; combustibili gassosi, liquidi e solidi.

4. Componenti degli impianti di conversione dell'energia:Turbomacchine:

criteri generali di dimensionamento delle turbomacchine; legami fra le caratteristiche del fluido di lavoro, le dimensioni e le prestazioni; legami fra rendimento e caratteristiche geometriche e fluidodinamiche; metodologie di ottimizzazione nella scelta del regime di rotazione, dei triangoli delle velocità e della geometria di una turbomacchina.

Scambiatori di calore:

classificazione e criteri generali di dimensionamento; scambiatori compatti, superfici estese, criteri di selezione delle matrici di scambio; influenza del tipo di processo e della natura del fluido sull'architettura dello scambiatore; derivazione del legame fra potenza meccanica necessaria al moto dei fluidi, potenza termica e caratteristiche operative e funzionali.

Combustori:

caratteristiche e principi di funzionamento dei combustori a basso NO_x per generatori di vapore e per turbine a gas.

5. Centrali a vapore:Linee di tendenza per le moderne centrali termoelettriche a vapore:

cicli avanzati (ipercritici ad alta temperatura, con doppio surriscaldamento): problemi termodinamici e problemi tecnologici; centrali a polverino di carbone, a olio combustibile, a gas naturale, centrali poli-combustibile. Caldaie a letto fluido, bollenti e riciccolanti.

Cicli a vapore per centrali nucleari (BWR e PWR):

cicli saturi o leggermenti surriscaldati. Aspetti termodinamici, fluidodinamici e tecnologici.

Cicli di vapore per centrali geotermiche:

per fluidi geotermici ad alta, media e bassa entalpia.

Cicli binari e ternari:

metalli liquidi, fluidi organici.

6. Turbine a gas e cicli combinati gas/vapore per generazione stazionaria di energia:

Stato dell'arte e linee evolutive delle turbine a gas:

macchine industriali e di derivazione aeronautica; materiali ad alta temperatura e raffreddamento delle palettature: aspetti termodinamici e tecnologici. Modifiche al ciclo semplice: interrefrigerazione, ricombustione, rigenerazione.

Cicli combinati gas vapore:

analisi termodinamica dei possibili schemi di impianto, con e senza postcombustore. Ottimizzazione del ciclo a vapore sottoposto, a uno e più livelli di pressione; organizzazione della caldaia a recupero.

Cicli misti gas/vapore:

cicli a iniezione di vapore (STIG), cicli a iniezione d'acqua, cicli ad aria umida (HAT).

Ripotenziamento di centrali a vapore esistenti con turbine a gas:

possibilità impiantistiche e problematiche termodinamiche.

Cicli chiusi a gas:

prospettive, stato dell'arte, vantaggi e svantaggi rispetto ai cicli aperti; analisi termodinamica generale, influenza del fluido di lavoro su turbomacchine e scambiatori di calore, effetti di gas reale.

7. Generazione di energia da processi di gassificazione:

Tecnologie di gassificazione:

classificazione, principi di funzionamento, aspetti termodinamici e tecnologici, stato dell'arte e prospettive. Applicazioni alla gassificazione del carbone, dei residui di raffineria e della biomassa.

Integrazione gassificazione/ciclo combinato;

Aspetti termodinamici, bilanci energetici ed exergetici.

Cicli per recupero di calore a temperatura variabile e per sorgenti a bassa temperatura:

cicli a vapore, motori a fluido organico.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni, con elaborati sviluppati da gruppi di allievi; nello svolgimento di alcune esercitazioni si farà uso di strumenti informatici in dotazione al Dipartimento di Energetica; saranno effettuate alcune visite a centrali termoelettriche e ad industrie del settore. È offerta la possibilità di svolgere tesi ed elaborati di laurea su argomenti attinenti al Corso; in tale attività gli

Allievi saranno direttamente seguiti dal Docente o da personale interno del Dipartimento di Energetica.

Libri consigliati

Dispense del Corso.

M.M. El Wakil Nuclear power engineering, McGraw-Hill, New York;

G.A. Gaffert Steam power stations, McGraw-Hill, New York;

E.F. Church Steam Turbines, McGraw-Hill, New York.

CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI

AE0102

Prof. Pietro PEDEFERRI

Programma d'esame

Corrosione.

Aspetti generali. Danni diretti e indiretti. Conseguenze economiche, funzionali, strutturali. Affidabilità e sicurezza. La corrosione a umido dei materiali metallici. Meccanismo elettrochimico. Aspetti termodinamici. I diagrammi potenziale/pH. Cinetica dei processi anodici. Fenomeni di passivazione e condizioni di passività. Cinetica dei processi catodici. La riduzione di ossigeno. Lo sviluppo di idrogeno. Leggi di funzionamento dei sistemi di corrosione. Sistemi polielettrodici. Distribuzione dei processi corrosivi. Fattori principali: il metallo, l'ambiente, i prodotti di corrosione. Forme tipiche di corrosione: uniforme, per contatto galvanico, in fessura, per vaiolatura, attacco selettivo, intergranulare, per turbolenza, abrasione, cavitazione, per sfregamento, sotto tensione, a fatica, danneggiamento da idrogeno, corrosione biologica, da correnti disperse.

La corrosione a secco. Corrosione in sali fusi ed in metalli fusi.

La corrosione dei materiali ceramici, vetrosi, lapidei e cementizi. Il degrado chimico, fisico, biologico del calcestruzzo e la corrosione delle armature nelle opere in cemento armato.

Il degrado dei materiali polimerici: chimico, fotochimico, biologico, termico.

La corrosione dei materiali compositi.

I metodi di studio, di prova, di ispezione, di diagnosi, di monitoraggio dei fenomeni corrosivi. Metodi di misura della velocità di corrosione. Metodi di prova e di controllo del comportamento corrosivistico dei materiali di laboratorio e in campo. Interpretazione ed utilizzo dei risultati delle prove. Determinazione dell'aggressività ambientale.

Prevenzione.

Il costo della prevenzione.

Gli interventi sul materiale. L'alligazione nobilitante, passivante, stabilizzante dei materiali metallici.

I trattamenti protettivi superficiali. La preparazione delle superfici. I rivestimenti metallici, I principali metodi di applicazione. I rivestimenti organici. I meccanismi di protezione e di degrado delle pitture. Gli strati di conversione e i rivestimenti inorganici.

Gli interventi sull'ambiente. Controllo del Ph, tenore di ossigeno, composizione, temperatura. Gli inibitori di corrosione.

La protezione elettrica. La protezione anodica. La protezione da correnti disperse. La prevenzione in sede di progetto, costruzione e gestione. I criteri di scelta e di progettazione dei sistemi di protezione.

I criteri di scelta dei materiali. Il comportamento alla corrosione delle principali famiglie di materiali metallici, organici ed inorganici. Materiali per alta temperatura.

L'applicazione dei sistemi informatici nel campo della prevenzione: banche dati, sistemi esperti di controllo dei sistemi di protezione.

Corrosione e protezione in ambienti e/o applicazioni specifiche.

La corrosione e la protezione delle strutture metalliche ed in cemento armato negli ambienti naturali: atmosfera, acque, terreni (fenomenologia, cause, valutazione, prevenzione, ripristino).

Inoltre uno degli argomenti seguenti: corrosione e protezione nei settori 1. edilizio, 2. energetico; 3. nucleare; 4. petrolchimico; 5. chimico; 6. alimentare; 7. marino; 8. aeronautico, 9. automobilistico, 10. dei sistemi elettrici e dei dispositivi elettronici; 11. bioingegneristico, 12. delle opere d'arte.

Libri consigliati

P. Pedeferrì: Corrosione e protezione dei materiali metallici, CLUP, Milano.

P. Pedferri: Corrosione e protezione delle strutture metalliche e in cemento armato negli ambienti naturali, CLUP, Milano.

Per le parti non coperte dai volumi sopra indicati saranno fornite delle dispense.

CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI **Prof. Gabriele SALVAGO**

AE0016

Programma d'esame

1. **Corrosione a secco.** Fattori termodinamici. Meccanismo e cinetica. Materiali resistenti ad alta temperatura.
2. **Corrosione a umido.** Meccanismo elettrochimico dei fenomeni di corrosione. Aspetti stechiometrici. Varie espressioni della velocità di corrosione. Aspetti termodinamici. Diagrammi di Pourbaix. Aspetti cinetici. Sovratensione di idrogeno e d'ossigeno. Passivazione e passività. Controllo cinetico dei processi corrosivi. Leggi di funzionamento dei sistemi galvanici bielettrodi. Sistemi polielettrodi. Distribuzione dei processi corrosivi.
3. **Teoria delle tensioni miste.** Processi elettrodi concorrenti. Tensione elettrodi mista e velocità di corrosione. Tensione elettrodi mista di un elettrodo non omogeneo a contatto con una soluzione aggressiva non omogenea. Applicazioni della teoria delle tensioni miste.
4. **Fattori principali nei fenomeni corrosivi.** Fattori relativi al materiale metallico. Fattori relativi all'ambiente. Fattori relativi sia al materiale metallico che all'ambiente.
5. **Metodi di prevenzione e protezione.** Interventi sul materiale metallico e sull'ambiente. Rivestimenti metallici e non metallici. Inibitori di corrosione. Protezione catodica. Protezione anodica.
6. **Forme tipiche di corrosione.** Corrosione uniforme. Corrosione per contatto galvanico. Corrosione in fessura. Corrosione per vaiolatura. Attacco selettivo. Corrosione intergranulare. Corrosione sotto tensione. Corrosione e fatica. Danneggiamento da idrogeno. Corrosione per turbolenza, abrasione, cavitazione. Corrosione per sfregamento.
7. **Corrosione in ambienti particolari.** Corrosione atmosferica. Corrosione in acque dolci, di mare. Corrosione delle strutture interrate. Corrosione per correnti disperse. Corrosione biologica. Corrosione in ambienti aggressivi tipici dell'industria chimica e petrolchimica.
8. **Metodi di prova e di controllo.** Prove tipo di laboratorio, di controllo e di collaudo, di servizio. Metodi elettrochimici per la determinazione della velocità di corrosione. Monitoraggio degli impianti industriali.
9. **Affidabilità e sicurezza.** Danni diretti e indiretti. Prevenzione della corrosione in sede di progetto. Costruzione e gestione degli impianti.

Esercitazioni

Prove di corrosione con metodi tradizionali ed elettrochimici. Esame di casi pratici di corrosione.

Libri consigliati

P. Pedferri: Corrosione e protezione dei materiali metallici, CLUP 1978.

COSTRUZIONI DI APPARECCHI ELETTRICI **Prof. Franco PARDINI**

AH0002

Programma d'esame

Il corso tratta la teoria, la costruzione, l'applicazione degli apparecchi elettromeccanici.

Parte I - Materiali (caratteristiche - applicazioni).

Materiali da costruzione specificamente utilizzati negli apparecchi elettrici:

- materiali isolanti (materiali plastici, ceramici, olii);
- **contatti elettrici;**
- bimetalli;
- **materiali magnetici;**
- Natura, composizione, proprietà, caratteristiche tecniche.

- Dati e tabelle di utilizzazione.

Parte II - Interruttori.

Concetto, definizione, funzione specifica dell'interruttore - Chiusura e interruzione di circuiti mediante "l'interruttore ideale" - Correnti e tensioni transitorie nel punto di installazione dell'interruttore causate dalla sua operazione - Legge generale di svolgimento dei fenomeni - Circuiti a resistenza e induttanza, a resistenza e capacità, a resistenza, induttanza e capacità.

Concetto di grandezza caratteristica nominale (di un apparecchio) - **Grandezze e parametri caratteristici dell'interruttore: definizioni e prove per la loro assegnazione.**

Cenno sull'evoluzione dei mezzi d'interruzione di un circuito elettrico.

La scarica elettrica nei gas - Scarica non autoalimentata e scarica autoalimentata.

L'arco elettrico: struttura, proprietà fisiche, bilancio energetico - Processi ionizzanti e deionizzanti. Interruzione di circuiti ohmici, induttivi e capacitivi, in corrente continua e in corrente alternata.

Mezzi impiegati per facilitare l'interruzione dell'arco: interruzione in bassa tensione, in media tensione, in alta tensione - **Strutture tipiche dell'interruttore.**

Parte III - Apparecchi di Manovra - Concetto e funzioni dell'apparecchio di manovra.

Apparecchi di manovra ausiliari e principali.

Il contattore quale apparecchio tipico di manovra - Grandezze e parametri caratteristici - Struttura e tipi costruttivi - Categorie di applicazione.

L'elettromagnete quale organo di azionamento a distanza, di azionamento e misura nel contattore, nei relè, negli interruttori - Bilancio energetico nell'elettromagnete e procedimento grafico generale per la valutazione della forza sviluppata - Analisi e calcolo di circuiti magnetici contenenti ferro e aria - Calcolo delle permeanze dei tratti di circuito in aria fra materiali ad alta permeabilità - Valutazione analitica della forza nell'elettromagnete - Modellamento della curva forza-corsa - Avvolgimento di eccitazione - Forme costruttive dell'elettromagnete e loro applicazione.

Procedimento di calcolo di elettromagneti alimentati in corrente continua e in corrente alternata.

Altri organi di azionamento del contattore (cenni).

Contattori per media tensione (cenni).

Dispositivi a contattore (cenni).

Parte IV - Relè (protezioni elettriche).

Concetto e funzioni del relè quale **organo ausiliario o organo di misura e protezione.**

Campi di applicazione - Classificazione, grandezze e parametri caratteristici.

Guasti sugli impianti elettrici e mezzi di prevenzione e protezione impiegati.

Relè di protezione Requisiti fondamentali - Struttura - Elemento di misura (organo motore): tipi costruttivi e aspetti funzionali e applicativi, vantaggi e svantaggi dei vari tipi di motore.

Relè a una o più grandezze agenti: organi motori, caratteristiche di funzionamento, elementi di progetto.

Relè direzionali in corrente continua e in corrente alternata.

Equazione generale della forza (o coppia) agente nei relè di protezione.

I contatti elettrici nei relè.

Categorie di relè protettivi, principi di funzionamento, applicazioni: relè di sovracorrente, relè a squilibrio di corrente, relè differenziali di corrente, relè direzionali, relè a impedenza (significato di "impedenza vista dal relè" e dei termini di "sovrallimite" e "sottolimite") - **Principi di coordinamento selettivo** nella protezione di circuiti in alta e bassa tensione.

Esercitazioni

Consistono in elementari esercizi applicativi della materia trattata nel corso ed inoltre comprendono il progetto di un apparecchio elettromeccanico. - Sia gli esercizi, sia il progetto sono impostati in collaborazione con il Professore. - Il progetto e gli esercizi selezionati devono ricevere il visto di approvazione da parte del Professore, entro un termine fissato.

Modalità d'esame

L'allievo deve presentarsi all'esame con il testo del progetto di un apparecchio elettromeccanico e degli esercizi selezionati suddetti, svolti durante le esercitazioni, portanti il visto di approvazione. - L'esame è orale.

Libri consigliati

Sono disponibili le dispense del corso. - Per un maggior approfondimento della materia possono essere consultati i libri segnalati nella prefazione al testo delle dispense.

COSTRUZIONE DI MACCHINE**AR0007**

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica)

Prof. Paolo CLERICI*Programma d'esame***1. IL COMPORTAMENTO DEI MATERIALI.****1.1. Il comportamento dei materiali sotto sollecitazioni semplici.**

Il comportamento dei materiali sollecitati staticamente a trazione, compressione, flessione e torsione: influenza dei principali parametri di prova. Cenni sul comportamento dei materiali sollecitati impulsivamente. Il comportamento dei materiali sotto sollecitazioni semplici di fatica a basso ed alto numero di cicli: dispositivi per le prove e risultati sperimentali; influenza dei principali parametri di prova. Aspetti statistici della resistenza a fatica. Il comportamento dei materiali sollecitati da forze o da deformazioni perduranti nel tempo: scorrimento e rilassamento; risultati sperimentali e loro elaborazione nelle forme più adatte per la soluzione dei problemi applicativi. Le principali caratteristiche dei materiali (acciai, leghe leggere, materiali compositi), influenza dell'ambiente.

1.2 Aspetti applicativi della meccanica dei solidi.

Complementi di meccanica dei solidi: analisi dello stato di sforzo e dello stato di deformazione. La meccanica dei solidi elastici isotropi: complementi di teoria della elasticità; aspetti energetici; metodi generali di impostazione e soluzione con applicazioni ai casi più frequentemente ricorrenti negli elementi delle macchine. Collaborazione plastica. Instabilità dell'equilibrio elastico. Cenni sulla meccanica dei solidi isotropi plastici. Cenni sulla meccanica dei solidi ortotropi.

1.3. Il cedimento dei materiali.

Aspetti fenomenologici del cedimento dei materiali e loro correlazione col tipo di sollecitazione impressa al materiale. Il cedimento dei materiali sotto sollecitazioni composte di tipo statico, principali criteri di resistenza e loro correlazione con i risultati sperimentali delle prove statiche. Il cedimento dei materiali sotto sollecitazioni composte di fatica: considerazioni generali, risultati sperimentali e criteri di verifica a basso ed alto numero di cicli. Cenni sul cedimento dei materiali dovuto a sollecitazioni perduranti di tipo composto. Elementi di meccanica della frattura.

1.4. La resistenza degli elementi delle macchine.

Considerazioni generali sulla scelta dei materiali. Determinazione dei limiti di impiego dei materiali, sforzi ammissibili in relazione alle condizioni di funzionamento. Considerazioni generali sulla forma degli elementi delle macchine. I fattori che influenzano la resistenza (geometria, finitura superficiale, dimensione). Le verifiche di resistenza.

2. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DI ALCUNI ELEMENTI DELLE MACCHINE.

Criteri generali per lo studio della progettazione e del calcolo delle macchine. Elementi di collegamento: viti, bulloni, chiodature, saldature, collegamenti forzati. Cuscinetti a rotolamento. Organi per la generazione e la trasmissione del moto rotatorio: ruote dentate. Alberi, assi. Manovelle di estremità Dischi rotanti. Organi per il contenimento dei fluidi: recipienti cilindrici a forte e debole spessore. Fondi piani e curvi. Collegamenti a flangia. Guarnizioni.

Esercitazioni

Sarà svolto un corso di esercitazioni comprendenti un certo numero di problemi relativi ad elementi semplici di macchina. Ciascun esercizio sarà spiegato nella prima ora di esercitazione, per una o più settimane; esso sarà svolto nelle ore successive a disposizione, con assistenza in aula. Visite nel laboratorio del Dipartimento di Meccanica avranno lo scopo di mostrare le modalità di caratterizzazione dei materiali e la determinazione sperimentale degli stati tensionali in elementi meccanici.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una parte scritta ed in una parte orale. La parte scritta, della durata di 2 ore, verte sullo svolgimento di un esercizio analogo a quelli svolti durante il corso di esercitazione. La parte scritta si tiene all'inizio dell'appello di esame scelto dal candidato. Tutti gli allievi che sostengono la parte scritta sono ammessi all'orale che inizia con la discussione dell'elaborato. Gli allievi che, superando una prova scritta verso il termine delle esercitazioni, dimostrano una conoscenza sufficiente degli argomenti svolti ad esercitazione, sono esonerati dalla parte scritta dell'esame, se questo è sostenuto entro la prima sessione del successivo anno accademico.

Libri consigliati

- Bertolini I., Bazzaro E.: Lezioni di costruzione di macchine - Resistenza dei materiali, II edizione, Masson Italia Editori, Milano, 1983.
 Bernasconi G.: Lezioni di costruzioni di macchine, CLUP, Milano, 1984.
 Fuchs A., Stephens R.: Metal Fatigue in Engineering, Wiley and Sons, 1980.
 Juvinal R., Marshek K.: Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine, Edizioni ETS, 1993.
 Massa E., Bonfigli L.: Costruzione di Macchine, Vol. 1, Masson Italia Editore, Milano, 1979.
 Massa E.: Costruzione di Macchine, Vol. 2, Masson Italia Editore, Milano, 1979.

COSTRUZIONE DI MACCHINE**AR0009**

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica indir. costr., veicoli, gener., mat.)

Prof. Angelo TERRANOVA*Programma d'esame***IL COMPORTAMENTO DEI MATERIALI E SUOI RIFLESSI SUL PROGETTO E LA VERIFICA DEGLI ORGANI DELLE MACCHINE**

Sotto carichi statici (ricavabile cioè da prove "rapide") - di trazione e di compressione: forma del provino, definizione delle principali caratteristiche meccaniche, sforzi veri e deformazioni naturali, leggi costitutive - in particolare legge di Hollomon -, effetto della velocità di deformazione, effetto dell'alta e della bassa temperatura [I, cap. 2 e appendice A; II, cap. 8];

- di flessione: elastica, non elastica e con materiali a comportamento dissimmetrico a trazione e compressione, effetto di collaborazione, tensioni e deformazioni residue [II, cap. 14];

- di torsione (elastica e non elastica): legame tra gli sforzi tangenziali e gli scorrimenti ricavato dal diagramma momenti torcenti-angoli di rotazione, collaborazione plastica, tensioni e deformazioni residue [IV, appendice I];

- di taglio in campo elastico (richiami dall'insegnamento di Scienza delle Costruzioni).

In presenza di concentrazione di sforzi - effetto di forma o di intaglio teorico, coefficiente di sovrasollecitazione teorico K_t , considerazioni in campo non lineare, coefficiente di sovrasollecitazione sperimentale per materiali fragili e duttili [II, cap. 6 e IV, cap. 3].

Sotto carichi di fatica - ad alto numero di cicli: tipi di prove e di provini, solidi di uniforme resistenza a flessione, diagramma di Wöhler e suoi aspetti probabilistici, metodi per la determinazione del limite di resistenza a fatica, diagrammi di Haigh e di Smith, effetto di intaglio K_f secondo Neuber e Peterson, effetto della finitura superficiale, effetto dimensionale, danneggiamento cumulativo (legge di Miner), effetto della frequenza, effetto dell'alta e della bassa temperatura, corrosione e fatica, effetto dei rivestimenti protettivi, metodi per alleviare la sollecitazione di fatica [I, cap. 3, appendici B e D, II, cap. 10 e 12]; - a basso numero di cicli: tipi di prove e di provini, a bassa e ad alta temperatura, legge di Coffin-Manson [II, cap. 11].

In presenza di scorrimento viscoso (creep) per stati di sforzo monoassiali - viscoelasticità lineare, modelli meccanici e loro leggi costitutive, viscoelasticità non lineare, leggi costitutive ed in particolare legge di Norton, verifica della deformazione accumulata, verifica della rottura, rilassamento [III, cap. 5; II cap. 13].

In presenza di micro fessure (meccanica della frattura) - meccanica della frattura lineare elastica e sua applicazione alla propagazione della fessura per fatica, legge di Paris [II, cap. 9].

L'ANALISI DELLO STATO DI SFORZO

- Richiami di teoria dell'elasticità;

- Tensore degli sforzi e suoi invarianti, sforzi e direzioni principali, sforzi ottaedrali, cerchi di Mohr, deviatore degli sforzi, lavoro elastico di deformazione e di variazione di forma [III, cap. 1];

- Metodi numerici per il calcolo strutturale: modellazione per elementi finiti e formulazione in campo lineare elastico del processo solutivo [II, cap. 3; dispensa].

LA VERIFICA DELLA RESISTENZA

Con stati di sforzo semplici statici, di fatica, con scorrimento viscoso;

Con stati di sforzo composti statici; - teorie di resistenza di Galileo-Rankine, Guest-Tresca, Huber-Hencky-Von Mises, Ros-Eichinger, Mohr;

di fatica - validità delle teorie di resistenza introdotte per sollecitazioni statiche, teorie di resistenza

di Gough-Pollard e di Sines-Frost; coefficiente di sicurezza [V, cap. 3.15].

IL DIMENSIONAMENTO E LA VERIFICA DI ALCUNI ORGANI DELLE MACCHINE [VI e dispense]

A) Esercitazioni Numeriche

- 1) Forzamento lineare.
- 2) Molla ad elica cilindrica.
- 3) Recipiente in pressione: effetto guarnizione.
- 4) Recipiente in pressione: verifica di resistenza dei bulloni.
- 5) Recipiente in pressione: determinazione degli spessori del mantello cilindrico e del fondo sferico, deformazioni delle flange e sollecitazioni di flessione nei bulloni; effetti di bordo.
- 6) Forzamento albero-mozzo: calcolo dell'interferenza.
- 7) Forzamento albero-mozzo: verifica di resistenza per l'interferenza massima nella ruota dentata elicoidale.
- 8) Applicazione del Metodo degli Elementi Finiti: parte I.
- 9) Applicazione del Metodo degli Elementi Finiti: parte II.
- 10) Albero lento di un riduttore: spinte e scelta dei cuscinetti a rotolamento.
- 11) Albero lento di un riduttore: verifica di resistenza a fatica e calcolo della velocità critica flessionale.
- 12) Ruote dentate: dimensionamento a usura.
- 13) Ruote dentate: verifica e fatica.
- 14) Pompa per oleodotto: richiami di cinematica del monovellismo e calcolo delle forze agenti.
- 15) Pompa per oleodotto: azioni interne e verifica a fatica dell'albero a gomito.
- 16) Pompa per oleodotto: dimensionamento della biella al carico di punta e verifica a fatica.
- 17) Agitatore per autoclave: calcolo delle azioni interne nell'albero e verifica di resistenza della parte sollecitata staticamente.
- 18) Agitatore per autoclave: verifica di resistenza a fatica dell'albero e calcolo della deformata dell'albero con metodi grafici e numerici.

B) Esercitazioni di Laboratorio

- 1) Determinazione delle caratteristiche meccaniche di materiali duttili e fragili.
- 2) Rilevamento estensimetrico delle deformazioni in un elemento meccanico con intaglio.
- 3) Rilevamento della fase di propagazione di cricche di fatica.
Si consiglia la lettura del cap. 7 di [II] sull'introduzione ai metodi sperimentali per l'analisi degli stati di sollecitazione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale. La prova scritta, della durata di 2 ore, verte sullo svolgimento di un esercizio analogo a quelli svolti durante il corso di esercitazioni. La prova scritta si tiene all'inizio dell'appello di esame scelto dal candidato. Tutti gli allievi che sostengono la prova scritta saranno ammessi alla prova orale che inizierà con la discussione dell'elaborato. Gli allievi che, in un colloquio al termine del corso di esercitazioni, dimostrino una conoscenza della materia svolta nelle esercitazioni sufficiente a far ritenere già acquisita la capacità di arrivare al dimensionamento ed alla verifica di un elemento di macchina, vengono dispensati dalla esecuzione di una parte della prova scritta, che, in tal caso, dura 1 ora e mezza.

Libri consigliati

- [I] Bertolini I., Bazzaro E.: *Lezioni di costruzione di macchine - Resistenza dei materiali*, II edizione, Masson Italia Editori, Milano, 1983
- [II] Bernasconi G.: *Lezioni di Costruzioni di macchine*, CLUP, Milano, 1984
- [III] Belloni G., Bernasconi G.: *Sforzi deformazioni e loro legami*, Spiegel, Milano, 1975.
- [IV] Massa E., Bonfigli L.: *Costruzione di macchine*, Vol. I, Masson Italia, Milano, 1979
- [V] Belloni G., Bernasconi G., Bertolini I.: *Verifica della Resistenza*, in: Colombo G.: *Manuale dell'ingegnere (sezione C)*, Hoepli, Milano, 1985.
- [VI] Massa E.: *Costruzione di macchine*, Vol. II, Masson Italia, Milano, 1979.

COSTRUZIONE DI MACCHINE**AR0009**

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica (indirizzi: autom., energ., produz., bioing.)

Prof. Giulio BELLONI*Programma d'esame***1) LE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.****1.1) Sotto carichi statici:**

- di trazione e compressione: determinazioni sperimentali, definizioni delle varie caratteristiche meccaniche, sforzi veri e deformazioni naturali, leggi costitutive, effetto dei principali parametri di prova, influenza dell'ambiente.

- di flessione (in campo lineare, non lineare, in materiali a comportamento dissimmetrico a trazione e compressione), collaborazione, tensioni e deformazioni residue.

- di scorrimento: torsione in campo lineare e non lineare, determinazione nazione del diagramma tensioni tangenziali-scorrimenti mediante prova di torsione, collaborazione plastica, tensioni e deformazioni residue: richiami sullo sforzo di taglio.

- In presenza di concentrazione di sforzo: caso di sollecitazione in campo lineare, effetto di intaglio, coefficiente di sovratensione teorico, considerazioni in campo non lineare, coefficiente di intaglio sperimentale per materiali sia fragili sia duttili.

1.2) Soggetti a sollecitazione di fatica:

- ad alto numero di cicli: rilievi sperimentali e modalità di esecuzione dei medesimi, curva del Wöhler e suoi aspetti probabilistici, metodi per determinare il limite di resistenza a fatica, effetto della sollecitazione media, effetto di intaglio, effetto della finitura superficiale, effetto delle dimensioni del pezzo, danneggiamento cumulativo (regola del Miner), effetto della frequenza, influenza fisica e chimica dell'ambiente, effetto dei rivestimenti protettori, metodi per aumentare la resistenza a fatica.

- a basso numero di cicli: modalità di prova, effetto delle alte e delle basse temperature, legge di Coffin-Manson.

1.3) Soggetti a carichi perduranti (in stato di tensione monoassiale):

viscoelasticità lineare, modelli meccanici e loro leggi costitutive, visco elasticità non lineare, legge del Norton, verifiche della deformazione accumulata e della rottura, rilassamento.

1.4) In presenza di microfessure (elementi di meccanica della frattura lineare elastica):

impostazione energetica, fattore di intensità degli sforzi, legge del Paris.

2) ANALISI DELLO STATO DI SFORZO.**2.1) Richiami su:** tensioni principali, tensioni ottaedrali, invarianti, componenti idrostatiche e deviatoriche, cerchi del Mohr, lavoro di deformazione elastica.**2.2) Applicazioni di teoria dell'elasticità in casi di sollecitazione zione assialsimmetrica:** dischi e cilindri di grosso spessore, lastre circolari piane, lastre cilindriche.**2.3) Metodi numerici per il calcolo strutturale:** modellazione per elementi finiti e formulazione in campo lineare elastico del processoolutivo.**3) VERIFICA DELLA RESISTENZA.****3.1) Cimento statico:** richiami sui criteri di resistenza di: Galileo Rankine, Guest, Von Mises, Mohr.- dischi, rotanti o soggetti a pressione interna, sollecitati in campo elasto-plastico.**3.2) Azione di fatica:** esperienze di Gough-Pollard e relative formule di verifica, metodo del Sines.**3.3) Instabilità dell'equilibrio:** applicazione dei metodi generali di indagine ad alcuni elementi di macchina.**3.4) Criteri generali:** per la determinazione delle sollecitazioni ammissibili, cenno alla verifica probabilistica, definizione di affidabilità, criteri di progettazione "Safe Life" e "Fail Safe".**4) DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI DELLE MACCHINE.****4.1) Criteri generali per la progettazione ed il calcolo:****4.2) Molle:** molle ad elica cilindrica, molle a tazza, materiali per la costruzione delle medesime.**4.3) Organi per il contenimento dei fluidi:** recipienti cilindrici, fondi piani, sferici, ellittici, paraellittici, flange e guarnizioni.**4.4) Elementi di collegamento:** viti, bulloni, scanalati, chiavette, collegamenti forzati, saldature, cuscinetti a rotolamento, cuscinetti radenti, basamenti e carcasce.**4.5) Elementi per la trasmissione del moto:** ruote dentate, cinghie, pulegge, alberi ed assi, alberi a gomito, bielle, giunti.

Esercitazioni

Verranno svolti alcuni temi di progetto e di verifica di organi di macchine di vario tipo, integrati da alcune applicazioni numeriche di algoritmi illustrati nel corso delle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta (a carattere non selettivo) ed in una prova orale.

La prova scritta, della durata di 2 ore, riguarderà un tema analogo a quelli svolti nelle esercitazioni.

Gli allievi che avessero dimostrato nel colloquio, sostenuto al termine del corso di esercitazioni, di aver acquisito la capacità di eseguire il dimensionamento e la verifica di un organo di macchina, saranno esentati, limitatamente alle sessioni estiva ed autunnale dell'anno accademico di frequenza, dalla prova scritta.

Libri consigliati

Bertolini I., Bazzaro E.: *Lezioni di costruzione di macchine - Resistenza dei materiali*, II ed., Milano, Masson Italia Editori, 1993.

Belloni G., Bernasconi G.: *Sforzi deformazioni e loro legami*, Milano, Spiegel, 1984.

Bernasconi G., (Ed): *Lezioni di costruzioni di macchine*, Milano, CLUP, 1985.

Massa E., Bofigli L.: *Costruzione di macchine*, Vol. 1, Milano, Masson Italia Editori, 1979.

Massa E.: *Costruzione di macchine*, Vol. 2, Milano, Masson Italia Editori, 1979.

Dornig A.: *Le molle*, Milano, CLUP, 1988.

Dispense con tracce delle lezioni distribuite presso le librerie interne al Politecnico.

COSTRUZIONE DI MACCHINE**AR0144**

(per gli allievi di Ingegneria Nucleare ed Elettrica)

Prof. Sergio SIRTORI*Programma d'esame***1. FONDAMENTI DI RESISTENZA DEI MATERIALI.****1.1. Aspetti applicativi della meccanica dei solidi:**

1.1.1 Complementi di meccanica dei solidi: analisi dello stato triassiale di sforzo e di deformazione. Rappresentazione di Mohr. Leggi costitutive e legame spostamenti-deformazioni. Problemi lineari e non lineari: non linearità geometrica e non linearità del materiale.

1.1.2 La meccanica dei solidi elastici isotropi: complementi di teoria della elasticità con elementi di termoelasticità; applicazioni ai casi più semplici e ricorrenti negli elementi delle macchine: lastre circolari piane e lastre cilindriche soggette a carichi assialsimmetrici, cilindri e dischi, sottoposti a pressione interna od esterna, in stato di sforzo termoelastico, soggetti a forze centrifughe.

1.1.3 Cenni sulla meccanica dei solidi isotropi elasto-plastici. Superficie di snervamento e leggi di incrudimento. Analisi del comportamento di solidi cilindrici sollecitati a torsione semplice o a flessione semplice; coefficiente di collaborazione.

1.2. Il comportamento dei materiali sotto sollecitazioni semplici:

1.2.1 Il comportamento dei materiali sollecitati staticamente a trazione, compressione, flessione e torsione; influenza dei principali parametri di prova. Cenni sulle prove di resilienza e di durezza.

1.2.2 Il comportamento dei materiali metallici sotto sollecitazioni semplici di fatica; dispositivi sperimentali per le prove e risultati sperimentali nelle elaborazioni più adatte per la soluzione dei problemi di resistenza. Influenza dei principali parametri di prova.

1.2.3 Il comportamento dei materiali metallici sollecitati da forze o da deformazioni perduranti nel tempo: scorrimento (creep) e rilassamento. Risultati sperimentali e loro elaborazione nelle forme più adatte per la soluzione dei problemi applicativi.

1.2.4 Influenza delle radiazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali (cenni).

1.3. Il cedimento dei materiali:

1.3.1 Aspetti fenomenologici del cedimento dei materiali e loro correlazioni con i meccanismi attivati dalle diverse condizioni di sollecitazione e di temperatura.

1.3.2 Il cedimento dei materiali metallici sotto sollecitazioni composte di tipo statico; metodi di rappresentazione delle condizioni di cedimento. I principali criteri di resistenza e loro correla-

- zione con i risultati sperimentali delle prove statiche.
- 1.3.3** Il cedimento dei materiali sotto sollecitazioni composte di fatica: considerazioni generali, risultati sperimentali e loro collegamento con i criteri validi per le sollecitazioni statiche.
- 1.3.4** Fondamenti della meccanica della frattura in campo elastico: fattore di intensità degli sforzi. Effetto della plasticizzazione localizzata all'apice della frattura. Propagazione della frattura per fatica e relative leggi di avanzamento (Paris).
- 1.3.5** Cenni sul cedimento dei materiali dovuto a sollecitazioni perduranti di tipo composto.
- 1.4. La resistenza degli elementi di macchine:**
- 1.4.1** Considerazioni generali sulla scelta dei materiali.
- 1.4.2** Determinazione dei limiti di impiego dei materiali: grado di sicurezza, sforzi massimi ammissibili in relazione alle condizioni di funzionamento.
- 1.4.3** Considerazioni generali sulla forma degli elementi delle macchine con particolare riferimento agli effetti di intaglio.
- 1.4.4** Le verifiche di resistenza nella forma generale e nella forma semplificata per i più comuni casi pratici.
- 2. PROGETTAZIONE E CALCOLO DEGLI ELEMENTI DELLE MACCHINE.**
- 2.1. Criteri generali per la progettazione e il calcolo degli elementi delle macchine:** cenni sui metodi numerici di calcolo strutturale fondati sulla discretizzazione e modellazione (metodi delle differenze finite, degli elementi finiti, degli elementi di contorno)
- 2.2. Elementi di collegamento:**
- 2.2.1** Collegamenti amovibili: viti, bulloni.
- 2.2.2** Collegamenti fissi: saldature.
- 2.3. Organi per la trasmissione del moto rotatorio:**
- 2.3.1** Alberi, assi, supporti e cuscinetti.
- 2.4. Organi per il contenimento dei fluidi:**
- 2.4.1** Recipienti cilindrici a forte e debole spessore: sforzi termoelastici e sforzi dovuti a pressione interna od esterna.
- 2.4.2** Instabilità nei recipienti cilindrici soggetti a pressione esterna.
- 2.4.3** Fondi piani e curvi.
- 2.4.4** Collegamenti a flangia.
- 2.4.5** Guarnizioni e loro effetto.

Esercitazioni

Sono proposti esercizi di progettazione e verifica di organi meccanici di diverso tipo con particolare riferimento a quelli appartenenti ad impianti nucleari, e precisamente:

- Contenitore in pressione per centrale termoelettrica.
 - Albero di trasmissione con relativi elementi di macchina su di esso calettati.
- Gli esercizi sono svolti in aula con la collaborazione dell'insegnante.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti in programma.

Libri consigliati

- O. Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, Vol. III. Ed. Zanichelli, Bologna, 1960.
- E. Massa, L. Bonfigli: Costruzione di Macchine, Vol. I. Masson Italia Editori, Milano, 1976.
- Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni del Politecnico di Milano. Tamburini Editore, Milano, 1969.
- O. Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, vol. IV, Zanichelli, Bologna, 1960.
- I. Bertolini, E. Bazzaro: Lezioni di costruzione di macchine, parte I vol.II. Masson Italia Editori, Milano, 1976.
- G. Belloni G. Bernasconi: Sforzi, deformazioni e loro legami, Tamburini Editore, Milano, 1975.
- G. Bernasconi: Lezioni di Costruzioni di Macchine, CLUP. Milano, 1984.
- S. Sirtori: Il metodo degli elementi finiti nell'analisi delle tensioni. Dispense, Dip. di Meccanica.

COSTRUZIONE DI MACCHINE MOVIMENTO TERRA
Prof. Piermaria DAVOLI

AR0142

Programma d'esame

1. **Generalità.** Importanza dell'industria produttrice di macchine movimento terra e sua collocazione. La produzione e i grandi produttori mondiali di macchine movimento terra.
2. **Cenni storici.** Il movimento terra nell'antichità. Il movimento terra ed il suo sviluppo nel XX secolo.
3. **Le macchine per il movimento terra: quadro generale delle caratteristiche tecniche e funzionali, degli attrezzi e del lavoro delle macchine movimento terra.**
 - 3.1 Trattore cingolato (track-type tractors);
 - 3.2 escavatore (excavator);
 - 3.3 pala caricatrice (loader);
 - 3.4 motolivellatrice (motorgrader);
 - 3.5 ruspa semovente (motorscraper);
 - 3.6 terna (backhoe loader);
 - 3.7 autocarro con cassone ribaltabile (dumper).
4. **Fondamenti di geotecnica.**
 - 4.1 principali tipi di terreni;
 - 4.2 il terreno come materiale composito;
 - 4.3 classificazione dei terreni;
 - 4.4 comportamento meccanico e capacità portante del terreno.
5. **La locomozione su strada e fuori strada. La locomozione con ruote gommate e con cingoli.**
 - 5.1 equilibrio del veicolo;
 - 5.2 equilibrio della ruota;
 - 5.3 interazione veicolo-terreno (tramechanics);
 - 5.4 resistenza all'avanzamento (ruota, cingolo);
 - 5.5 forza di trazione (ruota, cingolo);
 - 5.6 prestazioni dei veicoli fuoristrada;
 - 5.7 la trazione su due assali;
 - 5.8 la sterzata (veicoli a ruote e cingolati).
6. **I componenti fondamentali delle MMT.**
 - 6.1 Il motore diesel turbo e aspirato: coppia, potenza, consumo; problemi di raffreddamento; criteri per la scelta del motore;
 - 6.2 trasmissioni; generalità, equazioni generali; cambi a contralberi; cambi "power shift";
 - 6.3 giunto cardanico;
 - 6.4 giunto idraulico; convertitore di coppia;
 - 6.5 freni a disco, a tamburo; a tamburo, a dischi in bagno d'olio;
 - 6.6 pneumatici.
7. **Richiami di idraulica e fondamenti di oleodinamica.**
8. **Circuiti oleodinamici e loro componenti.**
 - 8.1 componenti operatori (pompe), a cilindrata costante e variabile;
 - 8.2 componenti attuatori (motori);
 - 8.3 componenti di controllo e regolazione;
 - 8.4 componenti accessori;
 - 8.5 trasmissioni idrostatiche.
9. **Struttura della macchina.**
10. **Utensili per il movimento terra.**
11. **Le macchine movimento terra più diffuse.**
 - 11.1 apripista;
 - 11.2 escavatore gommato e cingolato;
 - 11.3 pala caricatrice gommata;
 - 11.4 terna.
12. **Normativa e sicurezza nelle macchine movimento terra; prove e collaudi.**
13. **Ciclo di lavoro e prestazioni delle macchine movimento terra più diffuse.**

VISITE

Fanno parte integrante del corso alcune visite tecniche, che si svolgeranno durante l'anno accademico,

in date scelte opportunamente in relazione allo svolgimento degli argomenti del programma. Le visite previste sono:

- ad un cantiere, per vedere le macchine in esercizio;
- ad uno o più stabilimenti dove vengono progettate e costruite macchine movimento terra;
- ad un'officina di grande manutenzione, per vedere i componenti e prove sui componenti;
- al CEMOTER (Istituto per le Macchine Movimento Terra e Veicoli Fuoristrada del CNR a Ferrara).

Le visite saranno occasione di incontro con tecnici e progettisti che lavorano nel settore delle macchine movimento terra.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Tesi di Laurea

E' possibile svolgere Tesi o progetti di laurea su argomenti che riguardano le macchine movimento terra, in collegamento con industrie del settore.

Testi consigliati

Dispense del corso a cura del docente. Altri testi consigliati:

H.L. Nichols jr.: Moving the earth - The workbook of excavation, third edition, McGraw-Hill, New York, 1976.

J.W. Wong: Theory of ground vehicles, 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, 1993.

J.W. Wong: Terramechanics and Off-road Vehicles, Elsevier, 1989.

V. Romano: Locomozione fuori strada, Pitagora, Bologna, 1988.

G. Rigamonti: Oleodinamica e Pneumatica, seconda edizione, Hoepli, 1987.

COSTRUZIONE DI MATERIALE FERROVIARIO

AR0111

Prof. Carlo DONISELLI

Programma d'esame

- Generalità dei sistemi di trasporto a guida vincolata (sistemi ferroviari, metropolitani, tramviari).
- Veicoli su rotaie, a guida vincolata su pneumatici, veicoli su monorotaia.
- Classificazione morfologica del materiale rotabile: condizioni imposte (scartamento, sagoma limite, caratteristiche delle linee, impianti fissi, situazioni climatiche ed ambientali).
- Componenti fondamentali del materiale rotabile (casce, telai, carrelli, motori, gruppi trasmissione, sospensioni, freni, ecc.).
- Criteri e scelte di progetto riguardanti:
 - casce e telai
 - motori
 - carrelli
 - ruote; ruote elastiche
 - sistemi di trasmissione meccanica fra motori e ruote
 - sospensioni primarie e secondarie
 - elementi costruttivi del materiale rotabile: ruote, sale, boccole, organi di collegamento
 - impianti frenanti
 - impianti ausiliari ed accessori.
- Sicurezza: problemi di base; materiali; criteri generali di progetto.
- Regolamenti e normativa internazionale.

Nota per gli Studenti

E' previsto lo svolgimento, da parte di tutti gli Allievi, di progetto ovvero di tesi di ricerca, su argomento da concordare con il Docente.

Libri consigliati

F. Di Maio: Costruzioni di materiale ferroviario.

G. Vicuna: Organizzazione e tecnica ferroviaria.

K. Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge.

L. Mayer: Impianti ferroviari: tecnica ed esercizio.

R. Panagin: La dinamica del veicolo ferroviario.

(I predetti volumi sono disponibili presso la biblioteca della Sezione di "Veicoli Terrestri" del Dipartimento di Meccanica).

COSTRUZIONE DI PONTI

AN0103

Prof. Francesco MARTINEZ Y CABRERA

Programma d'esame

1. **Generalità.** - Il ponte in generale. L'inserimento della struttura da ponte negli attuali tracciati stradali: i viadotti, i manufatti di attraversamento, i cavalcavia di svincolo, le sopraelevate urbane ed extra-urbane. Tipologia di ponti in c.a., c.a.p., acciaio-calcestruzzo, acciaio: ponti a sezione aperta, ponti a sezione chiusa (cassone), ponti a travata, ponti ad arco, tipi speciali. Tecniche costruttive. I carichi regolamentari stradali e ferroviari.
2. **L'impalcato da ponte.** - Tipologia degli impalcati nei ponti in c.a., c.a.p., in acciaio-calcestruzzo, metallici. Superfici di influenza per piastre a sezione costante (in varie condizioni di vincolo) e per piastre continue a spessore variabile. Applicazione al calcolo della soletta di impalcato. Utilizzazione di grafici e tabelle: Bittner, Pucher, Homberg. Il calcolo degli impalcati metallici a piastra ortotropa. Il calcolo del marciapiede. Effetto ripartitore del cordolo. Funzionamento trasversale del campo di impalcato in ponti a sezione aperta ed a sezione chiusa.
3. **I ponti a travata.** - La ripartizione trasversale dei carichi: l'impalcato da ponte nel suo complesso come struttura di superficie piana ortotropa. Equazione della piastra ortotropa equivalente ad un graticcio. Il metodo del Massonnet per impalcato da ponte appoggiato. Estensione del metodo per impalcati continui. Impalcati con sezione trasversalmente rigida. Equazione generale della torsione non uniforme: soluzioni. Casi limite: soluzione torsionale per impalcati a sezione aperta (Courbon). Soluzione torsionale per impalcati con sezione a cassone mono e pluriconnesso. Metodo di Unger. Impalcati con sezione di tipo speciale: a doppio e triplo cassone collegati con soletta. Metodo di Bieger. Lo schema statico: trave appoggiata, trave Gerber, trave continua a sezione variabile e non. Problemi di ottimizzazione delle luci. Problemi connessi al calcolo delle massime sollecitazioni. Le distorsioni (precompressione, ritiro, viscosità, variazioni di temperatura). La sottostruttura: gli apparecchi di appoggio, in neoprene, in teflon, metallici. Tipi, calcolo e regolamentazione. Le selle Gerber. I giunti: tipi e calcolo. Le pile: le pile ordinarie e le pile alte: verifiche fondamentali. Le spalle. I ponti a travata di tipo speciale: ponti a sbalzo (Diwidag-Finsterwalder); ponti strallati. La prefabbricazione nei ponti a travata: generalità, prefabbricazione in officina e in cantiere. Problemi tecnici. Problemi di trasporto e di varo.
4. **I ponti ad arco.** - Generalità sulla statica dei ponti ad arco. I sistemi combinati. I ponti ad arco classico. Problemi statici: calcolo delle sollecitazioni per **forze e distorsioni** (ritiro, viscosità, variazioni termiche, distorsioni impresse). Problemi connessi alla caduta di spinta. I domini delle sollecitazioni in campo elastico. Ripartizione trasversale dei carichi. Azioni del vento e di frenatura. I ponti a travata irrigidente (Maillart). La teoria del I ordine. Ripartizione trasversale dei carichi. La precompressione della travata irrigidente. Azioni del vento e di frenatura.
5. **Strutture di copertura e di contenimento.** Le volte cilindriche: metodi di calcolo (Lundgren, Ruediger Urban, A.S.C.E.), influenza sul regime statico del tipo di direttrice, travi di bordo e timpani, precompressione - volte continue trasversalmente e longitudinalmente. Disposizioni costruttive. Altri tipi di volte di traslazione: paraboloide iperbolico, ellittico e di rivoluzione, conoidi. Metodo di calcolo, travi di bordo e timpani. Disposizioni costruttive. Strutture assialsimmetriche: teoria membranale e flessionale, impiego dei coefficienti elastici, travi di bordo, precompressione. Disposizioni costruttive.
6. **Strutture contenenti elementi in curva od elicoidali.** - Le travi curve. Le travi elicoidali.
7. **Tensostrutture.** - Generalità. Metodi di calcolo.
8. **Strutture per gallerie.** - Strutture ad elementi prefabbricati. Tipi e calcolo. Strutture contenenti paratie. Tipi e calcolo.

Esercitazioni

Le esercitazioni, precedute da lezioni specifiche introduttive, consisteranno nello sviluppo di singoli temi su strutture da ponte e su strutture speciali. Agli allievi che svolgeranno una tesi sarà assegnato il progetto di un tipo strutturale speciale; l'allievo dovrà eseguire una ricerca bibliografica e presentare una dettagliata relazione di calcolo con i relativi disegni esecutivi. La tesi può essere sviluppata anche da più allievi (massimo n. 5) ai quali possono essere affidati compiti differenziati nell'ambito del medesimo progetto.

Modalità d'esame

L'esame, orale ed individuale, verte sugli argomenti del presente programma (lezioni ed esercitazioni) o sulla discussione del progetto per quegli allievi che abbiano scelto il corso di Ponti e Grandi Strutture per lo svolgimento della tesi di laurea.

Libri consigliati

Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, vol. I e II, ed. Zanichelli, Bologna.

Franciosi: Lezioni di ponti, ed. Liguori, Napoli.

Guyon, Massonnet, Bares: Le calcul des grillages de poutres et dalles orthotropes, ed. Dunod, Parigi. (tabelle per i graticci da ponte).

Raithel: Costruzioni di ponti, ed. Liguori, Napoli.

Ruediger, Urban: Circular cylindrical shells. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1955 (tabelle per voltine circolari).

Design of cylindrical concrete shell roofs - ASCE.

COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI**AY0004****Prof. Giovanni DA RIOS***Programma d'esame*

- 1) **Nozioni generali** - Ordinamenti amministrativi. Documenti di progetto. Capitolati di appalto. Appalti e lavori in economia. Assegnazione e consegna dei lavori. Contabilità dei lavori. Collaudi.
- 2) **Caratteristiche della sede stradale e ferroviaria** - La sede delle strade ordinarie: piattaforma e solido stradale, la carreggiata e le banchine, la carreggiata in galleria e sui ponti, tipologia delle strade. La sede ferroviaria: piattaforma, scudatura, ballast, traverse, rotaie.
- 3) **Andamento piano altimetrico delle strade ordinarie** - Lunghezza di visuale libera nelle manovre di sorpasso per strade ad unica carreggiata. Allargamento e sopraelevazione in curva. Tornanti. Raccordi progressivi. Raccordi clotoidici. Inserimento dei raccordi clotoidici nei tracciati. Cenni sulla lemniscata e sulla spirale di Searles. Raccordi verticali.
- 4) **Andamento piano altimetrico delle linee ferroviarie** - Iscrizione in curva dei veicoli ferroviari. Sopraelevazione in curva. Raccordi in curva. Raccordi altimetrici e planimetrici, la parabola cubica. Inserimento del raccordo parabolico nelle curve circolari. Curve orizzontali e raccordi altimetrici nelle linee d'alta velocità. Curve verticali: dossi e curve concave.
- 5) **Redazione del progetto** - I gradi della progettazione. Studio della poligonale d'asse. Planimetria, profilo longitudinale e sezioni trasversali. Il volume del solido stradale. Diagramma delle aree e dei volumi. Computo metrico estimativo e capitolati d'appalto. Applicazione dei calcolatori elettronici alla progettazione.
- 6) **Opere d'arte maggiori e minori** - Opere idrauliche a difesa del corpo stradale. Cunette e fossi di guardia. Tombini, ponticelli, ponti e viadotti: generalità, caratteristiche costruttive e riferimenti per il loro dimensionamento di massima. I muri di sostegno: tipologie e materiali, considerazioni generali sul calcolo.
- 7) **Gallerie** - Andamento planimetrico, profilo longitudinale e sezioni trasversali. Rilieve e tracciati. Durata dei lavori e organizzazioni per l'attacco dei pozzi. Organizzazione del cantiere. Lavori di scavo: sistemi di attacco tradizionali, sistemi di attacco moderni, sistemi di attacco speciali. Calcolo delle spinte sui rivestimenti. Sistemi di ventilazione. Gallerie urbane.
- 8) **Intersezioni stradali** - Intersezioni a livello, triangoli di visibilità, isole di canalizzazione. intersezioni a livelli asfaltati: tipi di rampe e classificazione svincoli.

- 9) **Aeroporti** - Classificazione ICAO. Localizzazione scali. Orientamento piste. Calcolo della lunghezza delle piste di volo. Servitù aeronautiche. Schemi di aeroporti. Cenni sulla capacità di traffico.
- 10) **Aspetti integrativi** - Influenza della geologia e della natura dei terreni in fase di progettazione e costruzione. Richiami di operazioni topografiche di tracciamento all'aperto e in sotterraneo. Richiami di meccanica delle terre. Opere di consolidamento e bonifica in aree franose e particolari. Opere paramassi e paravalanghe. Opere in verde.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella redazione, con la guida dei docenti, del progetto di una strada, che andrà consegnato - completo in ogni sua parte - almeno una settimana prima della data dell'esame.

Libri consigliati

Tesoriere: Strade, ferrovie e aeroporti, UTET-Torino.
Ferrari-Giannini: Ingegneria stradale, ISEDI-Milano, 1978.

COSTRUZIONI AERONAUTICHE I **Proff. Cesare CARDANI, Teodoro MERLINI**

AL0100

Nota per gli Studenti

L'insegnamento si propone di dare agli studenti alcuni elementi di base delle principali discipline specifiche del corso di laurea in Ingegneria Aeronautica, e di introdurli nel contempo al problema del progetto delle costruzioni aerospaziali.

L'ambiente in cui operano le macchine volanti. Le caratteristiche essenziali dell'atmosfera terrestre. L'azione gravitazionale, la spinta aerostatica e le azioni aerodinamiche. Flusso subsonico attorno a corpi e superfici portanti: le componenti e le caratteristiche della forza aerodinamica. Caratteristiche e classificazione dei profili alari. Cenni al flusso transonico e supersonico.

Classificazione delle macchine volanti in base ai principi di sustentazione e di propulsione. Descrizione, funzionamento ed evoluzione delle principali parti di un velivolo:

- l'ala e le sue parti mobili;
- gli impennaggi e le loro funzioni;
- le superfici di controllo e gli organi di comando;
- la fusoliera;
- gli organi di atterramento: tipologie principali e funzionamento;
- i propulsori: tipi impiegati e loro caratteristiche; l'elica;
- gli elementi fondamentali della struttura di un velivolo.

Elementi di meccanica del volo e di valutazione delle prestazioni. Parametri caratteristici del velivolo: la polare, il carico alare, la potenza installata. Principali fasi di volo:

- il volo orizzontale rettilineo ed uniforme; le limitazioni di velocità e di quota: velocità minima di sustentamento e quota di tangenza;
- volo in salita e planata;
- principali manovre: richiamata e virata;
- decollo e atterraggio.

Descrizione e funzionamento di altre macchine volanti:

- le macchine a sustentazione aerostatica;
- le rotodine e i principali tipi di elicotteri;
- cenni ai veicoli spaziali.

Elementi di tecnologia aeronautica:

- i materiali: classificazione, caratteristiche meccaniche, prove tecnologiche e trattamenti termici;
- principali lavorazioni: fusione, lavorazioni per deformazione plastica a caldo e a freddo, lavorazioni per asportazione di materiale;
- i processi costruttivi e le giunzioni: chiodatura, incollaggio.

Esercitazioni

Le esercitazioni comprendono esercizi di aerodinamica applicata e meccanica del volo, e partecipazione

a prove tecnologiche. Sono previste visite a stabilimenti ed impianti aeronautici.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio orale. Questo può essere integrato da una preventiva prova scritta.

Libri consigliati

Si consiglia la lettura di almeno uno dei seguenti testi:

- R.S. Shevell: Fundamentals of flight.
- J.D. Anderson Jr.: Introduction to flight.
- A.C. Kermode: Mechanics of flight.
- A.C. Kermode: Mécanique du vol.
- C. Caprile: Istituzioni di Aeronautica (Tecnologie).

e la consultazione dei seguenti per l'approfondimento di singoli argomenti:

- C.E. Dole: Flight Theory and Aerodynamics.
- J. Fay: The helicopter: history, piloting and how it flies.
- G. Gabrielli: Lezioni sulla scienza del progetto degli aeromobili, vol. I.
- A.C. Kermode: The Aeroplane Structure.
- A. Lausetti: Aeroplani.
- M. Marchetti, F. Felli: Tecnologie aeronautiche.
- B.W. McCormick: Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics.
- Rolls-Royce: The Jet Engine.
- Rosolino: Macchine utensili per lavorazioni dei metalli.
- G.J.J. Ruijgrok: Elements of Airplane Performance.
- D. Stinton: The Anatomy of the Aeroplane.
- W. Thomson: Thrust for flight.
- D. Veschi: L'alluminio e le sue leghe.
- D. Veschi: Materie plastiche.
- J. F. Welch: Modern Airmanship.
- K. D. Wood: Technical aerodynamics

Costruzioni Aeronautiche II **Prof. Carlo CAPRILE**

AL0106

Programma d'esame

Parte I - PROGETTO COSTRUTTIVO

Richiami e applicazioni della scienza delle costruzioni: su alcune ipotesi fondamentali - Teoria elementare della trave a guscio - Trave di Wagner - **Introduzione al calcolo strutturale:** aspetti strutturali della sicurezza del volo, navigabilità. Particolarità del calcolo strutturale - Concetti, terminologia, regolamentazioni - **Il calcolo secondo lo schema statico:** procedimento generale - Condizioni di carico e configurazioni - Analisi di alcune fra le più significative condizioni - **Altri criteri per il calcolo strutturale:** deformazioni elastiche e conseguenze particolari - Effetti della fatica - Problemi termoelastici - **Disegno strutturale:** criteri per la scelta del materiale e del tipo di costruzione - Descrizione critica dei principali sistemi costruttivi - Problemi relativi a vari elementi strutturali - Giunzioni - **Dimensionamento e verifica:** determinazione delle sollecitazioni sui principali elementi del velivolo - Criteri per il dimensionamento - Verifica della rigidità e della resistenza.

Parte II - PROGETTO GENERALE DEL VELIVOLO

Specifiche: funzionalità del velivolo - Definizione dell'impiego - Elaborazione delle specifiche - **Prestazioni e caratteristiche del velivolo:** definizione di alcune fra le più significative prestazioni e caratteristiche - Economia di esercizio - Cenni su alcuni sistemi di confronto - **Impostazione del progetto:** previsione dei pesi - Richiami sui principali problemi di scelta dell'architettura generale, del tipo dei materiali di costruzione, dei gruppi propulsori - Dimensionamento generale del velivolo in funzione delle prestazioni richieste - Sistemi di valutazione e confronto.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in applicazioni numeriche sugli argomenti sviluppati nelle lezioni.

Libri consigliati

Dispense del corso reperibili alla CLUP, Milano.

E.F. Bruhn: Analysis and Design of Aircraft Structures.

P. Vallat: Resistence des materiaux appliqué a l'aviation.

G. Gabrielli: Lezioni di scienza del progetto degli aeromobili.

COSTRUZIONI AUTOMOBILISTICHE**AR0003****Prof. Carlo DONISELLI***Programma d'esame*

1. **Generalità** - Il movimento in natura. Schemi cinematici e resistenze al movimento. La ruota. Ruota elastica su suolo rigido. Aderenza. Ruota rigida su suolo plastico. Cingolo. Equilibrio del veicolo.
2. **Dinamica del veicolo considerato come punto** - Forze e potenze resistenti. Adattamento del motore al veicolo. Determinazione dei rapporti di trasmissione. Prestazioni. Bilancio delle energie.
3. **Morfologia dei veicoli** - Layout generale. Autovetture. Autobus urbani ed interurbani. Veicoli fuori-strada e plurimpiego. Veicoli speciali.
4. **Motori per trazione** - Caratteristiche fondamentali. Motori a c.i. . Turbine a gas. Motori elettrici. Definizioni. Curve caratteristiche. Installazione del gruppo propulsore sul veicolo. Accumulatori di energia. Considerazioni comparative. Problemi ambientali.
5. **Motori a combustione interna** - Definizioni. Grandezze fondamentali Rendimenti. Riempimento. Formazione della miscela. Combustibili e Combustione. Sovralimentazione. Determinazione delle dimensioni fondamentali di un motore. Architettura generale. Equilibramento delle forze d'inerzia. Distribuzione. Progettazione del sistema e degli organi meccanici. Gruppi ausiliari. Lubrificazione. Raffreddamento.
6. **Dinamica del veicolo considerato come sistema** - Aderenza. Pneumatici. Deriva e relativi angoli. Momenti autoallineanti. Veicolo sottosterzante e sovrasterzante. Stabilità del veicolo. Guidabilità. Contatto ruotavia. Comfort. Veicoli a quattro ruote motrici. Veicoli a quattro ruote sterzanti.
7. **Sospensioni** - Sospensione elastica: caratteristiche cinematiche e dinamiche. Ruote indipendenti e sala rigida. Elementi elastici, Elementi smorzanti. Progettazione delle sospensioni e degli organi componenti
8. **Trasmissioni** - Fondamenti ed elementi per la progettazione. Cambi a gradini e cambi continui. Cambi meccanici. Innessi a frizione. Convertitori di coppia. Trasmissioni automatiche. Alberi. Giunti. Gruppi di riduzione finale. Differenziali.
9. **Guida** - Angoli caratteristici delle ruote, geometria della sterzata. Quadrilateri di sterzata. Componenti. Sterzata integrale.
10. **Frenatura** - Generalità. Freni a ceppi interni. Freni a disco. Dispositivi di azionamento. Freni di rallentamento. Ripartizione delle forze frenanti. Dispositivi di controllo dei momenti frenanti e motori.
11. **Strutture** - Telai. Strutture a guscio ed a traliccio.
12. **Combustibili e lubrificanti** - Generalità. Combustibili per motori Otto e diesel. Criteri di valutazione. Lubrificanti impiegati nei motori e nei veicoli.
13. **Misure e prove su motori e su veicoli** - Apparecchiature e misure effettuate in sala prove. Analisi dei gas di scarico. Misure meccaniche e termiche effettuate su autoveicoli e su parti di essi.
14. **Sicurezza e problemi ambientali** - Principi fondamentali. Normative nazionali, della Comunità europea e di altri paesi, riguardanti la sicurezza e la protezione dell'ambiente.

Esercitazioni

Tutti gli allievi dovranno svolgere un progetto oppure una tesi. Per lo svolgimento del progetto, che verterà, di regola, sullo studio del layout generale di un veicolo e/o di un sotto-sistema meccanico (motore, trasmissione, sospensione, ecc.), potranno essere formati gruppi di lavoro di 2 - 4 allievi

eventualmente assistiti anche da Esperti esterni. I contenuti del lavoro saranno non solo di tipo esecutivo, ma emergeranno contributi sia creativi, sia critici; lo sviluppo sarà individuale, ma, ove possibile con coordinamento fra le parti. La tesi è un lavoro di ricerca; deve quindi contenere qualche elemento di originalità e può avere carattere teorico o teorico-sperimentale; l'attività sarà svolta, di regola, all'interno del Dipartimento. La qualifica di tesi (o progetto) potrà essere data fin dall'inizio od anche quando il lavoro sarà in una fase avanzata.

Modalità d'esame

L'esame consiste di una prova orale, comprendente la discussione degli elaborati svolti.

Libri consigliati per consultazione

Colombo: Manuale dell'Ingegnere Vol. II (Capitoli: Combustibili liquidie, Autoveicoli, Motori a c.i.), Ed. Hoepli, Milano

F.A.F. Schmidt: Verbrennungskraftmaschine, Ed. Oldenburg, oppure Internal Combustion Engines, Ed. Chapman and Hall

H. Ricardo: The High-Speed Internal-Combustion Engine, Ed. Blackie

Fayette Taylor: Internal Combustion Engine, Ed. Wiley, Voll. I e II.

M.G. Bekker: Theory of Land Locomotion, Ed. The University of Michigan Press.

M. Mitschke: Dynamik der Kraftfahrzeuge, Springer Verlag.

W. Steeds: Mechanics of Road Vehicles, Ed. Ilife e Sons Ltd.

Le opere sopra elencate sono disponibili per la consultazione e lo studio presso la Sezione di Veicoli terrestri del Dipartimento di Meccanica. Sono distribuiti appunti al corso.

COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE (ex COSTRUZIONE DI MACCHINE ELETTRICHE)

AH0111

Prof. Ivo VISTOLI

Programma d'esame

1) Questioni comuni a tutte le macchine.

Norme e unificazioni. Tipi di calcolo. Relazioni elettromagnetiche (f.m.m.; flussi e permanenze, f.e.m.; induttanze e reattanze). Materiali magnetici e conduttori; perdite addizionali. Materiali dielettrici e isolamenti. Comportamento termico a regime permanente o variabile. Dimensionamento: formule e loro applicazioni.

2) Trasformatori.

Caratteristiche costruttive. Calcolo di verifica: perdite nel ferro e corrente a vuoto; perdite nel rame e tensione di corto circuito; sforzi elettrodinamici. Progetto.

3) Questioni comuni alle sole macchine rotanti.

Tipi costruttivi. Strutture magnetiche: caratteristiche costruttive; calcolo della eccitazione e delle perdite. Avvolgimenti distribuiti. Avvolgimenti trifasi: caratteristiche costruttive (tipi normali; a passo accorciato; a cave frazionarie); calcolo (fattori di avvolgimento; f.m.m.; f.e.m.; reatt. di dispers.; perdite). Gabbie: calcolo f.m.m., reattanze di dispersione, perdite. Avvolgimenti indotti per corrente continua: caratteristiche costruttive e calcolo. Avvolgimenti induttori. Collettori, spazzole e portaspaazzole. Azioni meccaniche nel traferro: coppie, attrazioni trasversali.

4) Macchine a induzione.

Calcoli di verifica: corrente a vuoto e corr. di c.to c.to; fattore di potenza; scorrimento; coppia massima e coppia di spunto. Disturbi dovuti ai campi armonici. Progetto.

5) Macchine sincrone.

Calcoli di verifica: reazione dell'indotto; reattanza sincrona; rapporto di corto circuito; reattanza di Potier e reattanza a rotore estratto; reattanza transitoria e subtransitoria. Progetto.

6) Macchine a corrente continua.

Caratteristiche costruttive. Reazione dell'indotto. Commutazione. Progetto.

Esercitazioni

Riguardano, oltre al tracciamento di schemi di avvolgimento, il progetto semplificato dei seguenti tipi di macchine: trasformatore, macchina a induzione, macchina sincrona, macchina con collettore a lamelle.

Gli elaborati devono essere consegnati al Docente nel termine fissato. Gli elaborati giudicati non idonei devono essere corretti o rifatti secondo le istruzioni del Docente e ripresentati nel termine nuovamente fissato; quelli idonei vengono visti.

Modalità d'esame

Sono ammessi all'esame gli allievi che abbiano frequentato con sufficiente assiduità le esercitazioni e che abbiano svolto i progetti e gli schemi di avvolgimento loro assegnati, ottenendo il visto del docente. L'allievo deve portare con sé all'esame gli elaborati delle esercitazioni. L'esame è esclusivamente orale; possono essere oggetto di interrogazione anche gli elaborati delle esercitazioni.

Libri consigliati

F. Correggiari: Compendio di costruzione di macchine elettriche, Ed. La Goliardica, 1963. % Corso libero nel 91/92

COSTRUZIONI IDRAULICHE

AU0001

Prof. Alessandro PAOLETTI

Programma d'esame

1. **Acquedotti.** - Fabbisogno e sue variazioni nel tempo - Schemi generali - Opere di presa: da sorgenti (concentrate o diffuse), da corsi d'acqua e da laghi. - Adduttrici: a gravità o per sollevamento, a gravità in pressione o a pelo libero - Adduttrici multiple - Studio del tracciato - Problemi di progetto e problemi di verifica - Portate massime in un'adduttrice - Piezometriche d'esercizio: statica, a tubi nuovi, a tubi usati - Proporzionamento dei serbatoi: calcolo della capacità; serbatoi destinati a uso multiplo; serbatoi per regolazione pluriennale, annuale, stagionale, giornaliera. Gestione di serbatoi di capacità insufficiente. Caratteri costruttivi di serbatoi: forma più conveniente; tipi; schema della camera di manovra per serbatoi di testata e di estremità - Proporzionamento della distribuzione: tipi di rete - Calcolo delle reti a ramificazione aperte - Calcolo delle reti a maglie chiuse - Verifica col metodo di Cross - Sollevamenti: pompe e curve caratteristiche - Pompe in parallelo e in serie - Punti di funzionamento - Pompaggio diretto in una rete distributrice - Protezione contro i colpi d'ariete - Tubazioni per acquedotti: materiali, criteri di scelta delle tubazioni; criteri di costruzione, pressione di esercizio, collaudi, giunti e pezzi speciali. Apparecchiature accessorie, valvolame.
2. **Cenni di Idrologia.** - Precipitazioni: misura delle precipitazioni in una stazione di misura, altezze ragguagliate a un'area - Acque superficiali: misura delle portate; scala delle portate di un corso d'acqua in una sezione - Coefficiente di deflusso e di afflusso - Elaborazioni più comuni: curva delle durate. Piene: formazione dell'onda di piena; modelli lineari - Metodi pratici dell'invaso e della conversione - Concetto di evento critico - Similitudine idrologica - Formule pratiche per le portate di piena.
3. **Fognature.** - Generalità: scopo; tipi di rete; ricerche preliminari - Fognature comprensoriali e locali - Analisi tecnico-economico per la scelta della soluzione ottimale - Indagini demografiche e previsioni a lungo termine - Esame delle utenze civili ed industriali - Calcolo delle acque nere: portate medie annue, medie giornaliere, del giorno di massimo consumo, di magra, di punta - Portate meteoriche da inviare al trattamento - Calcolo delle portate piovane; modelli idrologici e metodi pratici: metodo razionale; metodo di corrivazione; metodo dell'invaso - Vasche volano: utilità e campo d'applicazione - Scolmatori di piena: tipi e caratteristiche costruttive e funzionali - Impianti di sollevamento - Calcoli idraulici dei collettori: sezioni tipiche, pendenze e velocità adottabili - Pozzetti di ispezione - Manufatti di raccordo: salti, curve, confluenze, diramazioni, etc. - Cacciate - Caditoie stradali - Immissioni private - Opere di ventilazione - Materiali per le canalizzazioni - Cenni di sistemi di controllo e telecomando.
4. **Dighe e traverse.**
 - a) Serbatoi - Capacità necessaria per una assegnata regolazione - Regolazioni consentite da assegnate capacità: regolazione che più si avvicina a una prestabilita
 - b) Dighe: tipologia - Regolamento dighe - Dighe a gravità: profilo tipico - Verifica statica - Criteri di dimensionamento: triangolo fondamentale e coronamento - Dighe a gravità alleggerita: tipi e cenno al calcolo statico - Dighe ad arco: cenno alla verifica per anelli elastici indipendenti - Dighe

- a speroni: tipi, profilo dello sperone - Dighe in materiali sciolti: tipi - Linea di saturazione - Cenno alle verifiche di stabilità - Opere idrauliche di un serbatoio: scarichi di superficie: profilo delle dighe tracimabili e dispositivi per la dissipazione dell'energia della lama tracimabile - Altri tipi di scarichi di superficie. Laminazione delle piene - Scarichi di fondo e intermedi. Opere di presa.
- c) Traverse fluviali - Tipologia - Portata di progetto - Curve di utilizzazione - Opere di presa.
- d) Condotte e gallerie: generalità e dimensionamento; cenno al calcolo statico - Canali: generalità; dimensionamento; rivestimenti.
5. **Correnti in alvei erodibili, trasporto solido.** - Sedimenti coesivi e non coesivi - Inizio del movimento - Abaco di Shields - Forme di fondo: ripples, dune e antidune - Resistenze al moto - Trasporto di fondo: formule di Du Boys, Meyer-Peter e Muller, Einstein - Trasporto in sospensione e trasporto totale - Teoria dell'equilibrio limite e teoria del regime. Calcolo di un alveo stabile.

Esercitazioni

Riguardano le principali elaborazioni di modellistica idraulica ed idrologica nonché il calcolo di specifici dispositivi idraulici. Viene anche svolta la progettazione di massima di un acquedotto e di una fognatura.

Libri consigliati

A. Paoletti: Sistemi di drenaggio urbani. Fondamenti e nuove tendenze.
G. Evangelisti: Impianti Idroelettrici, Vol. I.

Dispense del Dipartimento I.I.A.R.

M. Marchetti: Fognature urbane
A. Paoletti: Lezioni di Idraulica Fluviale
Esercitazioni di Costruzioni Idrauliche

Libri consigliati per la consultazione

A. Dupont: Hydraulique urbaine, Vol. I e II. Eyrolles, Paris.
F. Marzolo: Costruzioni Idrauliche, CEDAM, Padova.
Fair, Geyer, Okun: Water and Wastewater Engineering, Vol. I, John Wiley e Sons, New York.

COSTRUZIONI IN ACCIAIO

AN0038

(per gli allievi di Ingegneria Civile: indir. ergotecnico, idraulico, trasporti; e di Ingegneria Edile)
Prof. Fabrizio DE MIRANDA

Programma d'esame

- a) **Caratteristiche generali della costruzione in acciaio.**
- 1) Caratteristiche peculiari della costruzione in acciaio.
 - 2) Le caratteristiche tecnologiche degli acciai da costruzione.
 - 3) I prodotti siderurgici.
 - 4) I sistemi di unione degli elementi costruttivi.
 - 5) La composizione costruttiva nella formazione delle membrature strutturali.
 - 6) I collegamenti di assemblaggio e di forza: tipologie e calcolo.
 - 7) Tipologie degli elementi strutturali:
 - travi reticolari;
 - travi a parete piena;
 - aste e travi scatolari;
 - travi composte in acciaio e c.a.
 - vincoli esterni delle strutture in acciaio
 - 8) La fabbricazione delle strutture in acciaio.
 - 9) Il montaggio delle costruzioni in acciaio.
- b) **L'analisi strutturale delle costruzioni in acciaio:** norme tecniche, carichi, comportamento statico e dinamico, verifiche di resistenza e di stabilità, verifiche della resistenza a fatica, modalità esecutive di varie tipologie strutturali delle costruzioni in acciaio.

- 1) Coperture.
- 2) Strutture in acciaio per costruzioni monopiano
- 3) Strutture multipiano in acciaio.
- 4) Strutture in acciaio nella costruzione dei ponti.
- c) **Progettazione di una costruzione in acciaio** relativa ad alcune delle tipologie strutturali studiate in b).

Esercitazioni

Durante le esercitazioni viene svolto un seminario su aspetti particolari delle costruzioni in acciaio, seguito da revisioni periodiche dei progetti svolti nella parte c) del corso di lezioni e delle tesi di laurea.

Libri consigliati

G. Ballio, F. Mazzolani: Strutture in acciaio, HOEPLI

F. De Miranda, L. Strata: Lezioni di costruzioni in acciaio, SIDERSERVIZI, Milano, 1991.

COSTRUZIONI IN ACCIAIO

AN0038

(per gli allievi di Ingegneria Civile indirizzo strutturalistico)

Prof. Giulio BALLIO

Programma d'esame

- a) **Sistemi strutturali.**
 - 1 Edifici multipiano
 - 2 Edifici monopiano
 - 3 Modelli di calcolo
- b) **Sicurezza delle strutture in acciaio.**
 - 1 Affidabilità strutturale
 - 2 Metodo semiprobabilistico
- c) **Materiale e modalità d'unione.**
 - 1 Forme e tipi delle sezioni
 - 2 Imperfezioni geometriche e strutturali
 - 3 Gli acciai da carpenteria
 - 4 Unioni saldate
 - 5 Unioni bullonate
 - 6 Effetti delle caratteristiche di sollecitazione
 - 7 Verifiche di resistenza
- d) **Collegamenti.**
 - 1 Articolazioni
 - 2 Giunti tesi
 - 3 Giunti compressi
 - 4 Giunti inflessi
 - 5 Giunti trave-colonna
 - 6 Giunti di composizione delle sezioni
- e) **Resistenza degli elementi strutturali.**
 - 1 Stato limite di utilizzazione
 - 2 Stato limite elastico
 - 3 Stato limite plastico
- f) **Stabilità degli elementi strutturali.**
 - 1 Aste compresse
 - 2 Aste inflesse
 - 3 Aste pressoinflesse
 - 4 Le aste nella struttura
 - 5 Effetti locali
 - 6 Lastre piane irrigidite
- g) **Calcolo sismico delle strutture in acciaio.**

- 1 Dimensionamento delle membrature
- 2 Dimensionamento dei collegamenti

Esercitazioni

Durante le esercitazioni saranno svolte applicazioni numeriche e progettuali relative al programma d'esame.

Libri consigliati

Ballio, Mazzolani: Strutture in acciaio - ed. Hoepli.

Ballio, Mazzolani: Theory and Design of Steel Structures - ed. Chapman and Hall

Finzi, Nova: Elementi strutturali - ed. CISIA

COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO E PRECOMPRESSO**AN0109****Prof. Franco MOLA***Programma d'esame*

1. **Concetti introduttivi.** Carattere ed aspetti basilari delle costruzioni in cemento armato. L'evoluzione delle costruzioni. Il cemento armato pre-compresso. I fondamenti meccanici del comportamento delle sezioni e degli elementi in cemento armato. Gli aspetti connessi alla sicurezza: I metodi di analisi deterministici e probabilistici, stati limite.
2. **Le leggi costitutive del calcestruzzo e dell'acciaio.** Calcestruzzo: comportamento monoassiale, comportamento pluriassiale. Effetto del confinamento. Le deformazioni differite di viscosità e ritiro. Acciaio: comportamento sotto tensioni monotone, ripetute, cicliche. Gli acciai ordinari. Gli acciai ad alta resistenza. Caratterizzazione delle leggi costitutive. Forma e diametro delle barre. Forma, dimensione e assemblaggi degli elementi di precompressione.
3. **Resistenza delle sezioni in presenza di flessione e forza normale.** Ipotesi di base. Deformazioni ultime. Distribuzione delle tensioni nella zona compressa di calcestruzzo. Raccomandazioni normative. Verifica e progetto delle sezioni. I diagrammi di interazione flessione-forza normale per flessione monoassiale. Cenno alla flessione biassiale. Il progetto della sezione per assegnata duttilità. La superficie meccanica momento-curvatura-forza normale. Elementi snelli, effetti della non linearità geometrica. Metodi di analisi degli elementi snelli: generale, delle curvature di equilibrio, delle forze laterali equivalenti. Effetto delle deformazione differite, delle deformazioni imposte e dei cedimenti dei vincoli. Applicazione a semplici schemi iperstatici. Disposizioni normative, snellezze limite.
4. **Resistenza degli elementi in presenza di taglio e torsione.** Meccanismi resistenti. Il modello teorico di Morsch e le sue modificazioni. I metodi per la determinazione della resistenza ultima e le disposizioni normative Interazione taglio-flessione. Effetti locali e loro valutazione. Le sollecitazioni di punzonamento. Modelli teorici di equilibrio. Interazione fra punzonamento e flessione negli appoggi di estremità delle travi continue. I meccanismi resistenti a torsione e loro modelli teorici: elastico, elasto plastico, della trave cava equivalente. Il traliccio di Rausch. La torsione non uniforme e sua analisi per gli elementi prefabbricati precompressi.
5. **Aderenza ed ancoraggio delle barre.** Natura dell'aderenza e sue caratteristiche. Stati di sforzo locali nelle zone di ancoraggio. I meccanismi ultimi di trasferimento delle forze fra acciaio e calcestruzzo. Azioni ripetute e danneggiamento. Lunghezze di ancoraggio. Disposizioni normative.
6. **Il comportamento delle strutture in esercizio.** Azioni permanenti, effetti della viscosità e teoremi fondamentali. Le strutture non omogenee e le funzioni di rilassamento ridotte. Variazione di tensione nelle sezioni precomprese. Effetti della iperstaticità nelle travi precomprese. Modelli normativi e relative raccomandazioni.
7. **Fessurazione e deformazione delle sezioni e delle strutture in cemento armato.** La necessità del controllo della fessurazione. Il problema del degrado chimico del calcestruzzo. Cause della fessurazione. Meccanismo della fessurazione per flessione. Il contributo irrigidente del calcestruzzo. Le deformazioni a lungo termine. I diagrammi momenti curvatura per sezioni in cemento armato e cemento armato precompresso, modelli generali e formule approssimate. Calcolo degli spostamenti. Raccomandazioni normative e limiti dimensionali.
8. **Analisi delle strutture in cemento armato.** L'analisi elastica in esercizio e le ridistribuzioni

delle sollecitazioni prodotte dalla fessurazione. L'analisi elastica con redistribuzione allo stato limite ultimo. Requisiti di duttilità. I diagrammi momento-rotazione. Metodi di analisi generale. Raccomandazioni normative. cenno all'analisi di elementi inflessi bidimensionali ed al dimensionamento delle armature.

- 9. Le disposizioni costruttive nelle strutture in c.a. e c.a.p.** Il modello puntone tirante, regioni a trave e regioni diffuse. Dettagli di armatura nelle travi snelle e nelle colonne. Effetto di deviazione delle barre e dei cavi. Le unioni travi-colonne. Le unioni tra elementi eterogeni. Unioni mediante inserti metallici. Resistenza di connettori metallici solidali a parti di calcestruzzo. Dettagli d'armatura in elementi tozzi: le travi parete, le mensole tozze, le selle di appoggio, i plinti di fondazione.
- 10. Il progetto e l'analisi delle costruzioni in cemento armato e cemento armato precompresso.** Gli organismi strutturali e le tecniche di analisi. Effetto delle azioni laterali e gli organismi di controvento. Strutture per edifici e strutture speciali: gli edifici alti, le opere infrastrutturali per la viabilità, le opere in sotterraneo. I moderni sistemi costruttivi e loro interazione con il comportamento in transitorio e definitivo delle strutture. Le grandi opere in cemento armato precompresso, caratteri distintivi e moderni metodi di modellazione ed analisi per la misura della loro sicurezza in esercizio ed allo stato limite ultimo.

Esercitazioni

Consisteranno nello sviluppo di argomenti teorici svolti a lezione e nelle relative applicazioni numeriche. Saranno condotte verifiche e progetto di sezioni ed elementi strutturali sotto la guida del Docente.

Modalità d'esame

L'esame consiste nella interrogazione su argomenti teorici svolti a lezione e sulla impostazione e risoluzione di casi teorico-pratici emergenti dalle interrogazioni ed atti alla valutazione delle capacità decisionali e della correttezza nella applicazione di tecniche di progetto ed analisi conseguite dall'Allievo.

Testi consigliati:

Park R., Paulay T. : Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York, 1975.

Nilson A., Winter G. : Design of Concrete Structures, McGraw Hill, New York, 1991.

Mc Gregor J.: Reinforced Concrete, Mechanics and Design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992.

Migliacci, Mola : Progetto agli stati limite di strutture in c.a., Masson, 1985.

Leonhardt F., C.A. & C.A.P., Edizioni tecniche, Milano, 1978.

Walter R., Ed. Traité de Genie Civil, Voll. 7-8 : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1993.

Appunti distribuiti dal Docente durante lo svolgimento del Corso.

COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA

AN0111

Prof. Alberto CASTELLANI

Programma d'esame

Analisi delle sollecitazioni sismiche: Eurocodici e Normativa italiana competente. definizione del "terremoto di progetto" come intensità e spettro di frequenza dell'accelerazione del terreno; interazione struttura-fondazione-terreno; verifiche di capacità portante e di margini alla liquefazione; applicazione dell'analisi modale al comportamento degli edifici sotto azioni sismiche; calcolo delle rigidezze rispetto ad azioni laterali di un telaio con pareti di taglio; assemblaggio delle rigidezze di vari telai; condensazione statica della matrice di rigidezza di un edificio o di un telaio; criteri pratici per l'estensione dei risultati dei calcoli elastici ai sistemi sollecitati oltre il limite di elasticità; cenni alla sismicità in Italia; criterio di progetto, dimensionamento delle armature; osservazioni sui danni strutturali prodotti in terremoti recenti; duttilità delle strutture, strutture prefabbricate, murature.

Analisi degli effetti del vento: Normativa competente; definizione delle sollecitazioni di progetto prodotte dal vento; aerodinamica delle strutture; fonti per il reperimento dei coefficienti aerodinamici; simulazione del fenomeno atmosferico mediante la galleria del vento; effetto del vento sugli edifici durante la fase di costruzione; oscillazioni di Karman.

Modalità d'esame

L'esame consiste nell'impostare correttamente lo schema di calcolo di un edificio multipiano generalmente nell'ipotesi di poter ricorrere ai programmi di calcolo (tipo ETABS) depositati presso il Centro di Calcolo o, in alternativa nell'ipotesi di ricorrere ad un modello sperimentale.

Libri consigliati

Costruzioni in zona sismica ed. Masson Italia Editori - Milano.

COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA**AN0105***(Ingegneria sismica appl. al territ.)***Prof. Ezio FACCIOLI****Programma d'esame**

Parte I: Concetti fondamentali sui terremoti, le onde sismiche, la strumentazione, la misura e la rappresentazione della severità dei terremoti.

1. Sismicità globale, tettonica delle zolle e grandi terremoti recenti, inquadramento sismotettonico e sismico del territorio italiano.
2. Rappresentazioni semplici della sorgente sismica, onde elastiche in 1 dimensione, amplificazione sismica locale e tecniche di calcolo, equazioni generali delle onde elastiche, onde piane, onde di tipo SH e P-SV. Modello di Brune, attenuazione anelastica e fattore Q.
3. Principi fondamentali della sismometria, condizionamento e filtraggio dei segnali sismici, magnitudo, accelerometria "strong motion" analogica e digitale, dati italiani.
4. Spettri di risposta e spettri di Fourier dei segnali sismici, tecniche numeriche di calcolo. Osservazioni sugli spettri della normativa.
5. Relazioni di attenuazione nell'ingegneria sismica, intensità e scale macrosismiche, grandi terremoti storici italiani.

Parte II: Zonazione sismica, pericolosità e rischio.

1. Definizioni, effetti dei terremoti sul territorio.
2. Macrozonazione, cataloghi di terremoti e loro trattamento statistico, relazione di Gutenberg-Richter, zone sismogenetiche e loro caratterizzazione probabilistica.
3. Valutazione della pericolosità sismica con metodo probabilistico e statistico.
4. Microzonazione: scala del problema, fattori che governano la risposta sismica locale, elementi di dinamica dei terreni.
5. Parametri e carte di microzonazione. Studio di casi, con particolare riferimento al territorio italiano.
6. Metodologie per la valutazione globale del rischio associato da terremoti.

Esercitazioni

Le esercitazioni fanno parte integrante del corso, ed il loro contenuto non viene rigidamente separato da quello delle lezioni. In particolare, si impartiranno le nozioni necessarie per il trattamento numerico dei segnali sismici con le tecniche basate sulla trasformata rapida di Fourier (FFT) e per il calcolo probabilistico della sismicità locale con il metodo di Cornell. Verrà inoltre assegnata agli studenti l'esecuzione di prove pratiche.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale e nella valutazione finale sarà tenuto conto dell'esito delle prove pratiche sostenute durante l'anno.

Libri consigliati

Per alcune delle tematiche svolte nella prima parte del programma (Concetti fondamentali), può essere utilizzato:

B.A. Bolt: I terremoti, Zanichelli, Bologna.

Per la maggior parte del programma, verrà distribuito direttamente dal docente il materiale necessario.

DIAGNOSTICA DEGLI IMPIANTI MOTORI (Corso Libero)
Prof. Aldo COGHE
AK0102*Programma d'esame*

Diagnostica come identificazione e interpretazione delle situazioni anomale di funzionamento e attivazione delle azioni correttive conseguenti. Diagnostica in tempo reale.

Modelli di riferimento per impianti motori termici.

Bilanci principali per i vari componenti, per il fluido di processo e per i fluidi ausiliari.

Richiami e ampliamenti riguardo agli elementi primari e catene di misura delle grandezze più importanti ai fini diagnostici:

- temperature dei fluidi di processo
- temperature dei metalli delle pareti
- pressioni
- velocità
- portate
- vibrazione
- rumore
- caratteristiche chimico-fisiche dei fluidi

Sistemi di controllo digitali e acquisizione dati. Implementazione delle funzioni diagnostiche. Criteri di attribuzione delle priorità di effettuazione, di elaborazione e acquisizione delle misure. Uso dei diversi livelli di interrupt e metodi di comunicazione. Interpretazione delle misure e azioni conseguenti sui parametri di processo controllati, richieste di intervento e ottimizzazione della manutenzione.

Esame delle firme (termiche, vibrazionali, acustiche).

Esame dello stato dei componenti di macchine termiche, tecniche di ispezione non intrusive, ispezione endoscopica, misura degli spessori di incrostazione.

Libri consigliati

R.P. Benedict: Fundamentals of temperature pressure and flow measurements, J. Wiley & Sons.

H.P. Norton: Sensor and Analyzer Handbook, Prentice-Hall.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento in aula di semplici esercizi inerenti agli argomenti del corso. La frequenza è del tutto libera.

Modalità d'esame

Tutti gli allievi iscritti al corso sono ammessi all'esame. L'esame orale è preceduto da una prova scritta. L'ammissione all'orale non è condizionata all'esito dello scritto.

DINAMICA DELLE STRUTTURE
AN0106
Prof. Alfredo CASTIGLIONI
Programma d'esame
1. Dinamica dei sistemi ad un solo grado di libertà.

- a) Sistemi lineari conservativi - oscillazioni libere - oscillazioni forzate dovute a forze periodiche.
- b) Sistemi lineari con smorzamento: oscillazioni libere, oscillazioni forzate, dovute a forze periodiche (soluzione mediante sviluppo in serie di Fourier) risposta ad una perturbazione di legge qualsiasi (integrale di Duhamel) - strutture che possono ridursi ad un sistema ad un solo grado di libertà (massa e costante elastica equivalenti) - oscillazioni dovute a spostamento impresso - teoria del vibrografo - cenni sull'isolamento delle vibrazioni.
- c) Sistemi elastoplastici (*) moto dell'oscillatore ad un grado di libertà con forze di richiamo di tipo elastoplastico - esempi di integrazione delle equazioni del moto.
- d) Metodi numerici per il calcolo della risposta a forze assegnate.

2. Dinamica dei sistemi lineari di un numero finito di gradi di libertà (strutture elastiche con masse concentrate).

- a) Sistemi conservativi (senza smorzamento): - Introduzione: schematizzazione di una struttura

come sistema ad n gradi di libertà - oscillazioni libere pulsazioni naturali - modi principali-ortogonalità - coordinate principali - oscillazioni forzate dovute a forze armoniche - disaccoppiamento delle equazioni del moto - risposta ad una perturbazione variabile nel tempo con legge qualsivoglia - metodi numerici per il calcolo delle frequenze naturali e la determinazione dei modi principali - (*) i teoremi di Rayleigh.

- b) Sistemi lineari in presenza di forze smorzanti: la funzione di dissipazione - condizione sufficiente per il disaccoppiamento delle equazioni del moto - risposta a forze armoniche nel tempo o variabili con legge qualsivoglia - applicazione alla dinamica delle travi ed alla dinamica delle strutture a telaio - applicazione della teoria delle oscillazioni dei sistemi ad n gradi di libertà alla dinamica sismica - Integrazione numerica delle equazioni del moto.

3. Dinamica dei sistemi continui.

- a) Vibrazioni flessionali delle travi: oscillazioni libere - oscillazioni principali - metodo di Rayleigh-Ritz per la determinazione degli autovalori e delle autofunzioni - risposta dinamica a forze perturbatrici con legge di variazione periodica nel tempo od aperiodica - (*) travi soggette a carichi mobili (forza costante o pulsante che si sposta con velocità costante) - (*) vibrazioni di una trave percorsa da una massa molleggiata - (*) effetto dell'azione assiale sulle vibrazioni flessionali - (*) influenza delle deformazioni dovute all'azione tagliante e dell'inerzia rotatoria - (*) oscillazioni torsio-flessionali.
- b) vibrazioni di travature costituite da travi ad asse rettilineo: vibrazioni libere - vibrazioni forzate dovute a forze variabili con legge periodiche e non periodica.
- c) Vibrazioni delle piastre e delle volte sottili: (*) studio delle vibrazioni libere e forzate delle piastre rettangolari e circolari - (*) oscillazioni della volta cilindrica a direttrice circolare.
- d) Discretizzazione del continuo con il metodo degli elementi finiti: matrice delle rigidezze e delle inerzie per strutture mono e bidimensionali - equazioni del moto nel caso di forze e di spostamenti impressi - (*) riduzione dei gradi di libertà (condensazione).

(*) Degli argomenti segnati con asterisco fanno parte del programma di esame soltanto quelli svolti a lezione, i restanti sono facoltativi.

Esercitazioni

Parallelamente al corso si svolgono le esercitazioni: verranno sviluppati e discussi esercizi completi: gli allievi saranno seguiti nello sviluppo di altri simili.

Libri consigliati

A. Castiglioni: Introduzione alla dinamica delle costruzioni ed. Tamburini.

Gli allievi potranno consultare con profitto i seguenti testi disponibili presso la Biblioteca del Dipartimento:

C. Gavarini: Dinamica delle Strutture ESA, Roma.

C.B. Warburton: The Dynamical Behaviour of Structures, Pergamon Press.

I.M. Biggs: Introduction to Structural Dynamic, McGraw-Hill.

Clough-Penzien: Dynamics of Structures, McGraw-Hill.

L. Meirovitch: Computational Methods in Structural Dynamics, Sijthoff and Noordhoff.

L. Meirovitch: Analytical Methods in Vibrations, The Macmillan Company.

DINAMICA E CONTROLLO DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

AV0106

Prof. Antonio NOVELLI

Programma d'esame

a) CINETICA DEI REATTORI TERMICI E VELOCI.

- 1. Generalità definizioni:** La fissione nucleare. Neutroni pronti e neutroni ritardati. Vita media neutronica e invarianti del reattore. Ciclo neutronico. Equilibrio del reattore. Reattività. Periodo stabile e periodo istantaneo. Funzioni di distribuzione del flusso neutronico.
- 2. Teoria del reattore nucleare a potenza zero:** Equazioni della cinetica dei reattori nucleari a potenza zero. Passaggio delle equazioni a parametri distribuiti, alle equazioni della cinetica dipendenti dal solo tempo. Relazione analitica fra reattività e periodo asintotico. Unità di misura della reattività. Funzioni di trasferimento reattività \rightarrow densità neutronica a potenza zero. Risposta

del reattore critico e in equilibrio, al gradino positivo e negativo di reattività. Il problema dell'avviamento del reattore. Transistori di ripristino della criticità. Analisi grafica dei transistori a reattività costante.

3. **Il reattore nucleare a potenza elevata:** Reattività intrinseche a breve, medio e lungo termine. Effetti di temperatura, di potenza, di vuoto, di veleni e di tasso di combustione. Coefficienti isotermi di temperatura e coefficienti di potenza per la reattività. Loro metodi di misura. Schema generale del flusso di segnale per il funzionamento del reattore in condizioni nominali. Stabilità del reattore nei diversi casi di retroazione. Avvelenamento del reattore per prodotti di fissione instabili. Dinamica dell'avvelenamento da Xenon-135 e valori di equilibrio delle concentrazioni di Xenon-135 e Iodio-135. Arresto rapido e sue conseguenze. Il problema del riavviamento in presenza di veleni. Esaurimento del combustibile, avvelenamento per prodotti di fissione stabili (Samarium-149). Oscillazioni spaziali per avvelenamento da Xenon-135. Transistori spaziali per variazioni rapide di reattività impressa. Cenni alla loro trattazione col metodo dei "Bucklings" armonici.
- b) SISTEMI NON LINEARI.**
1. **Teoria generale dei sistemi autonomi:** Soluzione analitica locale-generale. Masoniano e auto-ingresso del sistema. Tracciamento degli schemi di flusso parametrici. Stabilità generale.
- c) CALCOLO ANALOGICO.**
1. **Elementi di calcolo analogico:** L'amplificatore operazionale: suo impiego come sommatore e integratore. Attenuatore e suo impiego.
 2. **Applicazione al controllo del reattore:** Simulazione analogica delle equazioni della cinetica del reattore a potenza zero e del reattore con retroazioni di potenza. Reattivimetri analogici.
- d) SISTEMA DI CONTROLLO DEGLI IMPIANTI ELETTRONUCLEARI.**
1. **Introduzione:** Funzioni e caratteristiche del sistema di controllo di un impianto elettronucleare.
 2. **Caratteristiche di funzionamento in condizioni quasi stazionarie:** Variazioni di reattività. Variazioni di reattività a medio e lungo termine. Programmi stazionari di funzionamento.
 3. **Sistema di controllo:** Controllo del reattore. Schemi generali di regolazione per impianti con reattori termici. Schemi generali di regolazione per impianti con reattori veloci. Caratteristiche del sistema di protezione. Affidamento dei sistemi di protezione. Uso dei calcolatori numerici in linea.
 4. **Sensori:** Concetti generali: strumentazione convenzionale. Strumentazione Nucleare. Strumentazione speciale. Esempio di strumentazione di un reattore.
 5. **Canali di elaborazione:** Canali di regolazione. Canali di protezione.
 6. **Attuatori:** Generalità sugli attuatori del sistema di controllo. Esempi di attuatori di controllo di impianti elettronucleari. Principali caratteristiche neutroniche degli attuatori di controllo della reattività. Esempio di barre solide, caratteristiche costruttive e di funzionamento. Esempi di barre fluide. Attuatori del sistema del moderatore e del sistema termovettore.
- e) DINAMICA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI: ANALISI E MISURE.**
1. **Dinamica degli impianti nucleari:** Generazione della potenza termica nel nocciolo e suo trasferimento al refrigerante. Dinamica del refrigerante. Dinamica del circuito termovettore.
 2. **Misure delle caratteristiche dinamiche:** Misura delle funzioni di trasferimento. Spettri di potenza di rumore stazionario. Funzioni di auto e mutua correlazione. Perturbazione a sequenza binaria. Applicazioni a reattori nucleari.
 3. **Misure di reattività:** Metodi sperimentali per ottenere uno standard di reattività.

Esercitazioni

Uso dei metodi di Bode e di Nyquist. Uso del metodo del luogo delle radici. Risposta al gradino di reattività. Studio della funzione di trasferimento della cinetica neutronica. Cinetica neutronica con una o più retroazioni semplici. Combustibile: metodi di cellizzazione. Refrigerante: Problemi di trasporto. Dinamica di un impianto nucleare. Regolazione della pressione. Dinamica di un impianto nucleare regolato.

Libri consigliati

T.J. Thompson, J.G. Berckerley Editors: The technology of nuclear reactor safety. Vol. I: Reactor Physics and Control. The M.I.T. Press 1974.

G. Colombo: Manuale dell'ingegnere, 81a ed. Hoepli 1985, Sez. O.

A. Novelli: Elementi di controllo dei reattori nucleari, CLUP, marzo 1985.

DINAMICA E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI (1/2 annualità)
Prof. Maurizio ROVAGLIO**AF0109***Programma d'esame***1. Introduzione.**

Dinamica e controllo di processo, obiettivi, cenni storici, prospettive e incentivi nel controllo dei processi chimici. Applicazione e sviluppo di sistemi avanzati di controllo.

2. Dinamica.

Dinamica nel dominio del tempo: Linearizzazione e variabili di perturbazione, modelli lineari del primo ordine e di ordine superiore. Sistemi non lineari, sistemi di equazioni algebrico-differenziali alle derivate ordinarie e alle derivate parziali, algoritmi per la risoluzione numerica. Esempi ed applicazioni relativi ai forni industriali e al funzionamento ciclico dei reattori chimici.

Dinamica nel dominio di Laplace: definizioni, trasformate di Laplace di alcune funzioni base, trasformata della derivata e dell'integrale, teorema del valore iniziale e del valore finale. La risoluzione dei sistemi lineari di equazioni differenziali. Funzioni di trasferimento e modelli "input-output". Dinamica dei sistemi del primo ordine e di ordine superiore. Esempi ed applicazioni relativi allo studio della stabilità dei reattori chimici e ai transitori di unità di scambio termico.

Dinamica nel dominio delle frequenze: teoremi base e rappresentazione, diagrammi di Nyquist, diagrammi di Bode, diagrammi di Nichols. Esempi ed applicazioni.

Modelli di Identificazione: metodi diretti, metodi a impulso, metodi a gradino. Esempi ed applicazioni.

3. Controllo in retroazione.

Introduzione al controllo in retroazione. Comportamento dinamico e risposta dei sistemi controllati in retroazione. Analisi di stabilità. Criteri e metodi di progetto del controllore in retroazione. Sistemi multivariabile ed introduzione al controllo d'impianto. Gradi di libertà e variabili controllate. Configurazioni alternative e criteri di scelta. Interazioni e disaccoppiamento. La definizione della struttura globale di un sistema di controllo con riferimento ad un impianto di frazionamento primario di greggio.

4. Tecniche di controllo avanzato.

Compensazione del tempo di ritardo. Controllo dei sistemi con risposta inversa. Controllo selettivo e controllo in cascata. I sistemi di controllo in anteazione. Controllo adattivo e controllo inferenziale. Esempi di applicazioni relativi al progetto di un sistema di controllo per distillazione azeotropica ed eterogenea.

5. Controllo digitale.

Dai sistemi continui ai sistemi discreti, conversioni ed interfacce analogico/digitali. Le trasformate Z. Risposta dinamica di un sistema discreto. Il progetto di un sistema di controllo digitale. Architettura del controllo distribuito, PLC e tecniche di programmazione. Ottimizzazione e strutturazione gerarchica del controllo. Filosofia del controllo integrato.

Esercitazioni

Esercitazioni pratiche sugli argomenti del corso saranno svolte su calcolatore attraverso l'ausilio di programmi oggi commercialmente disponibili (CONSYD, SPEEDUP, DYCODIS). Sono inoltre previste esercitazioni teorico-pratiche su sistemi DCS messi a disposizione da ditte specializzate operanti nel settore.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sulla materia del corso.

Libri consigliati

Luyben: Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers, Mc Graw-Hill Book Co., New York, NY (1989).

Stephanopoulos: Chemical Process Control. An Introduction to theory and Practice, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, NJ (1984).

Morari, Zafiriou: Robust Process Control, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ (1989).

Tsai, Lane, Lin: Modern Control Techniques for the Processing Industries, Marcel Dekker Inc., New York, NY (1986).

DINAMICA E CONTROLLO DELLE MACCHINE
Prof. Silvano PASINI**AK0109***Programma d'esame***1. INTRODUZIONE E GENERALITA'.**

- 1.1. Le macchine idrauliche e termiche ed i relativi impianti, considerati sotto l'aspetto dell'avviamento, del funzionamento fuori progetto, della regolazione e dei transitori.
- 1.2. Comportamento delle macchine: curve caratteristiche, similitudine e teoria dimensionale. Classificazione. Influenza della viscosità, della cavitazione e della comprimibilità.
- 1.3. Richiami di fluidodinamica: equazioni di moto e di conservazione dell'energia dei fluidi, ugello di De Laval, teoria della portanza e resistenza.
- 1.4. Fenomeni di instabilità nelle macchine.

2. NOZIONI FONDAMENTALI SULLA REGOLAZIONE E SUI REGOLATORI.

- 2.1. Generalità sulla regolazione. Concetti fondamentali. Definizioni.
- 2.2. Descrizione e rappresentazione di sistemi dinamici. Funzione di trasferimento. Stabilità.
- 2.3. Aspetti e logica della regolazione per macchine motrici ed operatrici. Regolazione turbogruppo in marcia singola. Funzionamento di turbogruppi in parallelo tra loro e con la rete.
- 2.4. Regolatori tachimetrici e tachiaccelerometrici. Principali configurazioni dei regolatori meccanici, idraulici, elettrici ed elettronici, funzione del variagiri e del limitatore di carico. Analisi di tacheogrammi.
- 2.5. Protezioni di una macchina e loro coordinamento con il regolatore.

3. MACCHINE A FLUIDO INCOMPRESSIBILE.

- 3.1. Utilizzazione della teoria della similitudine e dei diagrammi collinari per una macchina idraulica anche in condizione di fuori progetto.
- 3.2. Il laboratorio per la prova e lo sviluppo delle macchine idrauliche; condizioni di cavitazione sperimentale in impianti prova.
- 3.3. Impianti di accumulazione: giustificazione, organizzazione e architettura delle macchine. Aspetti del funzionamento e peculiarità dei transitori.
- 3.4. "Mini" turbine idrauliche: caratteristiche di funzionamento.
- 3.5. La regolazione delle macchine idrauliche: schemi a blocchi e parametri di regolazione. Funzione di trasferimento gruppo turbina-condotta-alternatore. Funzionamento in rete isolata o nazionale. Regolazione minicentrali.
- 3.6. Regolazione macchine operatrici; intervento delle valvole; problemi di moto vario.

4. MACCHINE A FLUIDO COMPRESSIBILE.**4.1. Compressori di gas.**

- 4.1.1 Richiami sulla logica della configurazione in relazione ai diversi impieghi.
- 4.1.2 Prestazioni dei compressori: curve caratteristiche e loro determinazione sperimentale.
- 4.1.3 Funzionamento e regolazione.
- 4.1.4 Aspetti dell'esercizio; protezioni.

4.2. Camere di combustione per turbine a gas.

- 4.2.1 Prestazione dei combustori e influenza dei diversi fattori su combustione e rendimento.

4.3. Turbina a gas.

- 4.3.1 Richiami sulla configurazione delle macchine e degli impianti in relazione alle caratteristiche ed alla esigenza dell'utilizzatore. Scelta del numero di giri e del numero degli alberi.
- 4.3.2 Regolazione degli impianti di turbina a gas; transitori di avviamento e fermata.
- 4.3.3 Applicazione all'autotrazione e regolazione relativa.

4.4. Rigeneratori e recuperatori.

- 4.4.1 Configurazione delle macchine in relazione ai diversi impieghi.
- 4.4.2 Comportamento nei transitori

4.5. Impianti con turbina a vapore.

- 4.5.1 Organizzazione e regolazione di centrali termoelettriche con turbina a vapore, anche in relazione al generatore di vapore. Aspetti dell'esercizio.
- 4.5.2 Regolazione dell'impianto e comportamento nei transitori. Struttura gerarchica del sistema e principali strategie di controllo.
- 4.5.3 Funzionamento e prestazioni del generatore di vapore; regolazione con variazione dell'eccesso d'aria, ricircolazione e gas tempering. Attemperatori.

4.6. Motori termici alternativi.

4.6.1 Richiami cicli e grandezze**4.6.2** Regolazione e curve caratteristiche di funzionamento**4.6.3** Carburazione ed iniezione: sistemi di regolazione**5. DIAGNOSTICA DELLE MACCHINE A FLUIDO.**

- 5.1.** Problematica delle macchine in situazioni anomale di funzionamento: identificazione dei fenomeni evidenziati, interpretazione circa le cause ed attivazione delle azioni correttive necessarie.
- 5.2.** Diagnostica in tempo reale. Modelli di riferimento ed implementazione di funzioni diagnostiche.
- 5.3.** Esame delle firme (termiche, vibrazionali, acustiche) e dello stato dei componenti (tecniche di ispezione non intrusive).
- 5.4.** Richieste di intervento manutentivo (programmato o di emergenza).

Esercitazioni

In sede di esercitazione saranno sviluppate applicazioni connesse agli argomenti oggetto del corso. Le esercitazioni includono anche attività pratiche di laboratorio, che consentano di acquisire un minimo di familiarità con strumentazione e metodologie di prova di macchine rientranti nell'ambito del corso, nonché visite ad impianti e partecipazione a seminari didattici di approfondimento di specifici argomenti dell'insegnamento.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti in programma

Libri consigliati

- P.M. Pellò - Complementi di Macchine - Vol. 1 e 2- Ed. CLUP - Milano
 P.M. Pellò - Turbocompressori e turbogas nel settore industriale - Ed. CLUP - Milano
 G.T. Csanady: Theory of Turbomachines, Ed. McGraw-Hill, New York
 S. Bittanti, N. Schiavoni: Modellistica e Controllo, Voll. I e II, Ed. CLUP, Milano.
 H.P. Norton: Sensor and Analyzer Handbook, Ed. Prentice-Hall.

DIRITTO COMMERCIALE
Prof. Luigi Arturo BIANCHI
AQ0104*Programma d'esame***PARTE I. L'impresa commerciale e le sue forme organizzative.****A. L'imprenditore.**

1. Il concetto di imprenditore.
2. Imprenditore commerciale.
3. Imprenditore agricolo.
4. Il piccolo imprenditore.
5. La disciplina (lo "statuto") dell'imprenditore commerciale.

B. Le società di persone.

1. Il contratto di società.
2. La società semplice.
3. La società in nome collettivo.
4. La società in accomandita semplice.

C. Le società per azioni.

1. Origini storiche delle società per azioni - Disciplina del codice del 1942, riforma del 1974 e tematica della grande impresa e dei gruppi.
2. La fattispecie costitutiva.
3. L'azione: a) come documento; b) come frazione di capitale; c) come complesso di diritti.
4. Le operazioni sulle azioni. Controllo e gruppi.
5. L'assemblea.
6. Gli amministratori.
7. I sindaci. Le società di revisione.
8. I bilanci.

- 9. Emissione di obbligazioni.
- 10. Controllo giudiziario.
- 11. Le modificazioni dell'atto costitutivo.
- 12. La fattispecie estintiva.
- 13. Trasformazione, fusione e scissione.
- D. Le altre società di capitali.**
 - 1. La società in accomandita per azioni.
 - 2. Le società a responsabilità limitata.
- E. Le società a scopo mutualistico.**
 - 1. Le cooperative e le mutue assicuratrici.
 - 2. Consorzi e società consortili.
- F. Le società speciali.**
 - 1. Società con azioni quotate in borsa.
 - 2. Società di gestione di fondi comuni di investimento.
 - 3. Società finanziarie, bancarie e assicurative.
 - 4. Società di intermediazione mobiliare.
 - 5. Società di professionisti.

PARTE II. I beni dell'impresa commerciale.

A. L'azienda.

- 1. Definizione dell'azienda.
- 2. Negozi e diritti sull'azienda.
- 3. Difesa dell'azienda.
- 4. La concorrenza sleale.

B. I segni distintivi e la proprietà intellettuale e industriale.

- 1. La ditta e l'insegna.
- 2. Il marchio.
- 3. Il brevetto per l'invenzione.
- 4. I modelli industriali.
- 5. Il copyright.

C. I titoli di credito.

- 1. Cambiale.
- 2. Assegno.
- 3. Gli altri titoli di credito.

PARTE III. L'attività dell'impresa commerciale.

A. I contratti di fornitura e distribuzione.

- 1. Compravendita.
- 2. Somministrazione.
- 3. Contratto estimativo.
- 4. Distribuzione esclusiva.
- 5. Concessione di vendita.
- 6. Agenzia.
- 7. Franchising.

B. I contratti di appalto, di servizi e di finanziamento.

- 1. Mandato e commisione.
- 2. Spedizione.
- 3. Trasporto.
- 4. Deposito.
- 5. Assicurazione.
- 6. I contratti bancari.
- 7. Leasing.
- 8. Factoring.

C. I contratti di cooperazione.

- 1. Contratti di joint venture.
- 2. Contratti di ricerca e sviluppo.
- 3. Contratti di specializzazione.
- 4. Trasferimenti di tecnologia.
- 5. Licenze di brevetto.

6. Licenze di marchio.
7. Accordi che disciplinano la concorrenza.

D. Il diritto antitrust.

1. Le regole di concorrenza nella CEE.
2. La disciplina nazionale antitrust.

PARTE IV. La crisi dell'impresa commerciale.

A. Le procedure concorsuali classiche.

1. Fallimento.
2. Concordato preventivo.
3. Amministrazione controllata.
4. Liquidazione coatta amministrativa.

B. Le procedure nuove.

1. Amministrazione straordinaria.
2. Prospettive di riforma.

Libri consigliati

Campobasso: Diritto Commerciale, 3 Vol., UTET, Torino.

Per gli studenti frequentanti, il programma potrà essere preparato su: AULETTA-SALANITRO, Diritto Commerciale, ultima edizione, Giuffrè. Durante il corso verranno fornite le ulteriori, limitate indicazioni sulla parte del corso che non è trattata nei più diffusi manuali di diritto commerciale.

DISEGNO

AJ0108

Prof. Vincenzo DE BARTOLO

Programma d'esame

1. Il disegno quale mezzo di rappresentazione e d'espressione nella progettazione e nel rilievo di oggetti architettonici e organismi tridimensionali: concetti generali correlati a pratiche esemplificazioni di disegno tecnico. Il disegno "geometrico", pezzi per il disegno e il loro uso corretto. Elementi di grafica; fenomenologia della visualizzazione.
2. L'unificazione e il disegno: criteri informativi e applicazioni pratiche dal disegno territoriale al dettaglio tecnologico; cenni e differenze d'impostazione in rapporto alle diverse tecniche.
3. I metodi di rappresentazione teorizzati dalla Geometria descrittiva: le proiezioni ortogonali, convenzioni nazionali ed internazionali, modalità di applicazione. Le proiezioni assonometriche ortogonali e oblique. Le proiezioni centrali e le proiezioni prospettiche; le proiezioni quotate.
4. Metodologia del rilievo di edifici e complessi edilizi esistenti, il rilievo urbano.
5. Il disegno di ingegneria: applicazione dei metodi di rappresentazione al disegno territoriale e operativo tecnico; Temi e problemi connessi alle esigenze del Corso di Laurea. Cartografia, mappe catastali, ecc., esempi di rilievi e di progetti di massima od esecutivi come strumenti di studio del territorio o delle opere ed impianti di Ingegneria e con particolare riguardo alla pianificazione, all'impiantistica inerente al territorio, e alle opere di difesa dell'ambiente. Utilizzo delle nuove tecnologie computerizzate per la rappresentazione grafica.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno in applicazioni grafiche a mano libera e con l'uso degli strumenti, strettamente correlate al programma.

Durante il corso verranno effettuate alcune prove estemporanee che formeranno basilare elemento per la valutazione finale.

Modalità d'esame

Il voto dell'esame verrà assegnato tenendo conto dell'esito delle prove svolte durante l'anno.

La prova grafica di esame, nelle sue modalità, rimarrà pertanto facoltativa per coloro che desiderino integrare la valutazione del proprio rendimento annuale; sarà invece obbligatoria per gli allievi i quali non presentassero una somma sufficiente e comunque soddisfacente di elementi di giudizio: in tal caso essi sono tenuti a prendere contatto preliminare col Docente, in anticipo sulla data dell'esame, onde precisare la propria situazione e avere opportune indicazioni.

Libri consigliati

M. Ducci: Manuale di disegno architettonico, Bari 1985.

Manuale dell'Ingegnere; Manuale dell'Architetto; Norme per il disegno tecnico, - edizioni U.N.I. - N1 - Vol. III.o, Milano.

DISEGNO ASSISTITO DAL CALCOLATORE**AR0122**

(per gli allievi di Ingegneria Elettrica e Nucleare)

Prof. Claudio LUINI*Programma d'esame***Metodo delle proiezioni ortogonali.**

Rappresentazione del punto, della retta, del piano; condizioni di appartenenza; problemi grafici fondamentali; condizioni di parallelismo; condizioni di perpendicolarità; ribaltamento del piano proiettante; distanze; ribaltamento di piano generico; terzo piano di proiezione.

Metodo delle proiezioni centrali.

Rappresentazione della retta, del piano, del punto.

Prospettiva.

La rappresentazione prospettica degli enti fondamentali. La prospettiva nelle norme. Il calcolo della trasformazione prospettica.

Assonometria.

L'assonometria obliqua e ortogonale: gli elementi caratteristici. La rappresentazione assonometrica degli enti fondamentali. L'assonometria nelle norme. Il calcolo delle trasformazione assonometrica.

Computer graphics.

Aspetti introduttivi (storia, significato dei termini usuali). La struttura di un sistema CAD (l'interprete dei comandi, l'hardware di calcolo e per la grafica, sistemi grafici). Fondamenti di computer graphics (tecniche di tracciamento per punti, clipping, windowing). Gli standards grafici (GKS, PHIGS). I metodi di visualizzazione del modello. La modellazione parametrica. Aspetti del collegamento fra CAD e lavorazioni meccaniche.

Esercitazioni

Esercizi di geometria descrittiva (proiezioni ortogonali, centrali, prospettiva, assonometria). La normativa nel disegno tecnico. Gli schemi degli impianti industriali. Esercizi di disegno tecnico (sezioni, viste etc.) di pezzi meccanici e di organi delle macchine. Lettura di disegni tecnici e di schemi impiantistici.

Libri consigliati

P. Davoli, A. Girotti, C. Luini, M.L. Veronesi: Disegno - Metodi di rappresentazione, Disegno tecnico, Computer, Graphics, CAD, CittàStudi, 1991.

Altri Libri consigliati

O. Chisini, G. Masotti Biggioggero: Lezioni di geometria descrittiva, Masson, 1984.

W.N. Newman, R.F. Sproul: Principi di Computer Graphic, McGraw-Hill, 1979-86.

S. Harrington: Computer Graphics, McGraw-Hill, 1983-85.

W.K. Giloi: Interactive Computer Graphics, Prentice-Hall, 1978.

I.F.A.O.: CAD2D, CAD3D, CADCAM, Tecniche Nuove, 1989.

DISEGNO ASSISTITO DAL CALCOLATORE**AR0146**

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Prof. Gian Francesco BIGGIOGGERO*Programma d'esame***1. Principi di progettazione.**

1.1 L'approccio sistematico al progetto: disegno e design; filosofia e storia dei metodi di progettazione.

- 1.2 La strutturazione del processo di progettazione tecnica: critica dei metodi; proposta di un metodo particolarmente adatto per la progettazione meccanica.
- 1.3 Le correlazioni funzionali e le soluzioni costruttive: la individuazione delle principali funzioni; i sistemi fisici applicabili; gli archivi di soluzioni costruttive.
- 1.4 I problemi produttivi: i vincoli alla concretizzazione imposti da forme, materiali, processi tecnologici.
- 2. **Il calcolatore nella grafica e nella progettazione.**
- 2.1 Il ruolo del calcolatore: le attività di progettazione, la grafica ed il CAD.
- 2.2 I modelli bi e tridimensionali: le metodologie di costruzione e l'uso di linguaggi di personalizzazione per la generazione di ambienti operativi specifici; le rappresentazioni di curve e superfici analiticamente non definite.
- 2.3 L'uso di sistemi integrati: la modellazione geometrica e gli strumenti di verifica strutturale; cenni sulla modellazione per caratteristiche (features based) e sulla simulazione di oggetti e di cinematismi.
- 2.4 La imitazione dei comportamenti umani intelligenti: la intelligenza naturale ed artificiale; l'uso dei sistemi esperti; cenni sulle reti neurali.
- 3. **Il disegno di macchine e la progettazione assistita.**
- 3.1 Sostegni alla progettazione assistita: la costituzione e la gestione di archivi; la parametrizzazione degli elementi delle macchine.
- 3.2 Analisi di disegni di progetto: critica funzionale di macchine esistenti; modifiche di innovazione e di ottimizzazione.
- 3.3 Disegno e progettazione: concretizzazione di macchine di assegnate funzioni (semplici) con proporzionamento ed elementi di prima verifica.
- 3.4 Comunicazioni tecniche ed automazione: ruolo e problemi della comunicazione; L'automazione e le comunicazioni tecniche grafiche (business graphics); l'organizzazione di un ufficio tecnico e l'integrazione col sistema informativo aziendale (cenni).

Esercitazioni

Le esercitazioni formano parte integrante del corso; in esse vengono proposti anche utilizzando sistemi di grafica interattiva, temi relativi alle parti applicative del programma per uno sviluppo ed approfondimento critico da parte degli Allievi.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova relativa agli elaborati eseguiti ed agli argomenti del programma, preceduta, per chi non abbia seguito sufficientemente, da una parte grafica da intendersi come prima domanda di esame.

Libri consigliati

G.F. Biggioggero, E. Rovida: Disegno di macchine - progettazione metodica, Ed. CittàStudi.

G.F. Biggioggero, E. Rovida: Disegno di macchine - esercizi programmati, Ed. CittàStudi.

G.F. Biggioggero, R. Viganò: Autocad per il disegno meccanico, Ed. CittàStudi.

Durante il corso verranno predisposte specifiche dispense di supporto.

DISEGNO CIVILE
Prof.ssa Adele BURATTI MAZZOTTA

AJ0001

Programma d'esame

- 1. **Il disegno quale mezzo di rappresentazione** e d'espressione nella progettazione e nel rilievo di oggetti architettonici e organismi tridimensionali: concetti generali correlati a pratiche esemplificazioni di disegno tecnico. Il disegno "geometrico", mezzi per il disegno e loro uso corretto. Elementi di grafica; fenomenologia della visualizzazione.
- 2. **L'unificazione e il disegno:** criteri informatori e applicazioni pratiche dal disegno territoriale al dettaglio tecnologico; cenni alle differenze d'impostazione in rapporto alle diverse tecniche.
- 3. **I metodi di rappresentazione teorizzati dalla Geometria descrittiva:** le proiezioni ortogonali, convenzioni nazionali ed internazionali, modalità d'applicazione. Le proiezioni assonometriche

- ortogonali ed oblique. Le proiezioni centrali e le proiezioni prospettiche; le proiezioni quotate.
4. **Metodologia del rilievo** di edifici e complessi edilizi esistenti, il rilievo urbano.
 5. **Il disegno di Ingegneria:** applicazione dei metodi di rappresentazione al disegno territoriale e operativo tecnico; temi e problemi connessi alle esigenze del Corso di laurea. Cartografia (I.G.M.), mappe catastali, ecc., esempi di rilievi e di progetti di massima od esecutivi come strumenti di studio del territorio o delle opere ed impianti di Ingegneria Civile. Visualizzazioni delle interpretazioni statistiche e dei rilevamenti di fenomeni attinenti l'Ingegneria e l'Architettura.

Esercitazioni

Le esercitazioni svolgeranno ogni volta temi particolari, ma tutti fondamentali, tra loro complementari e tendenti ad un corretto uso dei diversi metodi e tecniche della rappresentazione. Nel corso dell'anno accademico verranno effettuati alcuni esperimenti in aula che, dopo la loro correzione e valutazione, saranno distribuiti e commentati coi Docenti. Inoltre anche il materiale elaborato nelle esercitazioni verrà ritirato per essere corretto e valutato.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova grafica ed in una prova orale. Gli esperimenti eseguiti in aula, come i grafici elaborati nelle singole esercitazioni, corretti e valutati, costituiranno, per chi avesse positivamente seguito il corso, la base di ammissione alla prova orale d'esame, che consisterà nella verifica di quali sono le conoscenze teoriche dell'allievo che potranno permettergli l'uso dei vari strumenti di rappresentazione e la formazione di un proprio linguaggio grafico. La prova grafica d'esame, nelle sue modalità, rimarrà pertanto facoltativa per coloro che desiderino integrare la valutazione del proprio rendimento annuale; sarà invece obbligatoria per gli allievi i quali non presentassero una somma sufficiente o comunque soddisfacente di elementi di giudizio: in tal caso essi sono tenuti a prendere contatto preliminare col Docente, in anticipo sulla data d'esame, onde precisare la propria situazione e avere opportune indicazioni.

Libri consigliati

- M. Docchi, Manuale di disegno architettonico, Bari 1985
 C. Mezzetti, G. Bucciarelli, L. Lunazzi, Il disegno, analisi di un linguaggio, Roma 1975.
 U. Saccardi, Applicazione della geometria descrittiva, Firenze 1965.
 M. Docchi, D. Maestri, Il rilevamento architettonico. Storia metodi e disegno, Bari 1984.

DISEGNO DI MACCHINE **Prof. Edoardo ROVIDA**

AR0119

Programma d'esame

1. **Principi generali di comunicazione grafica.**
 - funzioni e componenti strutturali della comunicazione
 - comunicazione e dinamica percettiva
 - funzioni del disegno "tecnico"
2. **Le tecniche del disegno.**
 - fondamenti ed applicazioni di geometria descrittiva
 - normazione ed esigenze di tipo tecnico industriale
 - tipi di linguaggio grafico e loro scelta
 - stesura e lettura del disegno
3. **Le tecniche grafiche interattive.**
 - progettazione, disegno tradizionale e CAD
 - configurazione di sistemi di grafica computerizzata
 - modelli geometrici e loro utilizzo
 - tecniche di visualizzazione e di dialogo
4. **Le funzioni meccaniche e gli organi delle macchine.**
 (con riferimento e tecniche di CAD, CAM, DBMS, CAE)
 - principi generali di progettazione metodica
 - legami fra materiali, forme, e processi tecnologici

- imprecisioni di fabbricazione e loro controllo
- analisi morfologico-funzionale di alcune significative categorie di organi delle macchine

Esercitazioni

Le esercitazioni formano parte integrante del corso; in esse vengono proposti anche utilizzando sistemi di grafica interattiva, temi relativi alle parti applicative del programma per uno sviluppo ed approfondimento critico da parte degli Allievi.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova relativa agli elaborati eseguiti ed agli argomenti del programma, preceduta, per chi non abbia seguito sufficientemente, da una parte grafica da intendersi come prima domanda di esame.

Libri consigliati

- G.F. Biggioggero, E. Rovida: Disegno di macchine, Ed. CLUP.
 G.F. Biggioggero, E. Rovida: Disegno di Macchine - Esercizi programmati, Ed. CLUP.
 G.F. Biggioggero, E. Rovida: Tolleranze lineari - Corso di Istruzione programmata, Ed. CLUP.
 G.F. Biggioggero, F. Giannattasio: Disegno industriale, Ed. CLUP.
 G.F. Biggioggero, F. Giannattasio: Disegno industriale - Esercizi, ed. CLUP.
 Bernasconi, Davoli, Girotti, Luini: Dispense del corso, Ed. CLUP (in corso di pubblicazione).
 Chisini, Masotti, Biggioggero: Lezioni di geometria descrittiva, Masson, 1984.
 Newman, Sproul: Principi di Computer Graphics, McGraw-Hill, 1979-86.
 S. Harrington: Computer Graphics, McGraw-Hill, 1983-85.
 W.K. Ciloi: Interactive Computer Graphics, Prentice-Hall, 1978.
 I.F.A.O.: CAD2D, CAD3D, CADCAM, Tecniche Nuove, 1989.

DISEGNO EDILE **Prof. Mario BRUNATI**

AJ0113

Programma d'esame

1. **Il disegno quale mezzo di rappresentazione** e d'espressione nella progettazione e nel rilievo di oggetti architettonici e organismi tridimensionali: concetti generali correlati a pratiche esemplificazioni di disegno tecnico. Il disegno "geometrico", mezzi per il disegno e loro uso corretto. Elementi di grafica; fenomenologia della visualizzazione.
2. **L'unificazione e il disegno:** criteri informativi e applicazioni pratiche dal disegno territoriale al dettaglio tecnologico; cenni alle differenze d'impostazione in rapporto alle diverse tecniche.
3. **I metodi di rappresentazione teorizzati dalla Geometria descrittiva:** le proiezioni ortogonali, convenzioni nazionali ed internazionali, modalità d'applicazione. Le proiezioni assonometriche ortogonali ed oblique. Le proiezioni centrali e le proiezioni prospettiche; le proiezioni quotate.
4. **Metodologia del rilievo** di edifici e complessi edilizi esistenti, il rilievo urbano.
5. **Il disegno di Ingegneria:** applicazione dei metodi di rappresentazione al disegno territoriale e operativo tecnico; temi e problemi consoni alle esigenze del Corso di laurea. Cartografia (I.G.M.), mappe catastali, ecc., esempi di rilievi e di progetti di massima od esecutivi come strumenti di studio del territorio o delle opere ed impianti di Ingegneria Civile. Aspetti pratici del disegno edile. Gli elementi costitutivi del progetto: piante, sezioni, alzati, particolari costruttivi.

Esercitazioni

Le esercitazioni svolgeranno ogni volta temi particolari, ma tutti fondamentali, tra loro complementari e tendenti ad un corretto uso dei diversi metodi e tecniche della rappresentazione. Nel corso dell'anno accademico verranno effettuati alcuni esperimenti in aula che, dopo la loro correzione e valutazione, saranno distribuiti e commentati coi Docenti. Inoltre anche il materiale elaborato nelle esercitazioni verrà ritirato per essere corretto e valutato.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova grafica ed in una prova orale. Gli esperimenti eseguiti in aula, come

i grafici elaborati nelle singole esercitazioni, corretti e valutati, costituiranno, per chi avesse positivamente seguito il corso, la base di ammissione alla prova orale d'esame, che consisterà nella verifica di quali sono le conoscenze teoriche dell'allievo che potranno permettergli l'uso dei vari strumenti di rappresentazione e la formazione di un proprio linguaggio grafico. La prova grafica d'esame, nelle sue modalità, rimarrà pertanto facoltativa per coloro che desiderino integrare la valutazione del proprio rendimento annuale; sarà invece obbligatoria per gli allievi i quali non presentassero una somma sufficiente o comunque soddisfacente di elementi di giudizio: in tal caso essi sono tenuti a prendere contatto preliminare col Docente, in anticipo sulla data d'esame, onde precisare la propria situazione e avere opportune indicazioni.

Libri consigliati

Verranno indicati durante il corso dal docente.

DISEGNO TECNICO AEROSPAZIALE **Prof. Ambrogio GIROTTI**

AR0123

Programma d'esame

1. Metodi di rappresentazione.
 - 1.1 Metodo delle proiezioni ortogonali: rappresentazione del punto, della retta, del piano; condizioni di appartenenza; problemi grafici fondamentali; condizioni di parallelismo; condizioni di perpendicolarità; ribaltamento del piano proiettante; distanze; ribaltamento di un piano generico; terzo piano di proiezione.
 - 1.2 Metodi delle proiezioni centrali: rappresentazione della retta, del piano, del punto.
 - 1.3 Prospettiva: la rappresentazione prospettica degli enti fondamentali; la prospettiva nelle norme. Il calcolo della trasformazione prospettica.
 - 1.4 Assonometria: l'assonometria obliqua ed ortogonale: gli elementi caratteristici; la rappresentazione assonometrica degli enti fondamentali; l'assonometria nelle norme; il calcolo della trasformazione assonometrica.
2. Computer graphics e CAD
 - 2.1 La struttura di un sistema CAD: l'interprete dei comandi; le strutture dei dati; l'hardware di calcolo e per la grafica; i sistemi grafici.
 - 2.2 Fondamenti di computer graphics: le tecniche di tracciamento per punti, clipping, windowing; gli standards grafici (GKS, PHIGS); i metodi di modellazione e di visualizzazione del modello; la modellazione parametrica.
 - 2.3 Il CAD e le tecnologie collegate: CAM, CAE, Technical Publishing.
3. Rappresentazione di elementi di macchina: ruote dentate, cuscinetti, alberi e mozzi, collegamenti saldati, imbullonati e chiodati.

Esercitazioni

Le esercitazioni costituiscono parte integrante del corso. In esse si sviluppano in particolare gli argomenti riguardanti il disegno degli elementi di macchina più significativi, in relazione alla loro funzione, ai processi di ottenimento ed alle tolleranze di lavorazione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova grafica seguita da un colloquio.

Libri consigliati

P. Davoli, A. Girotti, C. Luini, M.L. Veronesi: Disegno - Metodi di rappresentazione; Disegno tecnico; Computer Graphics e CAD, CittàStudi, 1991.
 O. Chisini, G. Masotti Biggiongero: Lezioni di geometria descrittiva, Masson, 1984.
 W.M. Newman, R.F. Sproul: Principi di Computer Graphics, McGraw-Hill, 1979-86.
 S. Harrington: Computer graphics, McGraw-Hill, 1983-85.
 I.F.A.O.: CAD2D, CAD3D, CADCAM, Tecniche Nuove, 1989.
 J. Encarnacao, E.G. Schlechtendahl: Computer Aided Design, Hoepli, 1987, (Springer-Verlag, 1983)

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE**AR0100****Proff. Gabriele DI CAPRIO, Carlo Andrea MAROZZI***Programma d'esame*

- 1. Il disegno tecnico industriale:** il disegno tecnico industriale come linguaggio grafico per la comunicazione delle informazioni tecniche e la sua funzione come mezzo di rappresentazione e di modellazione dei prodotti industriali per la loro progettazione e produzione. Elementi di Teoria della Forma.
- 2. Le tecniche del disegno industriale:** evoluzione storica, tecniche, materiali e strumenti per il disegno industriale; problematiche del disegno manuale e del disegno assistito dall'elaboratore.
- 3. La geometria applicata al disegno:** elementi di Geometria Descrittiva per la rappresentazione grafica di enti geometrici, costruzioni grafiche, intersezioni, metodi di rappresentazione mediante proiezioni ortogonali, assonometriche, prospettiche, proiezioni quotate; richiami di Geometria Analitica per la rappresentazione di enti geometrici analiticamente definiti, trasformazioni e proiezioni; accenni alla rappresentazione di enti geometrici non definiti analiticamente mediante curve e superfici interpolanti o approssimanti.
- 4. La normazione e le norme per il disegno tecnico industriale:** problematiche industriali tecniche ed economiche, livelli di normazione, l'armonizzazione tecnica e normativa, gli enti e gli organismi di normazione e di certificazione nazionali, europei ed internazionali; la normazione del disegno tecnico industriale; accenni alla classificazione e codifica delle parti e dei disegni.
- 5. La definizione e la rappresentazione delle informazioni relative al prodotto per la progettazione e la produzione:** viste, sezioni; i principali processi tecnologici primari, secondari e di finitura; quotatura funzionale e di fabbricazione, stato di finitura superficiale, tolleranze dimensionali e geometriche; materiali metallici ferrosi e non ferrosi, materiali non metallici, loro caratteristiche in relazione all'impiego industriale, classificazione e codifica secondo le norme.
- 6. Principi di grafica interattiva computerizzata:** il disegno e la progettazione assistiti dall'elaboratore (CAD), introduzione ai sistemi grafici interattivi computerizzati, configurazioni hardware e software, periferiche, interfaccia utente e funzionalità per il disegno bidimensionale e la modellazione tridimensionale; principi di Geometrical Modeling, primitive grafiche, tecniche di modellazione in relazione alle applicazioni, le trasformazioni nella modellazione e nella visualizzazione, accenni alla rappresentazione dei dati; accenni alle problematiche di integrazione della progettazione con la produzione (CAD/CAM).
- 7. La rappresentazione e l'analisi funzionale e morfologica di elementi meccanici unificati, componenti, parti, assiemi, organi di macchine, macchine operatrici:** applicazione del disegno tecnico industriale per la rappresentazione e analisi funzionale e morfologica di elementi meccanici unificati, parti e assiemi, organi di macchine, macchine operatrici; elementi di collegamento (filettature, calettamenti, imbiettamenti, snap fitting, chiodature, saldature, incollaggi), assi ed alberi, supporti, cuscinetti lisci e volventi, giunti ed innesti, organi di convogliamento, di intercettazione, di regolazione e di tenuta di fluidi; accenni alla rappresentazione grafica, sintetica e simbolica, dei principali componenti idraulici, pneumatici, elettrici ed elettronici; accenni alla rappresentazione di schemi e di disegni di layout di impianto.
- 8. Elementi e tecniche per la rappresentazione e la comunicazione sintetica grafica di dati e funzioni:** elementi di statistica descrittiva, rappresentazione grafica di dati e funzioni, accenno alle tecniche per la rappresentazione aggregata di dati campionari; grafici, nomogrammi, istogrammi, diagrammi.
- 9. Interpretazione ed elaborazione del disegno tecnico industriale:** interpretazione di schizzi, di disegni funzionali e costruttivi di parti e di complessivi, di semplici schemi e disegni layout di impianto, ricostruzione di parti tridimensionali; elaborazione di disegni mediante tecnica manuale e con il supporto dell'elaboratore.

Esercitazioni

Le esercitazioni costituiscono parte integrante del corso: verranno infatti sviluppate le parti applicative del programma, quali le tecniche e le norme del disegno tecnico industriale, l'interpretazione e l'elaborazione di disegni di complessità progressiva con tecniche manuali e con l'ausilio di sistemi grafici interattivi computerizzati.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova grafica, che consenta la verifica della capacità di interpretazione e di

elaborazione di un disegno tecnico, e nella verifica della conoscenza degli argomenti previsti nel programma dell'insegnamento.

Libri consigliati

- G.F. Biggioggero, F. Giannattasio: *Disegno Industriale*, Ed. CLUP, 1990.
 G.F. Biggioggero, E. Rovida: *Disegno Industriale Organi di Macchine* (estratto da *Disegno di Macchine*), Ed. CittàStudi, 1990. G.F. Biggioggero, F. Giannattasio: *Esercizi di Disegno Industriale*, parte prima e parte seconda, Ed. CLUP 1988, Milano.
 UNI M1: *Norme per il disegno tecnico*, Vol. I - Norme generali, Vol. II - Norme specifiche per la meccanica e settori correlati, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 1990, Milano.
 A. Donnarumma: *Disegno di Macchine*, UTET, 1987, Torino.
 F. Filippi: *Disegno di Macchine*, Vol. I - Elementi di Disegno Meccanico, Vol. II - Organi di collegamento, Hoepli, 1977, Milano.
 M. Villa: *Elementi di geometria proiettiva grafica, geometria descrittiva, nomografia*, CEDAM, 1967, Padova.
 A.S. Levens: *Nomography*, John Wiley, 1948, New York.
 W.M. Newmann, R.F. Sproull: *Principi di Computer Graphics*, McGraw-Hill Libri Italia, 1987, Milano.
 D.D. Voisinet: *CAD, Tecniche nuove*, 1989, Milano.
 G.R. Marshall: *Computer Graphics in Application*, Prentice-Hall International, 1987, London.
 J. Encarnacao, E.G. Schlechtendahl: *Computer Aided Design*, Springer Verlag, 1983, Berlin.
 M.P. Groover, E.W. Zimmers jr.: *CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing*, Prentice-Hall International, 1984, London.
 L. Alting: *Manufacturing Engineering Processes*, Marcel Dekker, 1982, New York.
 S. Kalpakijan: *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1984, Massachusetts.
 J.M. Apple: *Plant Layout and Material Handling*, John Wiley, 1977, New York.
 P. Davoli, A. Girotti, C. Luini, M.L. Veronesi: *Disegno - Metodi di rappresentazioni; disegno tecnico; Computer graphics e CAD*, CittàStudi 1991, Milano.

DISPOSITIVI ELETTRONICI **Prof. Antonio LONGONI**

AG0098

Programma d'esame

- Fisica dei semiconduttori.** Reticoli cristallini: struttura a bande, dinamica dei portatori di carica, vibrazioni reticolari. Proprietà di Si, Ge, composti III-V. Superreticoli. Equazione di Boltzmann. Fenomeni di trasporto a bassi ed alti campi.
- Tecnologia dei dispositivi a semiconduttore.** Tecnologie del Si, Ge, composti III-V. Crescita del cristallo e preparazione del wafer. Tecniche di crescita epitassiale. Processi planari. Tecniche litografiche. Ossidazione. Deposizione e diffusione dei droganti. Impiantazione ionica. Tecnologie per l'integrazione a larghissima scala.
- Giunzioni ed eterogiunzioni. Giunzione P-N.** Effetti della generazione e ricombinazione nelle zone di carica spaziale. Derive termiche. Curve C-V e caratterizzazione dei profili di drogatura. Moltiplicazione a valanga, effetto tunnel. **Eterogiunzioni.** Fondamenti. Proprietà elettroniche ed ottiche. Applicazioni. **Giunzioni metallo-semiconduttore.** Contatti rettificanti ed ohmici. Stati superficiali. Applicazioni in circuiti integrati e componenti discreti.
- Transistore bipolare.** Condizioni di alta iniezione. Comportamento alle alte frequenze e in commutazione. Breakdown. Transistori NPN e PNP per circuiti integrati. Transistori per microonde. Transistore bipolare ad eterogiunzione (HBT).
- Transistori JFET e MESFET, HEMFET.** Principi di funzionamento, caratteristiche elettriche. Dispositivi integrati. Comportamento e limiti alle alte frequenze. Confronti coi transistori bipolari. Comportamento alle basse temperature.
- Giunzioni Metallo-Ossido-Semiconduttore.** Strutture MOS in equilibrio e sotto tensione. Comportamento in transistorio. Caratteristiche C-V. Cariche nel semiconduttore, nell'ossido e all'interfaccia. Effetti superficiali con giunzioni P-N.

7. **Transistori MOSFET.** Principi di funzionamento, caratteristiche elettriche. Famiglie MOS. Dispositivi integrati. Ruolo dell'impiantazione ionica nelle tecnologie MOS. Dispositivi a canale corto. Fenomeni ad alti campi. CMOS. MOSFET per VLSI.
8. **Rumore nei dispositivi a semiconduttore.** Sorgenti fisiche di rumore e caratterizzazione. Rumore nei diodi, transistori bipolari, transistori ad effetto di campo. Confronti tra i vari tipi di transistori.
9. **Rivelatori di radiazione a semiconduttore.** Rivelatori di immagine e rivelatori per spettroscopia. Dispositivi ad accoppiamento di carica (CCD), rivelatori a deriva (SDC).
10. **Simulazione numerica dei dispositivi.** Simulazione del processo tecnologico di fabbricazione e simulazione fisica dei dispositivi a semiconduttore. Tecniche di progetto assistite dal calcolatore.

Libri consigliati

R.S. Muller, T.I. Kamins: Device electronics for integrated circuits. 2nd Edition. Wiley.

M.S. Tyagi: Introduction to semiconductor materials and devices, Wiley, 1991.

S.M. Sze: Physics of semiconductor devices. 2nd Edition. Wiley.

A.S. Grove: Fisica e tecnologia dei dispositivi a semiconduttore - Franco Angeli Editore

S.M. Sze: Semiconductor devices, physics and technology. Wiley.

J.P. Mc Kelvey: Solid state and semiconductor physics. R.E. Krieger Publishing Co.

S.M. Sze: High Speed Semiconductor devices. Wiley.

ECOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (A)**AG0075****Prof. Marino GATTO***Programma d'esame***Introduzione.**

Scopi e ambiti dell'ecologia e rapporti con le altre scienze. Importanza dell'approccio ecologico ai problemi dell'ambiente. Esempi di successi e fallimenti dell'intervento umano sul territorio.

Il concetto di ecosistema. Principi generali. Alcuni semplici esempi.

Ecologia delle popolazioni.

Metodi di misurazione e campionamento. Crescita malthusiana. Parametri di popolazione significativi e loro stima. Tabelle di natalità e mortalità. Tasso intrinseco di crescita. Distribuzione stabile d'età. Fattori limitanti la crescita di una popolazione. Autoregolazione di una popolazione. Competizione intraspecifica. Crescita logistica. Altri modelli di crescita con dipendenza da densità.

Interazioni tra specie. Predazione. Equazione di Lotka-Volterra. Risposta funzionale del predatore. Competizione interspecifica. Modello di Volterra. Principio di esclusione competitiva. Nicchia ecologica. Spostamento di caratteri.

Lo sfruttamento degli ecosistemi produttivi. Dinamica di una popolazione sfruttata. Politiche di regolamentazione. Massimo rendimento biologico. Principi di economia delle risorse biologiche. Il caso della pesca e delle foreste.

Comunità ed ecosistemi.

Parametri di comunità. Metodi di raggruppamento e classificazione. Flussi di energia e biomassa negli ecosistemi. Misura della diversità di una comunità. Gradienti di diversità. Il caso delle isole. Cenni di climatologia e geografia fisica. L'influenza del clima e dei fattori fisici e chimici sulla distribuzione delle specie. Concetto di habitat.

Produzione primaria e secondaria. Catene alimentari, reti alimentari, livelli trofici. Efficienza ecologica. Cicli biogeochimici.

Sviluppo ed evoluzione degli ecosistemi. Concetti di successione e di climax.

Interferenze umane sui meccanismi di funzionamento degli ecosistemi.

Libri consigliati

M. Gatto: Introduzione all'ecologia delle popolazioni, CLUP, Milano, 1985.

Appunti dalle lezioni. G. De Leo, M. Gatto: Esercizi di ecologia applicata, presso CittàStudi Fotocopie

Libri per consultazione

- E. Pielou: *Mathematical Ecology*, J. Wiley, 1977.
 P. Ehrlich, J. Roughgarden: *The Science of Ecology*. MacMillan, 1987
 R. Ricklefs: *Ecology*, Nelson, 1979
 M. Begon, J.L. Harper, C.R. Townsend: *Ecology*, Blackwell, 1990.

ECOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (B)
Prof. Renato VISMARA

AW0008

Programma d'esame

1. **Elementi di Biologia e Biochimica.**
Livello organizzativo del mondo vivente. Elementi di biochimica, metabolismo, catabolismo, anabolismo. Fotosintesi clorofilliana.
2. **Elementi di Microbiologia.**
Batteri. Alghe, funghi, virus. Equazioni di crescita di biomassa.
3. **Elementi di Ecologia.**
L'ecosistema. Flusso di energia. Produttività. Tempo di Turnover. Catene alimentari e livelli trofici. Piramidi ecologiche. Cicli biogeochimici. Fattori condizionanti la crescita e lo sviluppo. Legge di Liebig e di Shelford. Adattamento. Equazione di Monod. Legge di Weber. La resistenza ambientale. Caratteristiche delle comunità: dominanza ecologica e indici di struttura. Dinamica delle popolazioni. Natalità. Mortalità o distribuzione di età. Principio di Allee.
4. **Inquinamento e ambiente umano.**
L'inquinamento dell'acqua, dell'aria, del suolo, degli alimenti. Un approccio razionale al concetto di inquinamento. Definizione ed entità economica del danno ambientale. Strategie di controllo dell'inquinamento. Economia dell'inquinamento. Criteri e standards di qualità ambientali; studi epidemiologici, studi tossicologici. Mutagenesi, teratogenesi, cancerogenesi.
5. **Inquinamento e protezione ambientale.**
Aria: Criteri e indici di qualità. Effetti dell'inquinamento atmosferico. Effetti sul clima urbano. Effetti sul mesoclima. Acque Standards di qualità. Fenomeni di autodepurazione. Caratteristiche di pericolosità. Criteri di gestione e classificazione dei corpi idrici. Igiene delle acque. Inquinamento delle acque sotterranee. Inquinamento dei laghi: il fenomeno dell'eutrofizzazione; il recupero dei laghi. Inquinamento del mare. Protezione delle acque di balneazione. Criteri di gestione dell'inquinamento marino. Inquinamento dei fiumi. Inquinamento organico. Suolo: Inquinamento del suolo agrario e suoi effetti. Meccanismi di rimozione dei contaminanti nel suolo. Fitofarmaci. Fertilizzanti e prodotti di recupero: compost e fanghi. La classificazione dei rifiuti. La filosofia del riciclo.
6. **Elementi di Ecotossicologia.**
L'approccio ecotossicologico. Trasporto, dispersione e trasformazione dell'inquinante. Biodegradabilità. Tossicità. Previsione di tossicità di gruppi di molecole. Modello di fugacità per la previsione della distruzione compartimentale dei contaminanti. Metodi di valutazione dei rischi derivanti da sostanze pericolose e scale di pericolosità. Valutazione del rischio derivante dall'uso di nuovi prodotti.
7. **La Valutazione di Impatto Ambientale, Via.**
Campo di applicazione e criteri di attuazione. Lo studio di impatto ambientale, SIA. Indicatori e indici. Esempi di alcune metodologie. Obiettivi e contenuti minimi di SIA. Identificazione degli impatti. La scala di importanza degli impatti attraverso gli indicatori e indici. Elaborazione numerica tramite matrici.
8. **Teoria e Gestione dei Rischi.**
Concetto e percezione pubblica del rischio. La classificazione dei rischi. Gli incidenti rilevanti. Analisi dei rischi: l'albero degli eventi e dei guasti. Le mappe di rischio. I piani di emergenza.
9. **Ambienti di lavoro.**
I rischi nell'ambiente di lavoro. Le sostanze pericolose. La tossicità delle sostanze. Valori limiti di soglia (TLV, MAC) per sostanze chimiche e agenti fisici negli ambienti di lavoro. Definizioni di TLV. Percezione olfattiva, di disturbo e TLV.

Esercitazioni

Sono previste esercitazioni di calcolo in applicazione agli argomenti svolti durante il corso, nonché seminari di operatori esterni al Politecnico su temi specifici. Le esercitazioni fanno parte integrante del programma di esame.

Libri consigliati

R. Vismara: Ecologia Applicata, Hoepli, 1992.

Dispense e materiale bibliografico distribuito durante il corso.

ECONOMETRIA**AQ0114****Prof. Rocco MOSCONI***Programma d'esame***1. Introduzione.**

L'econometria e le sue relazioni con la teoria economica. Modelli economici, modelli statistici, modelli econometrici. Finalità dei modelli: validazione e confronto di teorie economiche, previsione, simulazione di politiche economiche.

2. Richiami di statistica e algebra lineare.

Teoria della stima: stimatore e stima, stima puntuale e per intervalli, proprietà degli stimatori, l'approccio di massima verosimiglianza. Teoria dei test: definizione di test, errore di prima e seconda specie, potenza di un test, confronto fra test. Richiami di algebra lineare.

3. I principali modelli impiegati in econometria.

La natura multivariata dei problemi economici: modelli uniequazionali e multiequazionali. Modelli Time-series, cross-section, panel. Modelli per variabile dipendente continua, discreta, limitata, troncata, censurata. Modelli lineari e nonlineari. Modelli con variabili non osservabili o misurate con errore.

4. Il modello di regressione lineare uniequazionale.

Le ipotesi standard del modello. Il metodo dei minimi quadrati ordinari e il metodo della massima verosimiglianza. Proprietà degli stimatori sotto le ipotesi standard. Valutazione della bontà della regressione. Il problema della collinearità. uso delle variabili dummy. Test sui vincoli lineari. Correlazione seriale: test e tecniche di stima alternative. Eteroschedasticità: test e tecniche di stima alternative. I minimi quadrati generalizzati.

5. Un ripensamento dell'analisi uniequazionale: la nuova econometria dinamica.

Analisi delle serie storiche e nuova econometria dinamica. Analisi univariata delle serie storiche. Analisi multivariata delle serie storiche. L'approccio della London School of Economics: la logica dal generale al particolare e la fase di controllo diagnostico. L'econometria teorica americana secondo Sims e Sargent. Verso una unificazione degli approcci. Cenni di teoria della cointegrazione.

6. Il modello di regressione lineare multiequazionale.

Forma strutturale e forma ridotta. Il problema dell'identificazione. Diverse tecniche di stima per sistemi di equazioni simultanee e loro proprietà: OLS, 2SLS, 3SLS, Zellner, LIML, FIML, IV. I sistemi di equazioni simultanee e la nuova econometria dinamica.

7. Parte monografica.

Ogni anno viene svolta dal docente una parte monografica scelta, a titolo esemplificativo, tra i seguenti argomenti:

- Modelli panel
- Modelli non lineari
- Modelli probit e logit
- Analisi di serie storiche con stagionalità
- Modelli per dati di durata
- Modelli a parametri variabili
- Econometria per le serie storiche di tipo finanziario
- Modelli per la previsione delle vendite

Lo studente può scegliere di preparare l'argomento svolto nell'anno corrente, uno di quelli svolti in uno degli anni precedenti oppure un argomento concordato con il docente.

Testi consigliati

Verranno indicati dal docente a lezione.

Esercitazioni

Nell'ambito del corso si prevedono esercitazioni volte all'illustrazione di software per l'analisi econometrica. L'analisi empirica di un problema economico mediante tecniche econometriche costituirà parte integrante dell'esame.

Testi di riferimento

G.S. Maddala: Introduction to Econometrics - second edition, MacMillan.

W.H. Greene: Econometric Analysis, MacMillan.

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (A)**AQ0110**

(Ingegneria per l'Ambiente e per il Territorio)

Prof. Eliot LANIADO*Programma d'esame***1. Macroeconomia.****2. Microeconomia.****3. Economia ambientale.****4. Contabilità aziendale.****1. Macroeconomia.**

Contabilità nazionale. Domanda aggregata, offerta aggregata, reddito d'equilibrio. Moneta, interesse e reddito. Il modello IS-LM, le politiche monetaria e fiscale. Le relazioni economiche internazionali. Salari, inflazione, occupazione e disoccupazione.

2. Microeconomia.

Teoria dell'utilità e della domanda. Teoria della produzione. Teoria dei costi. Teoria dei mercati: concorrenza perfetta, monopolio, concorrenza monopolistica, oligopolio. Elementi di teoria dei giochi. Equilibrio generale e teoria del benessere.

3. Economia ambientale.

Esternalità e indivisibilità nel consumo. Risorsa ad accesso libero. Beni club e beni pubblici. Teorema di Coase. Gli strumenti di regolamentazione: tasse, standard ambientali, creazione di un mercato. Cenni di analisi costi-benefici. Valutazione d'impatto ambientale.

4. La contabilità ambientale dell'azienda.

Il bilancio: lo stato patrimoniale ed il conto economico; l'analisi interpretativa del bilancio. Il bilancio ambientale: life cycle analysis, ecolabeling, ecoaudit. Sistemi di rilevazione, e sistema di supporto alle decisioni

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (A)**AQ0110**

(per gli allievi di Ingegneria Civile)

Prof. Sergio MARIOTTI*Programma d'esame***I: Microeconomia.**

La teoria della domanda. L'impresa e la teoria della produzione. La teoria dei costi. Le forme di mercato (concorrenza perfetta, monopolio, concorrenza monopolistica, oligopolio).

II: Macroeconomia.

Contabilità nazionale. Domanda aggregata e reddito d'equilibrio. Moneta, interesse e reddito. Il modello IS-LM, le politiche monetaria e fiscale. Salari, inflazione ed occupazione.

III: Elementi di economia del territorio.

Teoria della localizzazione industriale. Principi e metodi d'economia urbana e regionale. Elementi di economia ambientale.

IV: Metodi della teoria delle decisioni.

Analisi costi-benefici. Analisi costi-efficacia. Cenni all'analisi a molti obiettivi. Valutazione di impatto ambientale.

V: La gestione dei progetti.

I principi di base del project management. La pianificazione e il controllo dei progetti. Strumenti operativi: diagrammi di Gantt e la programmazione reticolare.

Libri consigliati

A. Koutsoyiannis: Microeconomia, Etas Libri, Milano.

R. Dornbusch, S. Fischer: Macroeconomia, Il Mulino, Bologna, 4^a edizione.

Per le parti 3, 4, e 5 sono disponibili testi predisposti dal docente.

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (B)**AQ0001****Prof. Massimo COLOMBO***Programma d'esame*

1. Progresso tecnico e innovazione nell'analisi economica; concetti di base e richiami di teorie (il cambiamento tecnologico nella teoria neoclassica della produzione, nella teoria della crescita, nell'economia classica, marxiana e di Schumpeter).
2. Indicatori e misure dell'attività innovativa, i divari tecnologici internazionali (tra le grandi aree industrializzate - Europa, Giappone, Stati Uniti - e all'interno dell'Europa; la posizione dell'Italia).
3. Modelli interpretativi delle determinanti e degli effetti dell'attività innovativa delle imprese (training della domanda o della tecnologia; relazioni tra variabili di mercato e di impresa ed attività innovativa).
4. Moderne teorie economiche dell'innovazione: opportunità e traiettorie tecnologiche, paradigmi tecnologici e teoria evolutiva dell'impresa; relazioni tra fasi di evoluzione di una traiettoria tecnologica e strutture delle industrie e dei mercati.
5. Appropriabilità e acquisizione dall'esterno delle tecnologie, strategie di innovazione tecnologica e di cooperazione tra le imprese.
6. Strumenti legali di tutela delle innovazioni tecnologiche e strumenti negoziali di cooperazione tra le imprese nello sviluppo e nello sfruttamento di tecnologie.
7. La diffusione delle innovazioni tecnologiche. I modelli di diffusione (modello epidemico e modello probit); i nuovi modelli interpretativi dei processi di diffusione delle innovazioni; interazione tra domanda e offerta di innovazioni (learning by doing e by using, modello di Metcalfe); il caso dell'automazione flessibile.
8. Le politiche pubbliche per la ricerca, l'innovazione ed il trasferimento tecnologico. Le esperienze nei grandi paesi industriali avanzati (politiche "mission oriented" e politiche "diffusion oriented"). L'esperienza italiana (leggi per l'innovazione e la sua diffusione: fondo IMI-RA, fondo Innovazione tecnologica, ecc.).

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (C)**AQ0108****Prof. Gian Carlo CAINARCA***Programma d'esame*

Introdurre gli studenti all'uso di strumenti concettuali e di tecniche operative utili a comprendere, rappresentare ed affrontare le dimensioni economiche ed organizzative dell'impresa, costituisce l'obiettivo del corso. A tal fine il corso propone la lettura delle attività dell'impresa secondo prospettive diverse, quali:

- **la valutazione delle performances economiche dell'impresa tramite i documenti ufficiali.**

L'analisi dei bilanci. Gli aspetti trattati sono: introduzione all'impresa e struttura societaria; analisi e riclassificazione di stato patrimoniale e conto economico; cenni sugli effetti dell'inflazione e sulla tecnica partita doppia; gli indici di bilancio (Solidità, Liquidità, Redditività, Efficienza);

- **la rilevazione dei costi industriali e loro implicazione.** Aspetti considerati: introduzione al Cost accounting; classificazione dei costi; logiche di "sintesi": margine industriale lordo vs. margine di contribuzione; rivelazione dei costi - product costing-process costing-operation costing; break-even; budget e budget flessibile (dalla pianificazione-coordinamento al controllo) budget per variazioni (costo e lavoro);
- **la scelta degli investimenti.** Temi trattati: attualizzazione e determinazione dei flussi di cassa; metodi: VAN, PayBack, ROI e IRR; vantaggi e svantaggi dei singoli metodi;
- **la rappresentazione delle relazioni fra impresa ed ambiente.** Temi considerati: cenni sulla modellizzazione microeconomica - teoria della domanda e della offerta; le forme di mercato: concorrenza perfetta, monopolio, oligopolio (il modello di Cournot); il settore/mercato - criteri per definirlo-delimitarlo; barriere all'entrata; concentrazione; integrazione; diversificazione; le strategie dell'impresa - strategie competitive e vantaggio competitivo di Porter;
- **la rappresentazione organizzativa dell'impresa.** Oggetto di questa parte del corso sono: il modello organizzativo di Mintzberg; i meccanismi organizzativi, le parti dell'organizzazione; la progettazione organizzativa - mansione individuale, raggruppamento delle mansioni, collegamenti laterali, decentramento; i fattori situazionali; le configurazioni organizzative.

Testi impiegati

Coopers-Lybrand: Il bilancio, Ed. Sole 24Ore.

C.T. Horngren, G. Forster, Cost Accountig, Prentice Hall, 1987 (capp. 2-7)

H.Mintzberg, La progettazione dell'organizzazione aziendale, Mulino 1985.

R. Brealey, S. Myers: Principi di finanza aziendale, McGraw-Hill, (capp. 1, 2, 3, 5, 6) Milano, 1990.

S. Douma, H. Scheuder, Economic Approach to Organizations, Prentice-Hall, 1991. (cap. 2, pp. 18-33)

M. Porter: Il vantaggio competitivo ed. Comunità, 1985, (capp. 1-4).

A. Koutsoyiannis, Microeconomia, Etas Libri, (cap. 5: pagg. 247-274; cap.6: pagg. 275-298; cap 9: pagg. 351-366).

J.J. Clark, T. Hindenlang, R.E. Pritchard: CAPITAL BUDGETING - Planning and Control of Capital Expenditures, III.rd Edition, Prentice Hall (cap. 11: pagg. 197-202 e pagg. 207-210; cap. 12: pagg. 215-230; cap. 13: pagg. 231-247).

ECONOMIA DEI SISTEMI INDUSTRIALI **Proff. Francesco BRIOSCHI, Sergio MARIOTTI**

AQ0101

Programma d'esame

1. **L'organizzazione del sistema industriale** - appunti tratti dalle lezioni
2. **L'impresa e i suoi obiettivi** - appunti tratti dalle lezioni
3. **La struttura dei costi** - appunti tratti dalle lezioni M.G. Colombo, S. Mariotti: Note economiche sull'automazione flessibile, Economia e Politica Industriale, n. 48, 1985.
4. **Concorrenza e struttura dei mercati** - appunti tratti dalle lezioni D. Needham: The economics of industrial structure conduct and performance, Holt Rinehart and Winston, 1978, pp.159-162. M. Grillo, F. Silva: Impresa concorrenza e organizzazione, 1989, La nuova Italia Scientifica, pp. 207 - 215, pp. 216 - 219, pp. 229 - 238. M. Porter: Competitive Strategy, The Free Press, 1980, capp. 1 e 2.
5. **L'integrazione verticale** - appunti tratti dalle lezioni
6. **La diversificazione** - appunti tratti dalle lezioni G.C. Cainarca, S. Mariotti: I sentieri delle diversificazioni orientate. Un'analisi empirica dei comportamenti delle grandi imprese statunitensi, Economia e Politica Industriale.
7. **L'internazionalizzazione delle imprese** - appunti tratti dalle lezioni.
8. **Gli accordi tra le imprese** - appunti tratti dalle lezioni
9. **I gruppi industriali** F. Brioschi, L. Buzzacchi, M.G. Colombo: Gruppi di imprese e mercato finanziario - La struttura di potere dell'industria italiana, La Nuova Italia Scientifica, 1990, capp. 1 e 2.1 - 2.7 (per una buona comprensione dell'argomento, si consiglia la consultazione degli altri capitoli, ed in particolare dei capp. 5 e 6).
F. Brioschi, S. Paleari: The Extension of the Notion of External Equity Financing to Sets of Firms: Business Groups and Firms Listed in a Given Stock Market, presented to the European Finance

Association Meeting, Copenhagen, 1993.

10. **Fusioni e acquisizioni** - appunti tratti dalle lezioni
11. **Struttura industriale ricerca sviluppo e innovazione tecnologica** - appunti tratti dalle lezioni
F. Momigliano: note Determinanti ed effetti della ricerca e sviluppo in un'industria ad alta opportunità tecnologica: un'indagine econometrica, L'Industria, n. 1, 1983, pp. 61-89.
12. **Politica industriale** - disegno di legge "Norme a tutela della concorrenza di mercato".
M. Salvati: Politiche antiinflazionistiche e politiche industriali. Considerazioni tratte da alcune esperienze europee. L'industria, 1, 1982.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale.

Libri consigliati

M. Grillo, F. Silva: Impresa Concorrenza e Organizzazione Industriale, La Nuova Italia Scientifica, 1989.

ECONOMIA DEI SISTEMI INDUSTRIALI II

AQ0118

(Aspetti Proprietari ed Efficienza del Sistema Economico)

Prof. Roberto ARTONI, Francesco BRIOSCHI, PierGaetano MARCHETTI

Programma d'esame

1. **Aspetti proprietari ed efficienza (I)**. Descrizione della struttura proprietaria nei principali paesi industrializzati e conseguenze sul funzionamento dei mercati finanziari e dei beni. Il fenomeno delle interazioni azionarie tra imprese differenti. I gruppi di imprese: determinanti del fenomeno, tipologia, modelli matematici.
2. **Aspetti proprietari ed efficienza (II)**. Modelli teorici sulle relazioni tra struttura proprietaria, controllo ed efficienza.
3. **Teoria della privatizzazione**: fallimenti della gestione pubblica verso fallimenti del mercato.
4. **Modalità di privatizzazione nei principali Paesi**. Il caso italiano: linee di tendenza ed evoluzione normativa.
5. **Interazione tra struttura proprietaria e regolamentazione**: Il caso dei monopoli naturali.
6. **Analisi di casi rilevanti (telecomunicazioni, energia elettrica)**.

Libri consigliati

Banca d'Italia: Il Mercato della Proprietà e del Controllo delle Imprese: Aspetti Teorici e Istituzionali, numero speciale dei Contributi all'Analisi Economica, 1994

F. Barca: Imprese in Cerca di Padrone, Laterza, Bari 1994.

D. Bos: Privatization: a Theoretical Treatment, Oxford University Press, 1991

F. Brioschi, L. Bunnacchi, M.G. Colombo: Gruppi di imprese e Mercato Finanziario, NIS 1990.

J. Tirole: The Theory of Industrial Organization, MIT Press, 1989

Vickers-Yarrow: Privatization: an Economic analysis, MIT Press, Cambridge 1988.

Altro materiale sarà indicato durante il corso.

ECONOMIA E GESTIONE DELL'INNOVAZIONE

AQ0111

Prof. Adriano DE MAIO

Programma d'esame

1. **L'evoluzione del contesto ambientale e i processi di innovazione.**

L'ambiente esaminato sotto l'ottica del livello di turbolenza. L'importanza dell'innovazione a base tecnologica. I processi di innovazione nell'ottica di sistema. Innovazione incrementale e innovazione radicale. Cenni ai principi e ai problemi dell'innovazione incrementale. Caratteristiche dei processi di innovazione radicale. L'adozione della logica di progetto. Configurazione di base di un progetto.

2. Il progetto e il suo contesto.

Obiettivi e vincoli di un progetto. La gestione dei confini di un progetto. La committenza. Il processo di innovazione ad impulso come progetto complesso: peculiarità dei progetti di innovazione. Il progetto come sistema di processi decisionali interrelati. La struttura del progetto e il concetto di fase. La natura e gli effetti dei ricicli. L'architettura come principio generale: il problema dell'anticipazione dei vincoli.

3. Il sistema di governo di un progetto.

Gli obiettivi e i principali elementi del sistema di governo. Il piano del progetto: funzione, struttura e caratteristiche. Le leve di governo. Le principali logiche di governo di un progetto. La articolazione del progetto e le possibili configurazioni delle attività. Le interdipendenze tra attività e il problema della parallelizzazione. Il sistema di pianificazione e controllo. Il controllo del tempo. Il controllo dei costi e della produttività. Il controllo della qualità. Il monitoraggio e il sistema di reporting. Le principali tecniche di supporto. I metodi reticolari. La Work Breakdown Structure. Le curve di Earned Value.

4. Le principali fasi e la struttura organizzativa del progetto.

I principali problemi nelle diverse fasi di sviluppo del progetto: concezione, definizione, realizzazione e chiusura. L'organizzazione del progetto: ruoli e strutture. La struttura debole. La struttura forte. La struttura mista. I problemi delle organizzazioni a matrice.

5. Il sistema di pianificazione e controllo Multi-Project.

Le interdipendenze tra i progetti e il problema del Multi-Project Management. Le principali leve. Le interdipendenze sulle risorse e il problema della priorità di accesso alle risorse. Le interdipendenze con i progetti futuri. Carry over e shelf innovation. La gestione del portafoglio e le prestazioni di lungo periodo: il ruolo delle competenze.

6. Ambiti applicativi.

- a) Il caso delle società di ingegneria.
- b) Lo sviluppo nuovi prodotti.
- c) L'innovazione associata a tecnologie di processo.
- d) Le innovazioni organizzative.

Modalità d'esame

L'esame prevede, oltre ad una prova orale individuale, la preparazione in gruppo di uno studio di caso presso un'azienda e la sua presentazione in aula.

Libri consigliati

Premesso che è in fase di avanzata stesura il testo di riferimento completo del corso, i testi a cui si farà riferimento saranno, per i punti 1, 2, 3, 4, 5:

J.R. Meredith, S.J. Mantel: Project Management: a Managerial Approach, John Wiley, New York, 1989.

D.I. Cleland, W.R. King: Project Management Handbook, Van Nostrand-Reinhold, 1988

Per il punto 6 si farà riferimento invece a:

E. Bartezzaghi, G.L. Spina, R. Verganti: Nuovi modelli di impresa e tecnologie di integrazione, Capp. 4, 5, F. Angeli, Milano 1993.

K.B. Clark, T. Fujimoto: Product development performance - Strategy, organization and management in the world auto industry, HBS Press, Boston 1991.

A integrazione di tali testi, verranno distribuite durante il corso fotocopie di articoli e libri.

ECONOMIA ED ESTIMO CIVILE**AJ0112****Prof. Angelo CARUSO***Programma d'esame*

Il corso si propone di fornire gli strumenti necessari per la valutazione economico-estimativa dei beni territoriali con riferimento alla loro produzione e utilizzazione.

Esso si articola nelle seguenti tre aree tematiche:

- Elementi di metodologia e pratica estimativa in ambito civile, industriale e territoriale.
- Elementi di scienza e tecnica economica finalizzati alla formazione e trasformazione urbana e territoriale.

- Elementi di Esercizio Professionale dell'Ingegnere Edile con riferimenti all'integrazione europea.

In prima analisi l'insegnamento intende approfondire le problematiche economiche concernenti la formazione del mercato edilizio ed illustrare gli elementi pertinenti alle diverse fasi del processo edilizio.

Quindi l'insegnamento, dopo l'esposizione articolata degli elementi logici, teorici e metodologici della metodologia estimativa, si propone l'approfondimento delle azioni economiche connesse alla formazione e alla trasformazione della città e del territorio, rivolgendo particolare attenzione alla valutazione e all'ottimizzazione delle scelte tecniche nell'ambito della concezione, programmazione e valorizzazione del patrimonio architettonico-ambientale.

Richiami all'esercizio professionale dell'ingegnere edile, anche sotto l'aspetto dell'integrazione europea, accompagnano l'analisi dei diversi campi operativi della disciplina.

1) Elementi di metodologica e pratica estimativa in ambito civile, industriale e territoriale.

Definizioni e funzioni della metodologica estimativa, fonti giuridiche, economiche e tecniche dell'Estimo. Evoluzione della dottrina e della pratica estimativa. Lineamenti di logica estimativa e principio dell'Estimo. Criteri e procedimenti dell'Estimo. Nozioni di Matematica Finanziaria e di Statistica. Stime crono-merceologiche e stime funzionali dei costi di costruzione. Valutazioni dei costi nel ciclo di vita. Stima del valore di mercato attraverso i procedimenti della capitalizzazione dei redditi, del valore di trasformazione e del valore di riproduzione. Lineamenti di estimo industriale e tecniche di analisi finanziaria degli investimenti. Specifiche problematiche estimative riguardanti l'utilizzo pubblico e privato del territorio.

2) Elementi di scienza e tecnica economica finalizzati alla formazione e alla trasformazione urbana e territoriale.

Definizioni e funzioni della scienza economica. Richiami di storia del pensiero economico in relazione all'evoluzione delle scienze del territorio. Riferimenti macroeconomici per il comparto edilizio. Lineamenti di microeconomia con particolare riferimento all'equazione dell'impresa. Problematiche dell'economia edilizia in relazione all'ottimizzazione delle scelte tecniche. Metodi convenzionali di valutazione dei costi e della qualità nei processi di intervento edilizio. La concezione economica di significative opere dell'architettura moderna in rapporto alle differenti metodologie progettuali. Problematiche dell'economia urbana e territoriale con riferimento all'ottimizzazione delle scelte di intervento. Tecniche di analisi costi/benefici e tecniche di analisi multicriteriale. Valutazione e strategie di conservazione dei beni culturali immobiliari.

3) Elementi di Esercizio Professionale dell'Ingegnere Edile con riferimento all'integrazione europea.

Analisi strutturale e funzionale del mercato edilizio. Ruoli e responsabilità dei diversi attori del processo edilizio. La promozione della qualità in ambito comunitario. Tipi e modi di appalto dei lavori pubblici in ambito europeo. La revisione prezzi, alla liquidazione dei lavori e il collaudo dei lavori. Principi e basi della perequazione fondiaria in relazione all'ordinamento fiscale sulla casa. Stime di espropriazione per pubblica utilità, danni e diritti reali. La consulenza tecnica d'ufficio e l'arbitrato. Profilo e competenze professionali dell'Ingegnere Edile in relazione all'integrazione europea.

Esercitazioni

Valutazioni dei costi di intervento. Perizie di stima. Studi di fattibilità tecnico-economica. Specifiche analisi economiche di progetti edilizi ed urbanistici nei diversi livelli di elaborazione.

Modalità d'esame

Per l'ammissione all'esame è necessaria la consegna preventiva degli elaborati relativi alle esercitazioni. L'esame consiste in una prova orale sul programma e sui risultati conseguiti nei lavori di esercitazione.

Libri consigliati

V. Columbo - Estimo: La Logica, la teorica, Giuffrè - Milano, 1962/82.

L. Fabbri - Estimo civile e urbano, Medicea - Firenze, 1983.

A. Caruso - Giudizi di valore nell'esercizio professionale dell'architetto e dell'ingegnere edile, CittàStudi - Milano, 1993.

A. Poletti, C. Tenconi - Note applicate di estimo territoriale ed urbano, CULS - Milano, 1987.

Su specifici argomenti potranno essere forniti dal docente appunti nel corso delle lezioni.

Per un approfondimento della materia si consigliano inoltre:

M. Grillenzoni, G. Grittani - Estimo: Teoria, procedure di valutazione e casi applicativi, Edagricole - Bologna, 1990.

A. Caruso - Evoluzione della dottrina e della pratica estimativa nella cultura e nella scuola politecnica piemontese a partire dalla seconda metà del XVIII secolo sino ai primi decenni del XX secolo. Quaderno n. 13. Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali. Politecnico di Torino, Torino, 1991.

G. Dandri - Elementi di economia della progettazione edilizia, EdilStampa - Roma, 1989.

F. Rizzo - Economia del patrimonio architettonico ambientale, F. Angeli - Milano, 1989.

L. Fusco Girard - Estimo ed Economia Ambientale: Le nuove frontiere nel campo della valutazione, F. Angeli - Milano, 1993.

C. Mathurin - Appalti e responsabilità nel settore delle costruzioni in Europa - Comunità Economica Europea - Università di Siena, 1989.

C. Tenconi - Note introduttive sull'appalto dei lavori e sul Catasto, CUSL - Milano, 1993.

ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (B)

AQ0003

(per allievi di Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni)

Proff. Claudio ROVEDA, Stefano PREDA, Vittorio CHIESA

Programma d'esame

PARTE I

IMPRESA: definizione, finalità, obiettivi economici, tipologie, imprenditorialità, innovazione, ambiente.

Gli istituti, le persone, l'attività economica, l'economia aziendale. L'assetto istituzionale: soggetto e fini dell'azienda. Le combinazioni economiche: gli accadimenti, le operazioni, i processi, le combinazioni economiche. L'ambiente: le relazioni fra aziende. I principali obiettivi delle imprese. Attività nell'impresa. Le principali tipologie di impresa e la loro presenza nell'economia italiana e internazionale: strutture giuridiche, imprese private e pubbliche, imprese nazionali e multinazionali, gruppi di imprese.

PARTE II

ECONOMICITA' D'IMPRESA E STRUMENTI DI ANALISI PER LE DECISIONI: valore Economico, rilevazioni contabili, bilancio, analisi di bilancio, contabilità analitica, rilevazione dei costi, decisioni di breve termine, valutazione degli investimenti.

II.1 Il valore economico La nozione di valore economico come obiettivo di fondo delle imprese. Il principio di attualizzazione. Valore economico e valore di mercato. I rapporti M/B e p/e. Il valore economico e la flessibilità. La definizione del rischio di impresa.

II.2 La contabilità esterna

Le rilevazioni di esercizio. Le rilevazioni di fine esercizio. La logica delle valutazioni e delle rivalutazioni. Le determinazioni di sintesi: il bilancio di esercizio, il bilancio riclassificato, il rendiconto finanziario, i flussi di capitale circolante e di cassa. L'interpretazione del bilancio di esercizio: gli indici di bilancio.

II.3 La contabilità analitica e direzionale

Costi di prodotto e costi di periodo. La classificazione dei costi. Gli oggetti rispetto ai quali si classificano i costi. I sistemi di rilevazione dei costi (job costing, processes costing, standard costing, activity based costing).

II.4 L'analisi delle decisioni di breve periodo

La variabilità dei costi. L'analisi di break-even. La leva operativa. Il concetto di costo evitabile. L'uso degli indicatori non finanziari (produttività, servizio, qualità, tempo). La determinazione dei prezzi di vendita.

II.5 La scelta degli investimenti

Aspetti strategici e analisi finanziarie nella valutazione degli investimenti. Le modalità di stima dei flussi di cassa rilevanti. Le tecniche classiche per la valutazione degli investimenti: tempo di pay-back, ROI, NPV, IRR, PI. I metodi non convenzionali. Gli investimenti in tecnologie innovative. Gli investimenti in capitale circolante. La valutazione dei finanziamenti.

PARTE III

AMBIENTE, MERCATO, STRATEGIA: relazioni con l'ambiente, forma di mercato, strategia

competitiva, governo strategico, la formula imprenditoriale, il vantaggio competitivo, la crescita dell'impresa.**III.1 Le forme di mercato e i principali attori**

Le principali tipologie di mercato. Le teorie moderne dell'oligopolio. Le determinanti delle forme di mercato. Le economie di scala e di scopo. Le economie di integrazione verticale. Le economie di apprendimento. Le barriere all'entrata statiche e dinamiche. Il ruolo dei clienti e dei fornitori. I prodotti sostitutivi. Le determinanti della struttura di settore, il comportamento competitivo di settore, le performances di settore.

III.2 Le strategie di impresa

Il concetto di strategia di impresa. I processi di governo strategico. Le strategie e le formule imprenditoriali di successo. Le modalità di crescita delle imprese: espansione, integrazione, diversificazione, internazionalizzazione, crescita tramite alleanze e accordi. Il ruolo strategico delle nuove tecnologie e, in generale, dell'innovazione. Le scelte di portafoglio. Il concetto di vantaggio competitivo sostenibile. La value chain. Le strategie "tipo": leadership di costo, differenziazione, focalizzazione. Le nuove modalità competitive (time based competition, variety based competition).

PARTE IV**ORGANIZZAZIONE E SISTEMI DI GESTIONE: gli elementi costitutivi, l'organizzazione del lavoro, i meccanismi di coordinamento, i sistemi di pianificazione e di controllo, le relazioni con l'ambiente, i processi decisionali e i sistemi di gestione.****IV.1 L'organizzazione di impresa e la sua specificità**

Il problema dell'organizzazione: divisione, articolazione e coordinamento del lavoro. La specificità come contemporaneità di definizione dei rapporti tra persone, dei modi di usare le tecnologie, delle conoscenze e capacità necessarie.

IV.2 Gli elementi dell'organizzazione

Gli elementi dell'organizzazione: strutture, meccanismi e persone. Le strutture come modalità di aggregazione. I meccanismi come regole di integrazione. Le 5 parti (nucleo operativo, vertice strategico, linea intermedia, tecnostruttura, staff di supporto). Le variabili o leve di progettazione (le posizioni individuali, le macrostrutture, il sistema decisionale, i collegamenti laterali). I fattori contingenti (dimensione, ambienti, tecnologie e potere).

IV.3 L'organizzazione e l'ambiente esterno

Il modello socio-tecnico. Il modello delle transazioni sociali. Una semplice tipologia delle organizzazioni.

IV.4 I processi decisionali e i sistemi di gestione

I processi decisionali. La rilettura delle principali decisioni di impresa in termini di processo decisionale. La gestione per obiettivi. La gestione per progetti.

IV.5 La pianificazione e il controllo di gestione*Libri consigliati*

Verranno indicati dal docente a lezione

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche relative agli argomenti inclusi nelle prime due parti del programma.

ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (B)**AQ0003**

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Chimica, Ingegneria Elettrica e Ingegneria Nucleare)

Prof. Paolo ROMANO*Programma d'esame***1. L'IMPRESA.**

Le principali tipologie di impresa: forme giuridiche, imprese private e pubbliche, imprese nazionali e multinazionali, gruppi d'impresе. Impresе commerciali, impresе produttive, impresе finanziarie.

I principali attori: imprenditore, finanziatori, fornitori, clienti, dipendenti.

2. LA CONTABILITA' DI IMPRESA.

La contabilità esterna.

I documenti di bilancio (stato patrimoniale, conto economico, schema di cash flow). La riclassificazione dei bilanci. I principali indici di bilancio.

La contabilità interna.

Costi di prodotto e costi di periodo. I sistemi di rilevazione dei costi.

3. LE REGOLE DELLA COMPETIZIONE.**Le strategie di impresa.**

La "filiera" dell'impresa. Il concetto di "catena del valore". Il concetto di vantaggio competitivo sostenibile. Le strategie tipo: leadership di costo, differenziazione, focalizzazione.

Le modalità di crescita delle imprese: espansione, integrazione, diversificazione, crescita interna, acquisizioni, alleanze e accordi.

Le forme mercato.

Le determinanti delle forme - mercato: differenziazione del prodotto, numerosità e concentrazione della domanda e dell'offerta. Prodotti/servizi sostitutivi e prodotti/servizi complementari. La concorrenza perfetta. Il monopolio. Le teorie moderne dell'oligopolio. Le economie di scala. Le economie di apprendimento. Le barriere all'entrata statiche e dinamiche.

4. LE PRINCIPALI TECNOLOGIE DI DECISIONE.**Il valore economico delle decisioni.**

La nozione di valore economico come obiettivo di fondo delle imprese. Il principio di attualizzazione.

L'analisi delle decisioni di breve periodo.

La variabilità dei costi. L'analisi di break even. La leva operativa. Il concetto di costo discrezionale. Il budget. Il budget flessibile.

La scelta degli investimenti.

Aspetti strategici e analisi finanziarie nella valutazione degli investimenti. Le modalità di stima dei flussi di cassa. Le tecniche classiche di valutazione: tempo di pay back, NPV, IRR, ROI.

5. L'ORGANIZZAZIONE DI IMPRESA.**Gli elementi dell'organizzazione.**

Le strutture, i meccanismi e le persone. Le strutture come modalità di aggregazione. I meccanismi come regole di integrazione. Le cinque configurazioni organizzative di Mintzberg.

Modalità d'esame

Gli esami sono scritti

Gli studenti annuali sosterranno le prove nelle medesime date degli studenti semestrali.

Libri consigliati

Coopers & Lybrand: Il bilancio, Ed. del Sole - 24 ore, Milano, 1988, pag. 1, 139.

G. Azzone: Economia ed organizzazione aziendale - Esercizi, CLUP, 1990.

J.J. Clarck, T.J. Hinderlang, R.E. Pritchard: Capital Budget, Prentice Hall, II ed., 1984, cap. 1 - 8.

C.T. Horngren, G. Foster: Cost Accounting, Prentice Hall, VI ed., 1987, cap. 2-7, 11.

M.R. Porter: Il vantaggio competitivo, Ed. Comunità, 1985, cap. 1-4.

A. Koutsoyiannis: Microeconomia, Etas Libri, Milano 1983, cap. 1, 2.2, 2.4, 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.8, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 13, 14.1, 14.2.

H. Mintzberg: La progettazione dell'organizzazione aziendale, Il Mulino, Bologna, 1985, tutti i capitoli.

ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (B)**AQ0003**

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Edile)

Prof. Adriano PROPERSI

*Programma d'esame***Nozioni propedeutiche.**

L'impresa nel sistema ambiente-mercato - Il ruolo dell'impresa di produzione - Le relazioni azienda-ambiente - L'impresa e il mercato - I vincoli operativi dell'impresa - La funzione economico-sociale dell'impresa - La classificazione delle imprese.

Parte I: L'attività economica aziendale.

Aspetti economici e finanziari della gestione - I finanziamenti e gli investimenti - Forme di finanziamento - Autosufficienza economica e finanziaria - Produzione d'impresa e remunerazione dei fattori produttivi - Produttività delle combinazioni dei fattori produttivi - La gestione aziendale nel mutato contesto istituzionale.

Parte II: La direzione dell'impresa.

L'organizzazione dell'azienda - Gli organi di governo dell'impresa - La programmazione della gestione: programmazione e controllo degli investimenti e dei mezzi finanziari: i budgets settoriali e quello integrale - La conduzione del personale - Il controllo direzionale.

Parte III: La gestione dell'impresa industriale.

La gestione strategica dell'impresa: i modelli di sviluppo dimensionale - La gestione commerciale - La gestione della produzione - La gestione finanziaria - Le altre aree della gestione aziendale - Tecniche di programmazione aziendale - Tecniche di controllo di gestione.

Parte IV: L'informazione nell'impresa.

Il sistema informativo direzionale, la contabilità generale e quella industriale: la misurazione del patrimonio aziendale - Il bilancio d'esercizio: formazione e interpretazione - La progettazione del sistema informativo - Introduzione allo studio e alla determinazione dei costi - Le tipologie dei costi di produzione - I rendimenti e gli indici di efficienza - La comunicazione delle informazioni.

Parte V: Le aggregazioni di imprese.

Le joint-ventures - Motivazioni alle aggregazioni - Modalità tecniche delle intese - Il controllo delle joint-ventures.

Parte VI: La gestione delle imprese edili.

I caratteri peculiari della gestione nelle imprese di costruzione - Le scelte delle imprese edili: le premesse delle scelte e la formulazione delle stesse - Gli strumenti per l'attuazione ed il controllo delle scelte aziendali - Il bilancio delle imprese edili - La partecipazione di più imprese all'attuazione di commesse rilevanti - Il contratto d'appalto - Il contratto di "engineering": aspetti giuridici e amministrativi - Gli aspetti fiscali nelle imprese edili (cenni).

Libri consigliati

G. Belardi: Economia e gestione dell'impresa, UTET, 1994

A. Propersi: Le imprese edili, Pirola, ed. 1992

A. Propersi: Le scritture contabili e il bilancio d'esercizio, ETAS LIBRI, 1993

A. Propersi: Il controllo di gestione delle imprese edilizie, Ed. Giuffrè 1983.

A. Propersi: Le joint-ventures, Pirola, 1992.

S. Sciarelli: Il sistema d'impresa, Ed. CEDAM, 1987.

ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE (C)**AQ0004****Prof. Umberto BERTELE', Giovanni AZZONE***Programma d'esame***PARTE I: LA CONTABILITA' DI IMPRESA.****Il bilancio.**

Lo stato patrimoniale. Il conto economico. Lo schema di cash flow. Il principio di competenza economica. Il metodo della partita doppia. La riclassificazione dei bilanci. I principali indici di bilancio. La leva finanziaria. La leva generalizzata.

La contabilità interna.

I costi di prodotto. La contabilità a costi storici: job costing, process costing, operation costing. La contabilità a costi standard. L'analisi di break even. La leva operativa. Il budget. Il budget flessibile. I costi di periodo. Le spese discrezionali. Lo zero based budget. L'Activity Based Costing. I costi evitabili.

PARTE II: LE DECISIONI DI IMPRESA.**Il valore economico come obiettivo delle imprese.**

Gli obiettivi delle imprese. La nozione di valore economico. Il principio di attualizzazione. La value curve. I rapporti M/B e P/E. Valore economico e flessibilità.

La scelta degli investimenti.

Valore di impresa e valore degli investimenti. Il calcolo dei flussi di cassa. Le tecniche per la valutazione degli investimenti: tempo di pay back, ROI, NPV, IRR, PI. I metodi in condizione di rischio: equivalente certo, RAR. Le scelte di portafoglio.

Le scelte strategiche di impresa.

Le tipologie di decisione strategica. Lo spazio decisionale. I modelli di portafoglio: la matrice BCG. Le forze che regolano la competizione in un settore: il modello di Porter. I gruppi strategici. Il vantaggio competitivo: la value chain. Le strategie "tipo": leadership di costo, differenziazione, focalizzazione.

PARTE III: LE STRUTTURE ORGANIZZATIVE.

Le strutture organizzative.

La progettazione delle posizioni individuali. La progettazione della macrostruttura. I collegamenti laterali. Il decentramento. I fattori contingenti. Le configurazioni organizzative.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche sulle parti I e II del programma.

Libri consigliati

G. Azzone: Economia ed organizzazione aziendale - esercizi, CLUP, 1990.

G. Azzone: Innovare il sistema di controllo di gestione, ETAS Libri, Milano, cap. 3,4,11.

A.C. Hax, N.S. Majluf: The strategy concept and process, Prentice Hall, 1991, cap. 3-6, 8-12, 15.

U. Bertelè, S. Mariotti (a cura di): Impresa e competizione dinamica, Etas Libri, Milano, 1991, cap.1.

H. Mintzberg: La progettazione dell'organizzazione aziendale, Il Mulino, 1985, cap. 1-12.

C.S. Park, G.P. Sharp-Bette: Advanced engineering economics, Wiley, 1990, cap. 1-2, 5-7, 9, 11.

ECONOMIA POLITICA (ECONOMIA INTERNAZIONALE)

AQ0117

Prof. Salvatore BALDONE

Programma d'esame

1. Teoria del commercio internazionale.

1.1 La teoria dei vantaggi comparati

1.2 Il modello di Heckscher-Ohlin

1.3 Mutamenti nella tecnologia e nella dotazione dei fattori produttivi

1.4 Le economie di scala ed il commercio internazionale

1.5 La mobilità internazionale dei fattori produttivi

2. Le politiche commerciali internazionali.

2.1 Gli strumenti delle politiche commerciali: tariffe, dazi, contingentamenti

2.2 Gli effetti delle politiche commerciali

2.3 Le politiche industriali dei paesi avanzati

3. Tassi di cambio e analisi macroeconomica dei sistemi economici aperti.

3.1 Contabilità nazionale e bilancia dei pagamenti

3.2 Tassi di cambio e mercati valutari

3.3 Tassi d'interesse e tassi di cambio

3.4 Livello dei prezzi e tasso di cambio nel lungo periodo

3.5 Produzione e tasso di cambio nel breve periodo

3.6 Controllo dei cambi ed interventi sul mercato valutario

4. Politiche macroeconomiche internazionali.

4.1 Dal gold standard a Bretton Woods

4.2 Politiche economiche e coordinamento in regime di cambi flessibili

4.3 Stato e prospettive del Sistema Monetario Europeo

4.4 Il mercato mondiale dei capitali

Libri consigliati

P.R. Krugman e M. Obstfeld: Economia Internazionale, Hoepli, Milano 1991.

R.S. Masera e S. Rossi: La bilancia dei pagamenti, Cedam, Padova 1993.

ELABORAZIONE DELL'IMMAGINE PER LA PROGETTAZIONE INDUSTRIALE AR0125 Prof. Eugenio CASTELLI

Programma d'esame

- 1) **Tecniche matematiche di elaborazione dell'immagine.**
 - 1.1 Algoritmi per l'estrazione corretta di informazioni
 - 1.2 Algoritmi per la codifica di immagini
- 2) **Supporto offerto dall'elaborazione dell'immagine alla progettazione industriale.**
 - 2.1 Analisi delle sollecitazioni: rilievo computerizzato delle sollecitazioni con metodi fotoelastico e olografico.
 - 2.2 Studio dei complessivi: previsioni di montaggio, effettuate con metodi geometrico-funzionali su supporto CAD.
 - 2.3 Ergonomia: posti di lavoro: rilievo ed evidenziazione delle posizioni assunte da addetti ed utenti delle macchine, ottenuta con l'analisi dell'immagine; previsione di visibilità di comandi ed organi.
 - 2.4 Automazione: predisposizione e controllo punti di riferimento ottici per robot di lavorazione.
 - 2.5 Collaudo: rilievo ed evidenziazione con immagini di campi di deformazione, spostamenti, rottura, surriscaldamenti, per confronto con le immagini normali.
 - 2.6 Telemisurazione con correzione prospettica.
- 3) **Analisi della forma per la progettazione industriale: metodologia e sviluppi.**
 - 3.1 Processi di progettazione con analisi interattiva della forma.
 - 3.2 Estrazione di informazioni progettuali dal disegno e relativi programmi per calcolatore: baricentro, volume, peso, resistenza; traiettorie, accelerazioni, interferenze.
- 4) **Supporto ai programmi di progettazione automatica.**
 - 4.1 Progettazione di complessivi: determinazione e proposta, con estrazione di informazioni progettuali dai disegni dei componenti, di combinazioni che siano ottimali rispetto a varie mete progettuali.

Libri consigliati

Dispense del corso

Ballard-Drown: Computer vision, Prentice Hall, 1982

Shalkoff: Digital Image Processing and Computer Vision, J. Wiley & Sons, 1989.

Hubka: Modello generale del processo di progettazione, Marsilio, 1981.

ELABORAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI Prof. Sergio CERUTTI

AA0017

Programma d'esame

- Introduzione ai problemi di elaborazione dei segnali biologici. Proprietà dei processi di origine biologica. Schema a blocchi generale delle operazioni coinvolte nell'elaborazione dei segnali biologici: acquisizione, pre-elaborazione, stima e classificazione. Studio delle metodologie e cenni sulle tecnologie interessate.
 - Nomenclatura e definizioni generali nell'ambito dei segnali e sistemi a tempo continuo e a tempo discreto. Richiami sulle metodologie di analisi dei segnali e sistemi a tempo discreto. Analisi spettrale di tipo non parametrico.
 - Filtri numerici. Definizioni generali e classificazione. Tecniche di implementazione.
 - Segnali e sistemi biologici:
- Sistema cardiovascolare:** analisi del segnale elettrocardiografico (ECG), del segnale di pressione, di flusso, ecc. e loro reciproche interazioni. Elettromappe. Meccanismi di generazione, acquisizione, pre-elaborazione, stima e classificazione. Rassegna sui metodi di elaborazione di tipo tradizionale e principali applicazioni cliniche e di ricerca. Segnali di variabilità sul breve e lungo termine. Aspetti fisiopatologici: studio dei meccanismi neurali di controllo (in particolare relativi alla frequenza cardiaca e pressione), aritmie, ecc. Metodi e tecniche di elaborazione per il monitoraggio cardiologico. Il segnale ECG fetale: metodi di elaborazione ed estrazione di parametri.
- Sistema neurosensoriale:** analisi del segnale elettroencefalografico (EEG) e dei potenziali evocati

(PE). Meccanismi di generazione, acquisizione, pre-elaborazione, stima e classificazione. Rassegna sui metodi di elaborazione di tipo tradizionale e principali applicazioni cliniche e di ricerca: attività basale ed attività evocata. Monitoraggio EEG. Mappe di EEG e di potenziali evocati.

Applicazioni delle tecniche di filtraggio numerico e di metodi algoritmici all'elaborazione dei segnali biologici sopra menzionati (pre-elaborazione, miglioramento del rapporto segnale/disturbo, estrazione di parametri significativi dal punto di vista clinico, ecc.).

- Dal filtraggio deterministico al filtraggio statistico. Richiami da altri corsi sulle definizioni di base di processo stocastico. Famiglie di modelli. Analisi di serie temporali derivanti da segnali biologici.
- Applicazione dei metodi di identificazione parametrica (modelli AR/MA/ARMA). Analisi spettrale di tipo parametrico compresi i metodi a massima entropia, di Pisarenko, di Prony, ecc. Confronto con le tecniche tradizionali. Esempi vari sui segnali di variabilità cardiaca, EEG, EP, ecc.
- Applicazione di filtri ottimi (filtri di Wiener, di Kalman). Esempi vari relativi ad ECG, EEG, EP (pre-elaborazione, filtraggio, predizione, estrazione e stima di parametri, classificazione diagnostica).
- Confronto tra i metodi di elaborazione tradizionale ed i metodi più avanzati a livello di ricerca, riferiti ai segnali biologici sopra menzionati, sulla base delle metodologie e tecnologie descritte nel corso e dell'applicabilità e rilevanza in sede clinica.

Esercitazioni

Verranno dedicate alcune ore allo svolgimento di temi di carattere sperimentale integrate da visite presso ospedali, laboratori e strutture di ricerca nel settore.

Modalità d'esame

L'esame è orale e verte sugli argomenti del presente programma.

Libri consigliati per l'esame

S. Cerutti Filtri numerici per l'elaborazione di segnali biologici, ed. CLUP, Milano, 1983.
Appunti dalle lezioni.

Testi di riferimento (Facoltativi):

E.M. Glaser, D.S. Ruchkin, Principles of neurobiological signal analysis, Academic Press, 1976.
J.G. Webster ed., Medical Instrumentation, Houghton Mifflin Co., II edition, Boston, USA, 1992.
A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer, Elaborazione numerica dei segnali, Franco Angeli ed., Milano, 1981.
S.M. Bozic, Digital and Kalman filtering, Edward Arnold Publ. Ltd., London 1979.
S. Bittanti, Identificazione parametrica, ed. CLUP, Milano, 1981.

ELABORAZIONE DI SEGNALI E DI INFORMAZIONI DI MISURA

AH0120

Prof. Alessandro FERRERO

Programma d'esame

Generalità. Richiamo dei concetti di base dell'elaborazione di segnali a scopo di misura.

Strumentazione digitale di misura. Sistemi di misura automatici: I bus standard. Bus Seriale RS232. Bus parallelo IEEE488. VME Bus. VXI Bus. Interfacciamento di strumenti al bus. Interfacciamento del calcolatore al bus. Lo strumento intelligente. Lo strumento virtuale. Sistemi di misura a logica programmata: I sistemi di conversione D/A e A/D. I sistemi di elaborazione numerica di segnali. Microcalcolatori. DSP.

Elaborazione numerica di segnali. Teoria dei segnali tempo-discreti. Le sequenze. Analisi delle sequenze nei domini del tempo e della frequenza. La trasformata di Fourier di una sequenza. La trasformata z.

Il campionamento dei segnali. Il teorema del campionamento. Il campionamento dei segnali periodici.

Metodi per l'analisi in frequenza dei segnali. La Trasformata di Fourier Discreta (DFT). Errori nella determinazione degli spettri di ampiezza e fase con la DFT. Interferenza armonica. Metodi per la riduzione degli errori. Impiego di opportune finestre di campionamento. Algoritmi veloci per l'analisi in frequenza dei segnali (FFT).

J.S. Lim: Two-dimensional Signal and Image Processing, Prentice Hall, Signal Processing Series (1990).
 Appunti delle lezioni di Elaborazione e Trasmissione delle Immagini (o Riconoscimento di Elementi di immagine). Città Studi (fotocopie) luglio 1993.

Bibliografia d'approfondimento

N. Ayache: Artificial Vision for Mobile Robots, MIT Press, 1990.

R.O. Duda, P.E. Hart: Pattern Classification and Scene Analysis, Ed. John Wiley, 1973.

J.D. Foley, A van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes: Computer Graphics Principles and Practice, Addison-Wesley, 1990.

R.C. Gonzales, R.E. Woods: Digital Image Processing, Addison Wesley Publ. Co., 1992.

ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI

AG0230

Prof. Fabio ROCCA

Programma d'esame

1. Segnali e sistemi discreti. Stabilità. Causalità. Tempo invarianza.
2. Campionamento. Disturbi da equivocazione (aliasing) e prefiltraggi.
3. Ricostruzione di un segnale continuo da una sequenza regolare di campioni. Interpolatori lineari, parabolici, cubici. La linea elastica. Il filtro ideale. Polinomi di Langrange. Interpolazione da una sequenza irregolare di campioni.
4. La trasformata di Fourier discreta. Campionamento nei tempi e nelle frequenze. Asse dei tempi circolare. Filtraggio di sequenze lunghe: tecniche di overlap-save e overlap-add.
5. Trasformate veloci. Le farfalle.
6. La trasformata veloce di Fourier. Calcolatori speciali per la FFT: "array processors", "pipe lines".
7. La trasformata z. Generalità. Poli e zeri. Sequenze causali e anticausali. Sequenze a fase minima.
8. Filtri a risposta all'impulso finita. Finestre temporali e convoluzioni tra spettri. Finestre di Hamming Hanningg etc. Sintesi con il metodo Remez.
9. Filtri causali a minima fase. La trasformata di Hilbert nel continuo e nel discreto.
10. Richiami delle equazioni differenziali ed alle differenze finite. Derivatori approssimati per segnali campionati. Derivatore recursivo (Crank Nicholson). La trasformazione bilineare. Sintesi diretta di filtri recursivi. Corrispondenza con filtri analogici. Filtri a campionamento in frequenza.
11. Strutture di filtri numerici: cascata, parallelo. Sensività alla quantizzazione dei coefficienti.
12. Quantizzazione dei segnali. Calcolo dello spettro del disturbo.
13. Strutture riverberanti. Filtri a reticolo recursivi.
14. Analisi spettrale. Tecniche non parametriche. Periodogramma. Tecniche parametriche a media mobile.
15. Stima spettrale autoregressiva. Predizione lineare. Equazioni di Yule Walker. Filtri a reticolo non recursivi.
16. Sistemi adattivi. La tecnica di Widrow. Filtri a reticolo adattivi. Cancellatori d'eco.
17. Il segnale vocale. Formanti e tratto vocale. Codifica a riduzione di ridondanza. Vocoder. Modulazione delta. Modulazione differenziale a codice adattiva. Tecniche predittive. Uso di calcolatori speciali.
18. Sistemi bidimensionali. Singolarità. Invarianza spaziale.
19. Trasformata di Fourier a 2D. Trasformata di Hankel.
20. Esempi di filtri bidimensionali derivanti dall'integrazione di equazioni alle derivate parziali della fisica. Le equazioni del calore, dell'elettrostatica, della propagazione di onde.
21. Filtri ideali 2D. Filtri a ventaglio. Trasformazione di Mc Clellan.
22. Conversioni con portanti spaziali. Il segnale televisivo a colori.
23. Il campionamento a 2D. Aliasing spaziali e interpolazione. Tracciamento di curve di livello di superfici note su un reticolo irregolare.
24. Tomografia assistita dal calcolatore.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta, eventualmente seguita da un esame orale.

Il filtraggio numerico. I filtri FIR e IIR. Progettazione di filtri numerici. Realizzazione con tecniche numeriche delle funzioni di trasferimento tipiche di noti filtri analogici.

Esercitazioni

Il corso sarà corredato di esercitazioni di laboratorio in cui gli studenti saranno chiamati ad utilizzare e programmare sistemi di elaborazione numerica di segnali. Verranno applicati i concetti teorici esposti a lezione e saranno messi a punto alcuni procedimenti di misura particolarmente significativi nel campo dell'automazione industriale.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale.

Libri consigliati

Oppenheim, Schafer: Elaborazione numerica dei segnali, Franco Angeli, 1981.

Oram-Brigham: The fast Fourier transform and its applications, Prentice-Hall, 1988.

ELABORAZIONE E TRASMISSIONE DELLE IMMAGINI

AG0219

Prof. Sergio BROFFERIO

Programma d'esame

1. La percezione visiva umana.

La generazione delle immagini ottiche. Modello dell'occhio, della visione. Percezione e rappresentazione dei colori.

2. Generalità sulle immagini.

Immagini naturali, rappresentazioni bidimensionali e multispettrali di immagini. Rappresentazione discreta delle immagini monocromatiche ed a colori. Caratteristiche statistiche, modelli. Analisi d'immagine: caratteristiche percettive, strutturali e semantiche.

3. Elaborazione delle immagini.

Trasformazioni lineari: Fourier, Coseno discreto, Hadamard. Filtraggi: metodo delle maschere. Tecniche di arricchimento (Enhancement) e di restauro (restoration).

4. La codifica delle immagini.

Motivazione e problematiche della codifica. La funzione di distorsione. Generalità sui metodi di codifica. Codifiche statistico-percettive, strutturali ed orientate agli oggetti. Metodi predittivi, a trasformate, a sottobande ed a "ordine". Codificate normalizzate di immagini fisse (JPEG) ed in movimento (H.261, MPEG), codifica di facsimile.

5. Sintesi d'immagini.

Trasformazione geometriche in 2 e 3 dimensioni, Trasformazioni come cambiamento di riferimento. Visione tridimensionale, proiezioni. Rappresentazione di superfici 3D, maglie e poligoni, superficie e curve parametriche. Trasformazioni di curve e "pezze". Modelli di ombreggiatura, riflessione speculare e diffusa. Generatori di immagini a partire dai modelli 3D. Metodi di proiezione.

6. Riconoscimento e classificazione di elementi d'immagine.

Segmentazione zonale ed estrazione di contorni. Metodi di riconoscimento con apprendimento con applicazioni al riconoscimento di caratteri alfanumerici. Cenni sulla ricostruzione tridimensionale della scena ripresa da più sensori (telemetria).

Esercitazioni

Si terranno esercitazioni numeriche ed al calcolatore.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale parzialmente sostituibile con un elaborato (anche al calcolatore e proposto in generale dallo studente stesso).

Testi consigliati

S. Brofferio, V. Rampa, S. Tubaro: La Comunicazione Visiva. Ed. CLUP, 1993.

Libri consigliati

- R.A. Haddad, T.W. Parsons: Digital Signal Processing, Computer Science Press, 1991.
 M. Kunt: Traitment Numérique des signaux, Georgi, Losanna, 1980.
 A. Oppenheim, R.W. Schaffer: Elaborazione Numerica dei segnali, 1981, Franco Angeli.
 F. Rocca, M. Tedeschi: Dispositivi Numerici per l'Elaborazione dei segnali, CLUP, 1986.
 (Dispense del Corso).

ELEMENTI DI AUTOMATICA (A)
Prof. Paolo BOLZERN, Luca FERRARINI

AG0202

*Programma d'esame***1. INTRODUZIONE AL PROBLEMA DEL CONTROLLO.**

Sistemi di controllo. Variabili controllate e variabili manipolabili. Disturbi. Obiettivo del controllo. Regolazione e asservimento.

Controllo in anello aperto e anello chiuso. Compensazione e retroazione. Requisiti statici e dinamici di un sistema di controllo.

Trasduttori e attuatori.

Esempi.

2. SISTEMI DINAMICI.

Definizione di sistema dinamico. Concetti di ingresso, uscita e stato. Sistemi dinamici ed equazioni differenziali (o alle differenze).

Sistemi lineari invarianti a tempo continuo.

Movimento, traiettorie, punti di equilibrio. Movimento libero e movimento forzato. Principio di sovrapposizione degli effetti.

Stabilità. Criterio degli autovalori. Criterio di Routh.

Linearizzazione e stabilità dell'equilibrio per sistemi non lineari.

Funzione di trasferimento. Poli e zeri. Schemi a blocchi.

Connessioni in serie, parallelo e retroazione.

Risposte canoniche di sistemi del primo e secondo ordine nel dominio del tempo. Costante di tempo. Pulsazione naturale e coefficiente di smorzamento.

Risposta in frequenza Diagrammi polari. Diagrammi cartesiani (di Bode).

Interpretazione dei sistemi dinamici come filtri.

Sistemi a dimensione infinita (cenni). Ritardo puro.

Sistemi lineari invarianti a tempo discreto.

Stabilità. Funzione di trasferimento. Risposta in frequenza.

3. SISTEMI DI CONTROLLO.

Schema del controllo in retroazione. Requisiti del sistema di controllo

Stabilità. Criterio di Nyquist. Criterio di Bode. Grado di stabilità. Margine di fase e margine di guadagno.

Risposta in frequenza di sistemi retroazionati. Poli dominanti.

Velocità di risposta. Banda passante. Cerchi di Hall.

Precisione statica. Errore a transitorio esaurito dovuto a segnale di riferimento, disturbi additivi e disturbi parametrici. Sintesi del controllore. Specifiche di progetto. Fasi del progetto.

Luogo delle radici. Regole per il tracciamento. Uso del luogo delle radici per l'analisi e la sintesi di sistemi di controllo.

4. TECNOLOGIE DEI DISPOSITIVI DI CONTROLLO.

Controllori elettronici e pneumatici.

Controllori PID. Taratura dei parametri. Regole di Ziegler e Nichols.

Controllori a relay. Criteri di taratura.

5. CONTROLLO DIGITALE.

Sistemi a segnali campionati. Campionatori e mantentori. Cenni al problema del campionamento.

Criteri di progetto di controllori digitali mediante il punto di vista "digitale" e il punto di vista "analogico". Metodo di Ragazzini.

6. TECNICHE AVANZATE DI CONTROLLO (cenni).

Controllo multivariabile. Cenni di teoria "moderna" del controllo.

Controllo di sistemi non lineari.
 Controllo adattativo.
 Controllo gerarchico e decentralizzato.

7. AUTOMAZIONE DEI PROCESSI INDUSTRIALI (cenni).

L'automazione nei diversi settori produttivi.
 Uso del calcolatore nel controllo dei processi industriali.
 Automazione dei sistemi di produzione.

Esercitazioni

Durante il corso verranno svolte

- esercitazioni numeriche ad illustrazione delle tecniche di analisi e progetto presentate a lezione;
- esercitazioni con l'uso di strumenti informatici interattivi (personal computer corredato di software per l'analisi e la sintesi di sistemi di controllo);
- esercitazioni su argomenti complementari e su applicazioni specifiche.

I programmi di calcolo su personal computer usati nelle esercitazioni saranno messi a disposizione degli studenti per uso individuale nei laboratori appositamente attrezzati.

Libri consigliati

- S. Bittanti, N. Schiavoni: Modellistica e controllo, vol. 1 e 2, CLUP.
 P. Bolzern: Elementi di automatica - Sistemi a tempo discreto e controllo digitale, Masson
 P. Bolzern, N. Schiavoni: Elementi di automatica - Esercizi, Masson.
 P. Bolzern: Programmi MEDEA, Masson
 Per approfondimenti:
 S. Rinaldi: Teoria dei sistemi, CLUP.
 E. Fornasini, G. Marchesini: Appunti di teoria dei sistemi, Libreria Progetto, Padova.
 G. Marro: Controlli automatici, Zanichelli.
 G. Guardabassi: Elementi di controllo digitale, CLUP.
 G. Quazza: Controllo dei processi, vol. 1 e 2, CLUP.

ELEMENTI DI AUTOMATICA (B)

AG0221

Prof. Riccardo SCATTOLINI

Programma d'esame

1. INTRODUZIONE.

Problema dell'automazione e del controllo. Obiettivi del controllo. Variabili controllate e variabili manipolabili. Disturbi. Strumentazione, trasduttori e attuatori. Schemi di controllo in anello aperto e anello chiuso. Requisiti statici e dinamici di un sistema di controllo.

2. SISTEMI DINAMICI.

2.1 Definizione di sistema dinamico. Sistemi a tempo continuo. Descrizione nel dominio del tempo. Concetto di ingresso, stato, uscita. Rappresentazione dei sistemi dinamici tramite sistemi di equazioni differenziali. Movimento, traiettorie, punti di equilibrio. Stabilità del punto di equilibrio. Linearizzazione.

2.2 Sistemi dinamici lineari e invarianti. Formula di Lagrange, principio di sovrapposizione degli effetti. Movimento libero e movimento forzato. Proprietà strutturali. Stabilità. Criterio degli autovalori e criterio di Routh.

2.3 Descrizione nel dominio della frequenza. Trasformazione di Laplace. Funzione di trasferimento: definizione, calcolo, proprietà. Poli, zeri, guadagno, costanti di tempo, pulsazione naturale, smorzamento. Realizzazione. Risposte canoniche di sistemi del primo e del secondo ordine. Schemi a blocchi, elaborazione di schemi a blocchi. Connessioni in serie, parallelo, retroazione. Risposta in frequenza: definizione, proprietà e rappresentazione grafica (diagrammi polari e diagrammi cartesiani).

2.4 Sistemi a dimensione infinita (cenni). Ritardo di tempo.

3. SISTEMI DI CONTROLLO.

3.1 Schemi di controllo in retroazione. Requisiti di un sistema di controllo. Analisi dei sistemi di controllo retroazionati lineari. Stabilità. Criterio di Nyquist. Criterio di Bode. Grado di stabilità.

- Robustezza. Margine di fase e di guadagno. Precisione dinamica. Cerchi di Hall, entità delle sovraelongazioni. Banda passante, velocità di risposta. Risposta in frequenza.
- 3.2** Precisione statica dei sistemi retroazionati. Errore a transitorio esaurito dovuto a segnali di riferimento e disturbi additivi canonici (scalini, rampe, parabole). Errori dovuti a disturbi parametrici.
- 3.3** Sintesi dei sistemi di controllo. Fasi del progetto di sintesi. Specifiche del progetto. Progetto statico e progetto dinamico. Reti stabilizzatrici. Reti ritardatrici e anticipatrici. Uso di elementi regolanti in anello aperto.
- 3.4** Luogo delle radici. Regole di tracciamento. Uso del luogo delle radici per l'analisi e la sintesi di sistemi di controllo.
- 3.5** Controllori industriali PI e PID, generalità. Taratura dei parametri. Regole di taratura. Controllori con azione desaturante. Controllori a relay, generalità e criteri empirici di taratura.
- 4. SISTEMI A TEMPO DISCRETO.**
- 4.1** Definizioni. Proprietà. Stabilità. Funzione di trasferimento. Risposta in frequenza.
- 4.2** Sistemi a segnali campionati. Campionamento e campionatori. Mantentori. Analisi e sintesi dei sistemi di controllo ibridi. Controllori digitali. Tecniche di trasformazione di sistemi di controllo a tempo continuo in sistemi a segnali campionati.
- 5. TECNICHE AVANZATE DI CONTROLLO (cenni).**
Controllo multivariabile. Controllo in cascata. Controllo adattativo. Controllo gerarchico. Controllo decentralizzato.

Esercitazioni

Durante il corso verranno svolte esercitazioni numeriche a illustrazione e complemento degli argomenti trattati a lezione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta.

Libri consigliati

Per la preparazione dell'esame, si consiglia di utilizzare i testi:

S. Bittanti, N. Schiavoni: Modellistica e controllo, 2 Vol. CLUP.

P. Bolzern, N. Schiavoni: Elementi di Automatica - Esercizi, Masson 1990.

A utile integrazione e per l'approfondimento della materia si segnalano i testi seguenti:

P. Bolzern: Elementi di Automatica, Masson 1993

S. Rinaldi: Teoria dei sistemi, CLUP.

G. Guardabassi: Controlli automatici, parte I, CLUP.

G. Guardabassi: Elementi di controllo digitale, CLUP.

G. Marro: Controlli automatici, Zanichelli, 1981.

Sono inoltre disponibili note integrative preparate dal docente.

ELEMENTI DI AUTOMATICA (C)

AG0248

Prof. Nicola SCHIAVONI

Programma d'esame

1 - INTRODUZIONE.

Problema del controllo; controllo in anello aperto e in anello chiuso; ruolo della retroazione nel contenimento degli effetti prodotti dalla presenza di variabili incerte (condizioni iniziali e parametri); strumentazione.

2 - SISTEMI DINAMICI.

2.1 Descrizione nel "dominio del tempo": definizioni fondamentali sui sistemi continui e discreti (concetto di stato); movimento ed equilibrio; sistemi lineari: formula di Lagrange e principio di sovrapposizione degli effetti (movimento libero e movimento forzato; proprietà strutturali - cenni-).

2.2 Stabilità: definizione "alla Liapunov"; stabilità nei sistemi lineari: criterio degli autovalori e

- criterio di Routh, connessioni con il concetto di stabilità esterna; stabilità nei sistemi non lineari: criterio della linearizzazione.
- 2.3 Descrizione nel "dominio della frequenza":** trasformazione di Laplace e trasformazione zeta; serie e trasformazione di Fourier continua e discreta; funzione di trasferimento: definizione, calcolo, proprietà; poli e zeri; verifica della stabilità; realizzazione (cenni); determinazione qualitativa e quantitativa della risposta di un sistema dinamico a ingressi tipici (impulso, scalino, rampa); schemi a blocchi e regole per la loro elaborazione; schemi di flusso e formula di Mason; risposta in frequenza: definizione, proprietà e misura sperimentale, rappresentazione grafica (diagrammi polari e cartesiani).
- 2.4 Modellistica e identificazione (cenni):** descrizione "nel dominio del tempo" e "nel dominio della frequenza" di semplici processi; problema dell'identificazione e metodi di identificazione; simulazione analogica e digitale.
- 3. SISTEMI DI CONTROLLO.**
- 3.1 Struttura e requisiti dei sistemi di controllo retroazionati:** controllo di un sistema nell'intorno di una condizione di equilibrio (linearizzazione, il sistema canonico di Lurè); stabilità e precisione.
- 3.2 Analisi del comportamento in transitorio dei sistemi di controllo retroazionati continui lineari semplici:** stabilità: criterio di Nyquist, criterio di Bode, metodo del luogo delle radici; precisione dinamica: carte di Hall, grado di stabilità, entità delle sovraregolazioni, banda passante, velocità di risposta.
- 3.3 Analisi del comportamento a regime dei sistemi di controllo retroazionati continui lineari semplici:** precisione statica: errore a transitorio esaurito prodotto dal segnale di riferimento e da disturbi additivi e parametrici agenti "in andata" e "in retroazione".
- 3.4 Sintesi dei sistemi di controllo retroazionati continui lineari semplici:** progetto statico e progetto dinamico; reti stabilizzatrici; uso di elementi regolanti "in andata"; controllo di semplici processi.
- 3.5 Controllori industriali:** controllori lineari ad azione proporzionale-integrale-derivativa (PID); controllori non lineari a relay; metodi empirici per la loro scelta e messa a punto; controllori programmabili (PLC) e controllo logico.
- 3.6 Impiego del calcolatore nei sistemi di controllo:** motivazioni e obiettivi; controllo fuori linea e controllo in linea; campionamento e campionatori; mantenitori; sistemi di controllo a segnali campionati; analisi e sintesi dei sistemi di controllo a segnali campionati lineari semplici: metodi di analisi e metodi di sintesi (cenni).
- 3.7 Sistemi di controllo ad architettura complessa (cenni):** metodi di analisi e metodi di sintesi di sistemi di controllo lineari multipli; controllo adattativo; controllo gerarchico; controllo decentralizzato.

Esercitazioni

E' previsto lo svolgimento di esercitazioni numeriche a illustrazione e complemento degli argomenti trattati a lezione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta che, in tutti i casi in cui il docente lo ritenga opportuno, può essere seguita da una prova orale.

Libri consigliati

Per la preparazione all'esame si consiglia di utilizzare i testi seguenti:

S. Bittanti, N. Schiavoni: Modellistica e controllo, 2 vol., CLUP, Milano.

P. Bolzern: Elementi di automatica - Sistemi a tempo discreto e controllo digitale, Masson, Milano.

P. Bolzern, N. Schiavoni: Elementi di automatica - Esercizi, Masson, Milano.

A integrazione, nel corso dell'anno potrà essere fornito del materiale preparato a cura del docente.

Per l'approfondimento della materia si consiglia di utilizzare i testi seguenti:

S. Rinaldi: Teoria dei Sistemi, CLUP, Milano.

G. Guardabassi: Controlli automatici-Parte I, CLUP, Milano.

G. Guardabassi: Controlli automatici: sistemi di controllo non lineari, sistemi di controllo discreti, CLUP, Milano.

G. Guardabassi: Elementi di controllo digitale, CLUP, Milano.

A. Isidori: Sistemi di controllo, Siderea, Roma.

- G. Marro: Controlli automatici, Zanichelli, Bologna.
 A. Locatelli: Elementi di controllo ottimo, CLUP, Milano.
 A. Locatelli: Appunti di Teoria della regolazione, CLUP, Milano.
 G. Quazza: Controllo dei processi: i problemi fondamentali di controllo, i modelli dinamici e l'identificazione dei processi, CLUP, Milano.
 G. Quazza: Controllo dei processi: componenti dei sistemi per il controllo dei processi, CLUP, Milano.
 G. Marro: Componenti dei sistemi di controllo, Zanichelli, Bologna.
 M. Petternella, R. Vitelli: Strumentazione industriale - trasduttori e regolatori, UTET, Torino.

ELETTROCHIMICA E TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE **Prof. Giovanni SERRAVALLE**

AE0003

Programma d'esame

1. **I sistemi elettrochimici come caso particolare dei bipoli elettrici.**
2. **Studio dei fenomeni di conduzione elettrica.** Conduttori ionici o misti. Soluzioni elettrolitiche. Generalità sulla circolazione dicorrente nelle catene galvaniche.
3. **Stechiometria delle reazioni elettrochimiche.** Leggi di Faraday. Processi elettrochimici concorrenti. Reazione di catena.
4. **Misure di conducibilità delle soluzioni elettrolitiche.** Mobilità ioniche. Numeri di trasporto.
5. **Proprietà termodinamiche delle soluzioni elettrolitiche.**
6. **Energetica delle catene galvaniche.** Misura delle forze elettromotrici.
7. **Serie delle tensioni elettrochimiche.** Grado di nobiltà. Pile di concentrazione. Pile di ossido riduzione. Comportamento elettrochimico dei metalli che forniscono cationi di valenza diversa. *pH*.
8. **Cinetica dei fenomeni elettrochimici.** Sovratensione nei processi elettrochimici con scambio di ioni del metallo elettrochimico. Sovratensione di idrogeno. Sovratensione di ossigeno. Cinetica dei fenomeni di passivazione. Intervento degli anioni. Polarizzazione di concentrazione. Processi elettrochimici a controllo di diffusione. Corrente limite. Bilancio di tensioni in una cella galvanica.
9. **Problemi di ripartizione nei sistemi galvanici.** Elettrodi misti. Tensione elettrochimica mista.
10. **Processi elettrolitici in sale fuso.**
11. **Processi elettrolitici non metallurgici in soluzione acquosa.** L'elettrolisi dei cloruri alcalini.
12. **L'impianto elettrochimico.** La cella ed il circuito di elettrolisi.
13. **Estrazione e raffinazione dei metalli per via elettrochimica.** Galvanica.
14. **I sistemi elettrochimici quali fonti d'energia.**

Esercitazioni

Misure elettrochimiche tipiche. Discussione di problemi elettrochimici.

Libri consigliati

- P. Gallone: Trattato di ingegneria elettrochimica, Tanburini Milano, 1973.
 G. Bianchi-T. Mussini: Fondamenti di Elettrochimica, Masson Milano 1993.

ELETTRONICA APPLICATA

AG0233

(per gli allievi di Ingegneria Elettrotecnica e Informatica)

Prof. Giancarlo RIPAMONTI

Programma d'esame

1. **Richiami di teoria delle reti elettriche ed amplificatori.** Metodi matematici di analisi delle reti elettriche: analisi per maglie e per nodi; funzioni di trasferimento e loro proprietà; definizione di sistema reazionato e sue proprietà elementari. Generatori di tensione e di corrente comandati. Cenni ai metodi per l'analisi al calcolatore delle reti elettriche. Generalità sugli amplificatori; amplificatori operazionali ideali e non. Analisi delle configurazioni base con riferimento ai

sistemi reazionati; errore statico, desensibilizzazione, impedenza di ingresso e di uscita. Analisi dinamica degli amplificatori reazionati: applicazioni del la trasformata di Fourier e di Laplace allo studio dei circuiti elettronici, poli, zeri. Integrale di convoluzione e risposta temporale. Diagrammi di Bode e luogo delle radici. Stabilità. Compensazione degli anelli instabili: a polo dominante, a polo e zero. Oscillatori e multivibratori (cenni). Effetti circuitali delle principali non idealità degli amplificatori operazionali (correnti di bias, tensione di offset, slew-rate ecc.). Applicazioni lineari (sommatori, filtri attivi, integratori derivatori ecc.) e principali applicazioni non lineari (diodi amplificati e amplificatori logaritmici).

2. **Componenti elementari integrati.** Elementi di fisica dei semiconduttori: diagrammi a bande, legge dell'azione di massa, correnti di deriva e di diffusione, vita media. Diodi p-n: relazione tensione-corrente, capacità. Struttura MOS: diagramma a bande; banda piatta; regimi di svuotamento, inversione debole e forte. Transistore MOS: tensione di soglia, relazione tensione-corrente in regime triodo e di saturazione. Transistore bipolare: struttura, modello di Ebers-Moll, funzionamento in regime attivo e di saturazione.
3. **Circuiti elementari.** Circuiti equivalenti dei componenti fondamentali; cenno agli elementi parassiti. Concetto di piccolo segnale e di linearizzazione. Polarizzazione di componenti attivi in circuiti discreti ed integrati; effetti delle non uniformità dei parametri e della temperatura sul punto di funzionamento; sensibilità. Dinamica di ingresso e di uscita; cenno alle distorsioni. Polarizzazione interpretata come sistema reazionato in continua. Amplificazione di tensione e di corrente, impedenza di ingresso e di uscita, poli e zeri delle tre configurazioni fondamentali a singolo stadio; effetto Miller, prodotto guadagno-banda. Circuiti reazionati su singolo stadio.
4. **Circuiti per elettronica discreta ed integrata.** Stadi di amplificazione Cascode, Differenziale, Darlington. Stadi finali: configurazione in classe A, AB e B. Rendimento di stadi di potenza. Specchi di corrente e carichi attivi. Struttura semplificata di amplificatore operazionale CMOS: origine delle non idealità e cenni ai metodi per la loro riduzione.
5. **Circuiti logici CMOS.** Porte logiche elementari CMOS: caratteristiche statiche, margine di rumore, tensione di soglia. Comportamento dinamico: tempi di commutazione, fan-out, dissipazione di potenza. Prodotto ritardo-consumo. Tecnologie di fabbricazione di circuiti integrati CMOS. Interruttori elettronici MOS, transmission gates, porte logiche completamente complementari. Circuiti logici dinamici, logica Domino. Trasmissione di segnali logici: linee di trasmissione, impedenza caratteristica, riflessioni. Bus e circuiti specifici. Buffer per grandi carichi capacitivi. Latch-up e cenni alla sua prevenzione. Celle di memoria statiche e dinamiche. Principali tecniche di conversione analogico-digitale e digitale-analogica.
6. **Applicazioni.** Interfacciamento di sensori o rivelatori alla elettronica: front end specializzati (amplificatori da strumentazione, amplificatori a transconduttanza ecc). Alimentatori e stabilizzazione della tensione di alimentazione. Filtraggio di segnali a banda larga e stretta. Rivelazione di segnali modulati in ampiezza.

Libri consigliati

Sedra-Smith: Microelectronic Circuits, 3rd edition Saunders College Publishing (1991) o edizione italiana (1994)

appunti dalle lezioni

Per approfondimento sugli aspetti fisici:

Muller Kamins: Device Electronics for Integrated Circuits, 2nd edition J.Wiley (1986)

Per approfondimento sulla teoria delle reti:

Gatti Manfredi Rimini: Elementi di teoria delle reti lineari, Casa editrice Ambrosiana (1966)

ELETTRONICA APPLICATA

AV0102

(per gli allievi di Ingegneria Nucleare, Meccanica)

Prof. Giorgio U. PIGNATEL

Programma d'esame

1. **Richiami di teoria delle reti elettriche ed amplificatori.** Metodi matematici di analisi delle reti elettriche: analisi per maglie e per nodi; funzioni di trasferimento e loro proprietà; definizione di sistema reazionato e sue proprietà elementari. Generatori di tensione e di corrente comandati.

Cenni ai metodi per l'analisi al calcolatore delle reti elettriche. Generalità sugli amplificatori; amplificatori operazionali ideali e non. Analisi delle configurazioni base con riferimento ai sistemi reazionati; errore statico, desensibilizzazione, impedenza di ingresso e di uscita. Analisi dinamica degli amplificatori reazionati: applicazioni della trasformata di Fourier e di Laplace allo studio dei circuiti elettronici, poli, zeri. Integrale di convoluzione e risposta temporale. Diagrammi di Bode e luogo delle radici. Stabilità. Compensazione degli anelli instabili: a polo dominante, a polo e zero. Oscillatori e multivibratori (cenni). Effetti circuitali delle principali non idealità degli amplificatori operazionali. (correnti di bias, tensione di offset, slew-rate ecc.). Applicazioni lineari (sommatori, filtri attivi, integratori derivatori ecc.) e principali applicazioni non lineari (diodi amplificatori e amplificatori logaritmici).

2. **Componenti elementari integrati.** Elementi di fisica dei semiconduttori: diagrammi a bande, legge dell'azione di massa, correnti di deriva e di diffusione, vita media. Diodi p-n: relazione tensione-corrente, capacità. Struttura MOS: diagramma a bande; banda piatta; regimi di svuotamento, inversione debole e forte. Transistore MOS: tensione di soglia, relazione tensione-corrente in regime triodo e di saturazione. Transistore bipolare: struttura, modello di Ebers-Moll, funzionamento in regime attivo e di saturazione.
3. **Circuiti elementari.** Circuiti equivalenti dei componenti fondamentali; cenno agli elementi parassiti. Concetto di piccolo segnale e di linearizzazione. Polarizzazione di componenti attivi in circuiti discreti ed integrati; effetti delle non uniformità dei parametri e della temperatura sul punto di funzionamento; sensibilità. Dinamica di ingresso e di uscita; cenno alle distorsioni. Polarizzazione interpretata come sistema reazionato in continua. Amplificazione di tensione e di corrente, impedenza di ingresso e di uscita, poli e zeri delle tre configurazioni fondamentali a singolo stadio; effetto Miller, prodotto guadagno-banda. Circuiti reazionati su singolo stadio.
4. **Circuiti per elettronica discreta ed integrata.** Stadi di amplificazione Cascode, Differenziale, Darlington. Stadi finali: configurazione in classe A, AB e B. Rendimento di stadi di potenza. Specchi di corrente e carichi attivi. Struttura semplificata di amplificatore operazionale CMOS: origine delle non idealità e cenni ai metodi per la loro riduzione.
5. **Circuiti logici CMOS.** Porte logiche elementari CMOS: caratteristiche statiche, margine di rumore, tensione di soglia. Comportamento dinamico: tempi di commutazione, fan-out, dissipazione di potenza. Prodotto ritardo consumo. Tecnologie di fabbricazione di circuiti integrati CMOS. Interruttori elettronici MOS, transmission gates, porte logiche completamente complementari. Circuiti logici dinamici, logica Domino. Trasmissione di segnali logici: linee di trasmissione, impedenza caratteristica, riflessioni. Bus e circuiti specifici. Buffer per grandi carichi capacitivi. Latch-up e cenni alla sua prevenzione. Celle di memoria statiche e dinamiche. Principali tecniche di conversione analogico-digitale e digitale-analogica.
6. **Applicazioni.** Interfacciamento di sensori e rivelatori alla elettronica: front end specializzati (amplificatori da strumentazione, amplificatori a transconduttanza ecc.). Alimentatori e stabilizzazione della tensione di alimentazione. Filtraggio di segnali a banda larga e stretta. Rivelazione di segnali modulati in ampiezza.

Libri consigliati

Sedra-Smith: Microelectronics Circuits, 3rd Edition Saunders College Publishing (1991)

Appunti dalle lezioni

Per approfondimento sugli aspetti fisici:

Muller Kamins: Device Electronics for Integrated Circuits, 2nd edition J. Wiley (1986)

Per approfondimento sulla teoria delle reti:

Gatti Manfredi Rimini: Elementi di teoria delle reti lineari Casa Editrice Ambrosiana (1966).

ELETTRONICA APPLICATA I **Prof. Giorgio PADOVINI, Marco SAMPIETRO**

AG0213

Programma d'esame

1. Elementi di fisica e tecnologia dei semiconduttori.

Modello a bande dei solidi (principi fondamentali), elettroni e lacune, donori e accettori, equilibrio termico, corrente di deriva e di diffusione, mobilità. Tecnologia planare su silicio.

2. Componenti elettronici in silicio e loro realizzazione integrata.

Diodo p-n: giunzione brusca; polarizzazione inversa; breakdown; equazione di continuità, generazione e ricombinazione. Correnti di elettroni e di lacune, caratteristica I-V, transistori di commutazione. JFET: principi di funzionamento, tensione di pinch-off, modelli per piccoli e grandi segnali nella regione di pinch-off, comportamento in frequenza. JFET in tecnologia planare. BJT: zone di funzionamento, guadagno di corrente, tempo di transito in base, comportamento in frequenza; modelli per piccoli e grandi segnali; transistori bipolari in tecnologia planare. MOSFET: principi di funzionamento, tensione di soglia, MOS ad arricchimento ed a svuotamento, caratteristica quadratica, modelli per piccoli e grandi segnali in regime di pinch-off, comportamento in frequenza. Cenni sui contatti ohmici.

3. Circuiti fondamentali a diodi e transistori.

Circuiti con diodi: limitatori, rettificatori, regolatori di tensione con diodo zener.

Amplificatori a singolo stadio e multistadio a transistori bipolari e JFET, amplificatori differenziali: tecniche di polarizzazione; amplificazione di tensione e di corrente, impedenze di ingresso e di uscita; analisi in continua, comportamento in frequenza e in transitorio. Effetto Miller; tecniche di bootstrap. Circuiti a scatto elementari: trigger di Schmitt e multivibratori monostabili.

4. Teoria dei circuiti lineari.

Autostati e autovalori (Frequenze di vibrazione libera) di una rete; risposta a sinusoidi generalizzate forzanti; funzioni di trasferimento. Analisi nodale; schemi di flusso. Circuiti reazionati: proprietà; verifica della stabilità con i criteri di Nyquist, Bode, luogo delle radici. Guadagno di anello, sensibilità ai parametri della rete.

5. Circuiti controeazionati a transistori.

Tipi di reazioni; amplificatori lineari a singolo stadio e a più stadi; calcolo del guadagno ad anello chiuso ed aperto. Effetti della reazione sulle caratteristiche di un circuito. Terra virtuale. Cenni sulle tecniche di compensazione. Esempi di oscillatori a bassa frequenza.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta che può essere integrata a giudizio del docente da una prova orale.

Libri consigliati

R.S. Müller, T.I. Kamins: Device Electronics for Integrated Circuits, (second edition), John Wiley (parti 1, 2).

P.R. Gray, R.G. Meyer: Analysis and design of analog integrated circuits (Third edition), John Wiley (parti 2, 3, 4, 5).

A. Lacaïta, M. Sampietro: Circuiti elettronici, CittàStudi

E. Gatti, P.F. Manfredi, A. Rimini: Elementi di teoria delle reti lineari, Casa Editrice Ambrosiana (parte 4).

Altri testi di consultazione

R. Boylestad, L. Naschelsky: Electronic Devices and Circuit Theory, Prentice-Hall International Editions.

P. Horowitz, W. Hill: The Art of Electronics, Cambridge University Press.

T. Horowitz, I. Robinson: Laboratory Manual for the Art of Electronics, Cambridge University Press.

C.G. Fonstad: Microelectronics Devices and Circuits, McGraw-Hill

ELETRONICA APPLICATA II**AG0231****Proff. Andrea LACAÏTA, Giuseppe MACCHIARELLA***Programma d'esame***1. Circuiti Digitali.**

1.1. Funzioni logiche elementari. Proprietà e caratterizzazione dei circuiti digitali. Parametri caratteristici.

1.2. Le principali famiglie logiche in tecnologia bipolare (TTL, ECL): caratteristiche strutturali, comportamento elettrico, prestazioni e modalità di impiego. Famiglia IIL (cenni).

1.3. Le tecnologie a larga scala di integrazione: MOS/CMOS: analisi dell'invertitore; comporta-

mento statico e dinamico; determinazione del ritardo di propagazione; le topologie fondamentali; porte di trasmissione.

- 1.4. Circuiti combinatori a media e grande scala di integrazione: selettori, decodificatori, unità logico-aritmetiche, matrici logiche programmabili (cenni).
- 1.5. Circuiti sequenziali: Flip—Flop, registri a scorrimento, contatori. Cenni sulle memorie ROM e RAM (bipolari e MOS).
- 1.6. Sistemi per acquisizione dati: interruttori e multiplexer, circuiti sample and hold. Convertitori D/A e A/D: principi della conversione, parametri caratteristici, analisi delle principali architetture.
2. **Circuiti Analogici.**
- 2.1. Caratterizzazione per grandi segnali di dispositivi a semiconduttore (BJT, JFET, MOS); analisi della distorsione da non linearità; modelli per dispositivi attivi e passivi.
- 2.2. Il rumore dei circuiti elettrici: metodologie per l'analisi di circuiti con sorgenti di rumore. Cenni sulla natura fisica delle principali sorgenti di rumore nei dispositivi attivi e passivi.
- 2.3. L'Amplificatore Operazionale: struttura e caratteristiche fondamentali; parametri statici e dinamici; comportamento in frequenza; compensazione; slew-rate.
- 2.4. Applicazioni Lineari degli Operazionali: amplificatori invertenti, non invertenti, differenziali; circuiti integratori e derivatori; convertitori; convertitori V-I.
- 2.5. Progetto e analisi di filtri attivi: approssimazione polinomiale della risposta (Butterworth e Chebycheff); progetto del prototipo passa-basso; trasformazioni in frequenza; Realizzazione di filtri con Amplificatori Operazionali (cella base di Sallen-Key).
- 2.6. Applicazioni non lineari degli Operazionali: Circuiti di taglio e di vincolo, amplificatori logaritmici, comparatori; discriminatori (Trigger di Schmitt); multivibratori.
- 2.7. Oscillatori sinusoidali: condizioni di oscillazione; stabilità in frequenza (diretta e indiretta); analisi e dimensionamento dei principali tipi di oscillatori.

Esercitazioni

Si svolgono settimanalmente esercitazioni numeriche che consistono in applicazioni e approfondimenti di quanto svolto nelle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta seguita da un colloquio.

Libri consigliati

Milman, Grabel: Microelectronics, McGraw-Hill

Sedra, Smith: Microelectronic Circuits, Saunders College Publishing

Hodges, Jackson: Analysis and design of digital integrated circuits, McGraw-Hill, 1983

Riccò, Fantini, Brambilla: Introduzione ai circuiti integrati digitali, Zanichelli-Telettra.

ELETTRONICA APPLICATA III

Prof. Mario BERTOLACCINI

AG0251

Programma d'esame

1. Rumore elettronico nei componenti, nei circuiti e nei sistemi.

Sorgenti di rumore nei componenti passivi ed attivi. Circuiti equivalenti dal punto di vista del rumore. Tecniche di calcolo del rumore nei circuiti elettronici. Tecniche di progetto volte a minimizzare il rumore in applicazioni diverse ed esempi relativi.

2. Fenomeni di distorsione.

Distorsione lineare: di ampiezza, di fase. Distorsione non lineare: distorsione armonica, effetto della controreazione, analisi e progetto delle strutture fondamentali; distorsione dinamica, analisi e criteri di progetto, esempi.

3. Amplificatori operazionali integrati a tecnologia bipolare e bifet.

Stadi di ingresso: parametri caratteristici, configurazioni fondamentali, criteri di progetto, esempi di realizzazione. Specchi di corrente e riferimenti di tensione: analisi e progetto. Stadi intermedi: funzioni di carico del primo stadio, di traslazione di livello, di pilotaggio dello stadio

- di uscita; problemi di risposta in frequenza e di settling time; esempi di progetto. Stadi di potenza (di uscita): parametri caratteristici, configurazioni fondamentali, dispositivi di potenza e problemi di realizzazione monolitica, cenno agli amplificatori dedicati (audio, ecc.) ed agli amplificatori di potenza, esempi di progetto. Confronto tra le diverse tecnologie di realizzazione.
4. **Amplificatori operazionali integrati a tecnologia MOS.**
Potenzialità e limiti della tecnologia. Tecnologie CMOS e NMOS. Specchi di corrente dinamici. Stadi in classe AB. Configurazioni fondamentali. Criteri di progetto ed esempi.
 5. **Amplificatori per strumentazione (instrumentation Amplifiers).**
Caratteristiche fondamentali. Strutture utilizzanti amplificatori operazionali. Strutture specifiche, analisi e progetto, esempi di realizzazione.
 6. **“Current mode” e “Current feedback” nel progetto degli amplificatori operazionali e degli amplificatori per strumentazione.**
Confronto tra “current mode” e “voltage mode”. Translinearità e “current conveyors”. Strutture fondamentali e loro applicazioni. Risposta in frequenza, comportamento reale, limiti ultimi. Esempi di progetto, in particolare di amplificatori per strumentazione.
 7. **Amplificatori a commutazione.**
Problemi connessi con l’amplificazione in continua. Struttura degli amplificatori a commutazione. Caratteristiche degli interruttori elettronici. Ricostruzione del segnale, problemi di fedeltà. Risposta in frequenza. Esempi.

Esercitazioni

In considerazione della materia trattata e dell’approccio di tipo progettuale non esiste sostanziale distinzione tra le lezioni ed esercitazioni che si svolgeranno per un complesso di 8 ore settimanali.

Modalità d’esame

L’esame consiste di una prova orale.

Libri consigliati

Sono disponibili appunti e tracce delle lezioni.

Riferimenti bibliografici precisi verranno forniti durante lo svolgimento del corso.

Nota per gli Studenti

L’insegnamento vuole avere taglio sostanzialmente progettistico.

Gli argomenti elencati nel programma vengono svolti in tale spirito e quindi, di anno in anno a seconda delle necessità, gli esempi di progetto potranno essere variati.

ELETTRONICA BIOMEDICA

AA0018

Prof. Antonio PEDOTTI

Programma d’esame

Introduzione al corso - Problematiche generali nella gestione della salute e ruolo della strumentazione e delle Tecnologie. Cenni di Terminologia in Fisiopatologia. Generalità sulla strumentazione biomedica, con particolare riferimento all’elettronica.

Classificazione, caratteristiche e specifiche della strumentazione biomedica - Elaborazione dei segnali biologici: problemi hardware (amplificatori - filtri) e Software (filtri digitali - elaborazione nel dominio del tempo e della frequenza - modellistica).

Trasduttori nella strumentazione biomedica e principi di funzionamento - Misure di temperatura. Misure ottiche. Fibre ottiche. Misure di grandezze meccaniche: forze, spostamenti, pressioni.

Organizzazione funzionale del sistema neuromuscolare - Mezzi di indagine. Segnali di natura elettrica (Elettromiogramma, Elettroencefalogramma,) e Potenziali Evocati. Strumentazione. Elettrodi. Analisi quantitative.

Organizzazione funzionale del sistema cardiovascolare e mezzi di indagine - Elettrocardiografia, Ecografia. Elaborazione standard e tecniche di compressione e quantificazione del segnale per la diagnosi automatica. Pressione arteriosa, Flusso e Volume del sangue. Tecniche di misura ed elaborazione. Cateteri. Ultrasuoni.

Laboratorio di analisi - Struttura e organizzazione generale. Tecniche di analisi (Elettroforesi, Ematologia. Spettrofotometria), elaborazione e archiviazione dati.

Elaborazione di immagini biomediche - Immagini TV, Radiografia, Termografia, Tomografia Assiale Computerizzata, Tecniche degli ultrasuoni: contenuto informativo e rumore - Problemi generali di elaborazione e ricostruzione del segnale.

Dispositivi terapeutici - Stimolatori elettrici. Protesi d'arto. Prospettive e Problemi.

Prospettive e linee di tendenza - Il calcolatore nella diagnosi assistita. Nuove tecnologie.

Esercitazioni

Durante l'anno verranno effettuate visite presso ospedali, laboratori e strutture di ricerca nel settore.

Modalità d'esame

L'esame è orale e verte sugli argomenti del presente programma. Sono previste prove scritte durante l'anno.

Libri consigliati

Tecnologie in medicina: principi ed applicazioni, A. Pedotti. Ed. Clup, 1989.

Medical Instrumentation. Application and Design, J.G. Webster Ed. Houghton, Mifflin Co. Boston 1978.

Transducers for biomedical measurements. Principles and applications, R.S.C. Cobbold. J. Wiley & Sons, 1974.

Biomedical Instruments Theory and Design, W. Welkowitz & Sid Deutsch, Academic Press, 1976.

Automazione Sanitaria: le misure diagnostiche, F.M. Montevecchi-F. Pizzutilo, CLUP, Milano.

Automazione Sanitaria: l'elaborazione delle misure biomediche, F.M. Montevecchi-F. Pizzutilo, CLUP, Milano.

ELETTRONICA DEI SISTEMI DIGITALI

AG0273

Prof. Giancarlo RIPAMONTI

Programma d'esame

1) Famiglie logiche per l'integrazione a grande scala.

Famiglie logiche CMOS, CML, ECL, BiCMOS: tecnologia di fabbricazione, caratteristiche statiche, tempi di commutazione, interazione fra complessità realizzativa e caratteristiche elettriche. Floating gates: tunneling nell'ossido, carica e scarica, impiego come cella elementare in memorie EEPROM, FLASH ecc. Logiche all'arseniuro di gallio: transistori MESFET, tecnologie di realizzazione, caratteristiche.

2) Collegamenti fra porte logiche.

Linee di trasmissione: impedenza caratteristica, terminazioni resistive, capacitive, lineari e non lineari. Ritardo di propagazione. Metodi per la riduzione delle riflessioni di linea. Metallizzazioni su chip: resistenza, capacità, tempi di propagazione. Conseguenze sul progetto logico. Propagazione dei segnali di clock e loro sincronizzazione: metodi elettrici, cenno alle architetture self-timing. Collegamenti fra chip: buffers di linea, bus, porte three-state, ricevitori di linea con trigger di Schmitt. Rumore delle linee di alimentazione: "ground bounce" e sua minimizzazione. Interferenze fra segnali su linee adiacenti e loro minimizzazione. Scariche elettrostatiche e loro prevenzione. Propagazione con segnali differenziali in logica ECL e CML. Collegamenti in fibra ottica.

3) Processi di produzione di circuiti integrati ed automazione del progetto.

Tecnologie di fabbricazione di circuiti integrati avanzati. Larghezza minima di riga, regole di progetto, tecniche di layout. Automazione del progetto: specifiche, verifica automatizzata, estrazione del circuito, simulazione circuitale e logica.

4) Problematiche relative alla riduzione delle dimensioni dei dispositivi.

Vantaggi della riduzione delle dimensioni dei dispositivi. Transistori MOS submicrometrici: metodi di scaling, conseguenze sulle caratteristiche elettriche. Fenomeni parassiti: correnti sottosoglia, punch-through, elettroni caldi e loro impatto sulle caratteristiche elettriche e di affidabilità dei circuiti. Transistori MOS avanzati: LDD, gate engineering, Latch-up: descrizio-

- ne, metodi per la prevenzione, tecnologie SOI.
- 5) **Problematiche relative alla riduzione della potenza dissipata.**
Logiche a bassa tensione e bassa potenza. Metodi per la riduzione dei parassitismi capacitivi. Cenni alla interazione fra architettura del sistema e riduzione della potenza dissipata (pipelining, parallelismo ecc.). Tecnologie di realizzazione dei collegamenti fra chip: multichip, SMD, circuiti ibridi, circuiti stampati. Effetti sui componenti parassiti.
 - 6) **Scelta della logica in applicazioni specifiche.**
Confronto fra logiche. Cifre di merito. Scelta fra logiche "random" e logiche strutturate (PLA, Gate Arrays ecc.). Scelte in base alle applicazioni: basso consumo, alte reiezioni di disturbi ecc..
 - 7) **Applicazioni.**
Generatori di clock quarzati e non. PLL e loro applicazione nella ricostruzione dei segnali di clock in trasmissioni digitali e nella moltiplicazione di frequenza. Circuiti per la trasmissione e la ricezione in comunicazioni digitali ottiche. Memorie RAM e ROM: interazione fra struttura e caratteristiche, in particolare tempo di accesso e di scrittura. Tempi di ritenzione dell'informazione, refresh, lettura con sense amplifiers. Layout di celle di memoria: rapporti con tecnologia, impaccamento, caratteristiche elettriche. Circuiti di lettura-scrittura per memorie magnetiche. Introduzione di elementi digitali in circuiti integrati prevalentemente analogici e viceversa: vantaggi, tecnologie compatibili e problematiche.

Esercitazioni

Verrà sviluppato il progetto di un circuito integrato digitale diverso di anno in anno. Inoltre gli studenti approfondiranno un argomento a loro scelta attingendo alla bibliografia scientifica recente e relazioneranno agli altri studenti.

Modalità d'esame

L'esame è orale e verte sia sugli argomenti sviluppati a lezione che sul progetto sviluppato nelle esercitazioni. La relazione sull'argomento a scelta costituirà ulteriore elemento di valutazione.

Libri consigliati

R.L.Geiger, P.E.Allen, N.R.Strader: VLSI design techniques for analog and digital circuits McGraw-Hill, 1990
H.B. Bakoglu: Circuits, interconnections, and packaging for VLSI, Addison Wesley, 1990

ELETTRONICA INDUSTRIALE

AV0124

Prof. Vincenzo VAROLI

Programma d'esame

- 1) **L'amplificatore operazionale:**
definizioni e classificazione; tecnologie costruttive.
- 2) **Limiti degli amplificatori operazionali reali a frequenza zero:**
guadagno finito, corrente ed impedenze d'ingresso, sbilanciamento di tensione, resistenza d'uscita, reiezione di modo comune. Tecniche per ridurre lo sbilanciamento di tensione: amplificatori "chopper stabilized", amplificatori "Commutating Auto Zero", amplificatori autoazzeranti.
- 3) **Comportamento dinamico degli amplificatori operazionali per piccoli e grandi segnali:**
funzioni di trasferimento, stabilità, ad anello chiuso, metodi di compensazione, prodotto guadagno banda passante, limiti alla velocità di risposta per grandi segnali (slew rate), massima frequenza indistorta. Amplificatori a larga banda, reazione di corrente e metodi per ridurre l'errore di fase.
- 4) **Filtri analogici e digitali:**
risposta ideale e risposta fisicamente realizzabili, metodi di approssimazione trasformazioni di frequenza, filtri "all-pass", trasformata Z, filtri IIR e FIR. Analisi e confronto dei più comuni tipi di filtro (Butterworth, Tchebysheff, Legendre, minimi quadrati, Bessel, Cauer, gaussiani). Tecniche di realizzazione mediante simulazione (giratore, FDNR) e mediante sintesi per celle (VCVS, MF, UAF). Metodi di sintesi di filtri digitali (invarianza della risposta all'impulso e

- sintesi mediante trasformata di Fourier)
- 5) **Applicazioni lineari e nonlineari degli amplificatori operazionali in assenza d'interruttori:** amplificatori per strumentazione, integratori, derivatori, convertitori corrente-tensione e tensione-corrente, simulatori d'impedenza, circuiti di taglio e vincolo, amplificatori a soglia ed a finestra, raddrizzatori, circuiti logaritmici ed antilogaritmici, circuiti per la misura del vero valore efficace.
 - 6) **Conversione digitale-analogica e analogico-digitale definizione,** errore di quantizzazione, errore di nonlinearietà integrale e differenziale, teorema di campionamento, aliasing. Principali tecniche di conversione A/D e D/A: a rampa semplice, a doppia rampa, ad approssimazione successive, flash, convertitore tensione frequenza. Circuiti ausiliari per la conversione A/D ("sample & hold")
 - 7) **Elettronica nucleare:** preamplificatore di carica a basso rumore, amplificatori formatori metodi di calcolo del rapporto segnale-rumore, filtro ottimo, allungatore di picco, circuiti di ripristino della linea di base.
 - 8) **Alimentatori lineari ed a commutazione:** principali configurazioni (Buck, Boost, Buck-boost, Cuk, SEPIC, celle quadratiche), modi di funzionamento (CCM e DCM) tecniche di controllo (diretto ed indiretto, a frequenza fissa ed a frequenza variabile, compensazione "feed-forward"), interruttori risonanti ZCS e ZVS, metodi di calcolo dello stato stazionario, definizione e metodi di calcolo delle funzioni di trasferimento, analisi della stabilità.

Esercitazioni e Modalità d'esame

Durante il corso vengono svolte esercitazioni numeriche e di simulazione con programmi per l'analisi automatica delle reti (SPICE). Prima di sostenere l'esame gli allievi, divisi in squadre, devono svolgere un progetto comprendente anche una parte sperimentale. L'esame consiste in una prova orale in cui verrà discusso il progetto svolto.

Libri consigliati:

- P. F. Manfredi, P. Maranesi, T. Tacchi L'amplificatore operazionale Boringhieri 1978.
 Y. J. Wong, W. E. Ott Function circuits McGraw-Hill 1976.
 J.G. Graeme Designing with operational amplifiers McGraw-Hill.
 J.G. Graeme Applications of operational amplifiers McGraw-Hill.
 H.J. Blinckhoff, A. I. Zverev note Filtering in the Time and Frequency Domain John Wiley & Sons 1976.
 J. A. Cadzow, H. R. Martens Discrete time and computer control systems Prentice-Hall 1970.
 A. I. Zverev Handbook of filter synthesys John Wiley and Sons.
 N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins Power Electronics John Wiley & Sons 1989.

ELETTRONICA INDUSTRIALE DI POTENZA **Prof. Antonino DI GERLANDO**

AH0109

Programma d'esame

- 1) **Le valvole e l'effetto valvolare.**
 Elementi aventi due stati di funzionamento (conduzione e blocco). Principi generali di funzionamento dei circuiti realizzati con tali elementi. Elementi fisici: le valvole semplici e comandate. Sviluppo storico delle valvole: tubi a vuoto; tubi a gas; valvole a vapori di mercurio monoanodiche e polianodiche. Valvole a semiconduttori.
- 2) **Valvole al silicio - Caratteristiche generali e prestazioni in stato di conduzione e di blocco.**
 La giunzione P-N. Diodi e loro caratteristiche dirette e inverse. Tiristori: costituzione, funzionamento in commutazione; caratteristiche dirette, inverse e di comando. Triac; tiristori comandati all'apertura (GTO). Cenni sui nuovi sviluppi in corso.
- 3) **Comportamento termico e raffreddamento.**
 Struttura fisica delle valvole di potenza. Comportamento termico. Impedenza termica. Funzionamento adiabatico. Sistemi a due costanti di tempo. Raffreddamento ad aria e a liquido. Proporzionamento termico a regime e in transitorio. Funzionamento di valvole in serie ed in

- parallelo. Protezione dalle sovracorrenti e dalle sovratensioni. Fusibili e smorzatori.
- 4) **Il circuito a semplice semionda.**
Funzionamento su diversi tipi di carico senza e con parzializzazione; analisi delle forme d'onda di tensione e di corrente sui vari componenti; variazione delle tensione e della corrente sul carico al variare del ritardo alla accensione.
 - 5) **Circuiti monofasi ad onda intera.**
Circuito a doppia semionda a presa centrale. Circuito a ponte monofase. Funzionamento su diversi tipi di carico. Modo di funzionamento con corrente lato c.c. pulsante e con corrente lato c.c. continuativa.
 - 6) **Generalizzazione dei principi della conversione c.a. - c.c. (circuiti commutati dalla rete).**
Carichi ed utilizzazioni in corrente continua. Ipotesi semplificative fondamentali per lo studio dei circuiti. Tensione raddrizzata media a vuoto. Corrente di valvola media ed efficace. Controllo di fase.
 - 7) **Circuiti di raddrizzamento polifasi senza e con controllo di fase.**
Circuiti a stella semplice. Circuiti a doppia stella con trasformatore interfase. Circuiti a ponte trifase. Dimensionamento del trasformatore e della linea di alimentazione. Circuito dodecafase; circuiti con più di dodici fasi.
 - 8) **La commutazione.**
Il fenomeno della commutazione: reattanza di commutazione; caduta di tensione induttiva; caduta resistiva e totale. Commutazione regolare: i modi di funzionamento al crescere dell'angolo di commutazione, con particolare riferimento al circuito a ponte trifase.
 - 9) **Approfondimento sul controllo di fase.**
Funzionamento come raddrizzatore e come ondatore. Circuiti commutati dal carico. Corrente lato c.a.: potenza attiva, reattiva, apparente, fattore di potenza, fattore di distorsione. Funzionamento su due quadranti. Funzionamento su quattro quadranti. Metodi per evitare o limitare le correnti di circolazione nei convertitori bidirezionali: reattanza limitatrice; blocco degli impulsi.
 - 10) **Armoniche.**
Metodo generale per il calcolo delle armoniche. Armoniche nella corrente di linea e nella tensione raddrizzata. Effetto della durata della commutazione sulla ampiezza delle armoniche.
 - 11) **I circuiti autocommutati (commutazione forzata).**
Generalità sui circuiti autocommutati. Richiamo delle caratteristiche generali e prestazioni dei componenti impiegati nei circuiti autocommutati.
 - 12) **Conversione c.c. - c.c.**
Il funzionamento del "chopper". Funzionamento su carico resistivo ed induttivo; ondulazione di corrente sul lato c.c. Chopper elevatore. Dimensionamento dei componenti. Schemi reversibili funzionanti su due e su quattro quadranti. Principio di funzionamento di circuiti ausiliari per lo spegnimento forzato di tiristori (riferimento ad un circuito esemplificativo).
 - 13) **Conversione c.c. - c.a. monofase.**
Invertitore a tensione impressa con alimentazione a presa centrale: principio di funzionamento su vari tipi di carico. Invertitore monofase a ponte; dimensionamento dei componenti. Possibilità di generare forme d'onda complesse.
 - 14) **La gestione della forma d'onda della tensione generata e della sua ampiezza.**
Onda rettangolare, quasi rettangolare, impulsi a larghezza modulata. Modalità di realizzazione di circuiti a impulsi con larghezza modulata: il metodo per confronto di forme d'onda (sinusoide con onda triangolare); il metodo degli angoli memorizzati. Calcolo della ampiezza delle armoniche e progetto dei circuiti di filtro eventualmente necessari.
 - 15) **Altri tipi di invertitori monofasi.**
Circuito a corrente impressa: principio di funzionamento e dimensionamento dei componenti principali. Circuiti a commutazione per sottooscillazione: alcuni esempi.
 - 16) **Invertitori trifasi.**
Configurazioni circuitali: circuiti costituiti da tre invertitori monofasi; circuiti a ponte trifase. Forme d'onda. Dimensionamento dei componenti.
 - 17) **Caratteristiche dinamiche dei componenti usati nei circuiti a commutazione forzata.**
Tempi di ritardo, di salita, di discesa; tempo di ripristino dello stato di blocco; valori limite del gradiente di corrente e di tensione; valori limite della tensione e della corrente commutabile; calcolo della potenza dissipata durante la commutazione. Provvedimenti atti a limitare la potenzialità dissipata durante la commutazione: i circuiti smorzatori.
 - 18) **Convertitori c.a. - c.a. isofrequenziali.**
Controllori monofasi: principi di funzionamento; valore medio ed efficace della tensione e della

corrente applicata al carico; impieghi principali. Controllori trifasi: principali inserzioni dei circuiti; metodi di analisi; esemplificazione.

19) Convertitori c.a. - c.a. a frequenza diversa.

Il cicloconvertitore: funzionamento e utilizzazioni.

20) I componenti elettromagnetici.

Principi di conversione elettromeccanica. Struttura ed equazione della macchina asincrona trifase: auto e mutue induttanze; la matrice di trasformazione; trasformazione delle variabili di statore e di rotore; nuove equazioni sugli assi d,q; struttura del modello dinamico della macchina asincrona; circuito equivalente dinamico. Macchina sincrona trifase; struttura ed equazioni; auto e mutue induttanza, la matrice di trasformazione di Park; nuove equazioni sugli assi d,q; equazioni in forma complessa; l'angolo di carico della macchina sincrona; funzionamento a regime; reattanze sincrone diretta ed in quadratura.

Esercitazioni

Sono previste esercitazioni di tipo numerico-grafico, (alcune delle quali da effettuare con l'ausilio di Personal Computer) ed esercitazioni sperimentali. Le esercitazioni numerico-grafiche verranno effettuate in aula ed in sala calcolatori; quelle sperimentali in laboratorio.

Di ogni esercitazione deve essere compilata una relazione, da sottoporre alla firma del professore. Tutte le relazioni delle esercitazioni possono essere consegnate per la correzione in qualsiasi momento, ma almeno 15 giorni prima dell'esame. Per l'ammissione all'esame occorre aver svolto in modo soddisfacente tutte le esercitazioni.

L'elenco delle esercitazioni è esposto all'albo del Dipartimento di Elettrotecnica.

Libri consigliati

A. Crepaz: Conversione statica dell'energia elettrica: conversione c.a.-c.c.

E. Tironi: Conversione statica dell'energia elettrica: conversione c.a.-c.a.

G. Marchegiani: Conversione statica dell'energia elettrica: conversione c.c.-c.c. e c.c.-c.a.

E. Chiesa: I Convertitori a commutazione forzata.

ELETTRONICA QUANTISTICA

AT0001

Prof. Orazio SVELTO

Programma d'esame

Sorgenti laser.

Concetti introduttivi: Emissione spontanea, stimolata ed assorbimento; l'idea del Laser; schemi di pompaggio; proprietà del fascio laser.

Interazione della radiazione con la materia: Richiami sulla teoria del corpo nero; assorbimento ed emissione stimolata; emissione spontanea; decadimento non radiativo; saturazione; decadimento di un sistema a molti atomi; sistemi molecolari.

Processi di pompaggio: Pompaggio ottico e pompaggio elettrico.

Risonatori ottici passivi: Formulazione matriciale dell'ottica geometrica; l'interferometro di Fabry-Perot; multistrati dielettrici; vita media dei fotoni in cavità; risonatore confocale; propagazione di fasci gaussiani; risonatore generico a specchi sferici; risonatori instabili.

Comportamento in continua e in transitorio: Equazioni di bilancio; comportamento continuo (soluzioni stazionarie, accoppiamento ottimo, accordabilità in lunghezza d'onda, oscillazione singolo modo e multimodo, limite di monocromaticità); comportamento in transitorio (oscillazione di rilassamento, Q-switching, mode-locking).

Tipi di laser: laser a neodimio, a Elio-Neon, ad Argon, a CO_2 , ad eccimeri, a colorante organico, chimici.

Proprietà di un fascio laser: monocromaticità. Proprietà statistiche della luce laser e della luce termica. Coerenza spaziale e temporale. Direzionalità. Brillanza.

Applicazioni.

Comunicazione su fibra ottica: laser a semiconduttore (proprietà fotofisiche dei semiconduttori, laser a omogiunzione e doppia eterogiunzione, caratteristiche e applicazioni). Fibre ottiche (monomodo e multimodo; attenuazione; velocità di fase e di gruppo; dispersione cromatica; dispersione modale).

Libri consigliati

O. Svelto: Principles of Lasers, third edition, Plenum Press, New York, 1989.
Dispense sulle applicazioni alle comunicazioni su fibre ottiche.

ELETTROTECNICA**000001**

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Prof. Edoardo CARMINATI*Programma d'esame***Generalità:**

Richiami alle unità di misura Elettriche. Strumenti di misura: caratteristiche e modalità di inserzione.

Resistori:

Materiali conduttori: caratteristiche e proprietà. La resistenza elettrica. Dipendenza della resistenza dalla temperatura. Resistori lineari e non lineari. Legge di Joule. Resistori in serie e in parallelo. Determinazione del valore di resistenza con metodi industriali e di laboratorio. Transitorio termico. Dimensionamento termico di un resistore.

Generatori:

Generatori di tensione e di corrente: caratteristica elettrica, potenza generata, perdite, rendimento. Generatori in serie ed in parallelo. Partitori di tensione e di corrente.

Circuiti a corrente continua:

Convenzione dei bipoli. Legge di Ohm. Reti lineari: equazioni ai nodi, equazioni alle maglie. Principio di sovrapposizione degli effetti, principio di reciprocità. Principio del generatore equivalente di tensione e di corrente. Trasformazione stella-triangolo delle resistenze. Risoluzione delle reti non lineari.

Condensatori:

Materiali dielettrici: caratteristiche e proprietà. Condensatori: capacità e costante dielettrica. Condensatori ad armature piane e cilindriche. Transitorio di carica e di scarica di un circuito RC. Energia immagazzinata in un condensatore. Condensatori in serie ed in parallelo.

La corrente ed il corpo umano:

La resistenza del corpo umano. Effetti della corrente sul corpo umano. Contatti diretti ed indiretti. Protezioni contro i contatti accidentali.

Corrente elettrica e campo magnetico:

Campo magnetico prodotto dalla corrente nei conduttori. Flusso concatenato. Auto e mutua induttanza. F.e.m. indotta in una spira immersa in un campo magnetico. Legge generale dell'induzione. Sforzi elettrodinamici fra conduttori. Dimensionamento di un elettromagnete. Strumenti elettrodinamici.

Induttori:

Induttori lineari. Transitorio di un circuito RL. Energia immagazzinata in un induttore. Legge di Ohm per i circuiti magnetici. Induttori in serie ed in parallelo. Circuiti magnetici lineari. Circuiti magnetici non lineari.

Materiali ferromagnetici:

Isteresi magnetica. Caratteristica di magnetizzazione normale. Energia di magnetizzazione. Perdite per isteresi magnetica, perdite per correnti parassite. Cifra di perdita.

Sistemi in regime periodico:

Valore medio e valore efficace. Grandezze alternate sinusoidali. Rappresentazione vettoriale. Operazioni sulle grandezze sinusoidali. Comportamento dei bipoli in regime alternato sinusoidale. Potenza attiva e reattiva. Risonanza serie e parallelo. Misura delle grandezze alternate sinusoidali.

Sistemi polifasi:

Sistemi trifasi simmetrici e dissimmetrici. Collegamento a stella e a triangolo. Potenza attiva e reattiva nei sistemi trifasi. Misura della potenza attiva nei sistemi trifasi.

Produzione e trasporto di Energia:

Trasmissione dell'energia elettrica. Convenienza economica nel trasporto di energia: confronto fra il trasporto in continua ed in alternata monofase e trifase. Il problema del rifasamento.

Trasformatori:

Trasformatore monofase: circuito magnetico, avvolgimenti, raffreddamento. Funzionamento a vuoto: circuito equivalente. Diagramma vettoriale. Funzionamento a carico e in corto circuito: circuiti equivalenti e diagrammi vettoriali. Impedenza di corto circuito. Parallelo di trasformatori

monofasi. Autotrasformatori. Trasformatori di misura. Trasformatore differenziale. Trasformatori trifasi: caratteristiche costruttive e di funzionamento. Indici orari.

Macchine asincrone:

Caratteristiche costruttive. Campo magnetico rotante. Circuito equivalente della macchina asincrona. Diagramma circolare. Caratteristica meccanica. Avviamento con reostato. Macchina asincrona monofase.

Macchine asincrone:

Caratteristiche costruttive. Campo magnetico rotante. Circuito equivalente della macchina asincrona. Diagramma circolare. Caratteristica meccanica. Avviamento con reostato. Macchina asincrona monofase.

Macchine sincrone:

Caratteristiche costruttive. Funzionamento a vuoto e a carico. Diagrammi di funzionamento.

Macchine in corrente continua:

Caratteristiche costruttive. Funzionamento a vuoto e a carico: diagrammi delle grandezze magnetiche al traferro. Fenomeno dello scintillamento. Eccitazione delle macchine in corrente continua. Macchine eccitate in derivazione: caratteristiche elettriche, caratteristiche elettromeccaniche.

Macchine eccitate in serie: caratteristiche elettromeccaniche.

Macchine speciali:

Motori a corrente continua a magneti permanenti. Applicazioni. Motori a passo: caratteristiche costruttive. Caratteristica meccanica. Applicazioni.

Azionamenti:

Impostazione generale del problema: regolazione ad anello aperto e ad anello chiuso.

Macchine in corrente continua: dispositivi statici di raddrizzamento. Ponte semicontrollato e totalcontrollato.

Macchine in corrente alternata: convertitori di frequenza. Tecnica PAM. Tecnica PWM.

Motori a passo: logica di controllo e alimentatori.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni numeriche sull'analisi delle reti e sulla soluzione di problemi relativi al programma in corso.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova scritta e di un colloquio.

Libri consigliati

Bottani e Sartori: Elettrotecnica, Vol. I e II ed. Tamburini-Masson.

C.A. Desoer, E.S. Kuh: Fondamenti di Teoria dei Circuiti, F. Angeli, Milano.

L. Merigliano: Lezioni di Elettrotecnica vol. I e II, ed. CLUP.

V. del Toro: Electric Machines and Power Systems, Prentice-Hall

B.K. Bose: Power Electronics and AC Drives, Prentice-Hall.

ELETTROTECNICA

000001

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica, Informatica, delle Telecomunicazioni e dei Materiali)

Proff. Vito AMOIA, Luigi DADDA, Giovanni GHIONE

Programma d'esame

- 1) **Reti elettriche in regime stazionario.** Introduzione. Le grandezze elettriche: tensione, corrente, lavoro, potenza. Leggi delle tensioni e delle correnti. Bipoli: convenzioni di segno, caratteristiche, circuiti equivalenti. Energetica di un bipolo. Reti di bipoli: collegamenti serie-parallelo, metodo di riduzioni successive, risoluzione grafica. Metodi generali, elementi di teoria dei grafi e matrici topologiche, metodo dei potenziali e delle correnti cicliche. Teoremi delle reti: Thevenin-Norton, sovrapposizione degli effetti, Tellegen. Principio di conservazione dell'energia, trasformazione stella-triangolo. Doppie bipoli: definizioni e proprietà. Formulazioni serie, parallelo e ibride. Generatori comandati. Analisi per piccoli segnali di circuiti non-lineari.
- 2) **Reti elettriche in transitorio e a regime.** Classificazioni e rilievo delle grandezze elettriche variabili. Condensatori: caratteristiche, energia elettrica. Induttori: caratteristiche, induttori mutuamente accoppiati, energia magnetica. Circuiti del I ordine: RC e RL. Circuiti del II ordine.

- Comportamento in transitorio e a regime. Reti di bipoli: metodi generali di analisi.
- 3) **Reti elettriche in regime alternato sinusoidale.** Rappresentazione di una sinusoide mediante un numero complesso: metodo dei fasori per lo studio a regime. Impedenza e ammettenza. Circuiti equivalenti. Metodi di analisi. Diagrammi vettoriali. Potenza. Fenomeno della risonanza. Funzioni di rete, risposta in frequenza. Teorema di Boucherot. Massimo trasferimento di potenza. Cenni allo studio di circuiti lineari in regime periodico.
 - 4) **Grandezze specifiche. Proprietà dei materiali. Campi.** Campi di conduzione: grandezze specifiche, resistività. Campi dielettrici: grandezze specifiche, permittività. Corrente dielettrica e corrente totale. Campi magnetici: grandezze specifiche, permeabilità. Materiali ferromagnetici: saturazione, isteresi. Circuiti magnetici.
 - 5) **Induzione elettromagnetica.** Legge generale dell'induzione elettromagnetica. Esempi di calcolo di f.e.m. indotte.
 - 6) **Azioni meccaniche.** Azioni meccaniche tra le armature di un condensatore. Azioni meccaniche nei campi magnetici.
 - 7) **Considerazioni generali e principi di funzionamento degli apparati elettrici.** Problemi termici e cenni ad altri problemi di dimensionamento. Principi generali della trasduzione elettromeccanica. La macchina omopolare. Principio di funzionamento del trasformatore. Principio di funzionamento della macchina sincrona. Principio di funzionamento della macchina asincrona. Principio di funzionamento della macchina a corrente continua.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni, seminari e conferenze: le norme saranno esposte all'albo del Dipartimento di Elettronica.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova scritta e orale.

Libri consigliati

Bottani e Sartori, Elettrotecnica, vol. I, Ed. Tamburini.

Bottani e Sartori, Appunti di Elettrotecnica, Parte II, Ed. Tamburini.

Si consiglia anche (specie per i punti 1, 2 e 3) il testo: C.A. Desoer, E.S. Kuh, Fondamenti di Teoria dei Circuiti, F. Angeli, Milano, 1972 (traduz. ital.). (Tale testo è consigliato anche per i corsi di Teoria delle reti elettriche).

Presso la CLUP è stato stampato un fascicolo di Appunti delle lezioni riguardante i punti principali del corso.

ELETTROTECNICA

000001

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica, Chimica, Nucleare)

Proff. Cesare Mario ARTURI, Adriano MORANDO

Programma d'esame

- **Definizione delle grandezze elettriche** e loro unità di misura.
- **Circuiti elettrici in regime stazionario** - Classificazione dei bipoli. Leggi delle tensioni e delle correnti. Convenzioni di segno. Caratteristiche tensione-corrente (lineari e non lineari). Legge di Ohm. Regola della dualità. Circuiti equivalenti. Reti di bipoli: metodi di analisi (riduzioni successive, leggi di Kirchhoff, teoremi di Thevenin e Norton, sovrapposizione degli effetti, metodi dei potenziali indipendenti e delle correnti cicliche). Energetica dei circuiti elettrici. Lavoro elettrico. Potenza elettrica. Legge di Joule.
- **Campo di corrente** - Campo elettrico, densità di corrente, resistività. Superfici equipotenziali e linee di flusso. Aspetti energetici. Grandezze integrali: tensione, corrente, resistenza. Proprietà dei materiali conduttori.
- **Campo elettrico** - Campo elettrico, spostamento, permittività. Leggi del campo. Energia specifica. Superfici equipotenziali e linee di flusso. Grandezze integrali: tensione, carica, capacità, energia. Relazione tensione-corrente. Proprietà dei materiali isolanti. Azioni meccaniche.
- **Campo magnetico** - Forza magnetica, induzione magnetica, permeabilità. Leggi del campo.

- Energia specifica. Forza su di una carica in moto. Grandezze integrali: tensione magnetica, flusso magnetico, permeanza. Superfici equipotenziali e linee di flusso. Proprietà dei materiali magnetici. Legge della circuitazione. F.m.m.. Circuiti magnetici. Legge dell'induzione elettromagnetica. Flusso concatenato. F.e.m. indotta. Autoinduttanza. Relazione tensione-corrente in un induttore. Mutua induttanza. Mutuo induttore e reti elettriche equivalenti. Energia accumulata. Azioni elettrodinamiche. Principi generali della conversione elettromeccanica.
- **Circuiti elettrici in regime variabile** - Circuiti RC ed RL in regime variabile. Bilancio energetico. Cenni sulle reti in regime variabile.
 - **Circuiti elettrici in regime alternato sinusoidale** - Caratteristiche delle grandezze sinusoidali. Rappresentazione simbolica mediante fasori. Leggi di Ohm e di Kirchhoff in corrente alternata. Impedenza. Ammettenza. Circuiti equivalenti serie-parallelo. Potenze: istantanea, attiva, reattiva, apparente. Metodi di analisi. Metodo di Boucherot. Fenomeni di risonanza. Diagrammi dei fasori. Sistemi trifasi: proprietà, tensioni e correnti di fase e di linea. Sistemi simmetrici, dissimmetrici, equilibrati, squilibrati a 3 ed a 4 fili. Regime alternato non sinusoidale.
 - **Strumenti di misura** - Principi di funzionamento. Amperometri e voltmetri per c.c. e per c.a.. Wattmetri. Modalità di inserzione.
 - **Macchine elettriche** - Materiali attivi. Perdite. Trasformatore: aspetti costruttivi, principio di funzionamento, circuito equivalente. Principi di funzionamento delle macchine elettriche rotanti. Macchina sincrona: aspetti costruttivi, campo rotante, funzionamento a vuoto ed a carico. Macchina asincrona: aspetti costruttivi, principio di funzionamento, circuito equivalente, caratteristica meccanica, avviamento. Macchina a c.c.: aspetti costruttivi, caratteristiche di funzionamento come generatore e come motore. Cenni sui convertitori statici di energia.
 - **Impianti elettrici** - Cenni sulla produzione e distribuzione dell'energia elettrica. Dimensionamento delle condutture. Generalità sugli apparecchi di manovra e di protezione degli impianti. Condizioni di pericolo per le persone negli impianti utilizzatori e dispositivi di protezione. Impianti di messa a terra.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni numeriche settimanali.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

- Desoer, Kuh: Fondamenti di teoria dei circuiti (ed. Angeli)
 Manigrasso-Petrecchia: Elettrotecnica Industriale Ed. CLUP.
 W.H.Hayt, Jr.J.E. Kemmerly: Engineering circuit Analysis International Student Edition.
 F. Fiorio, I. Gorini, A.R. Meo: Appunti di Elettrotecnica, Vol I, Ed. Levrotto e Bella, Torino.
 L. Chua, C. Desoer, E. Kuh: Linear and Nonlinear Circuits, Ed. Mc Graw-Hill
 (in italiano: Circuiti lineari e non lineari, Ed. Jakson).
 S. Bobbio: Esercizi di Elettrotecnica, CUEN
 A. Porro: Esercizi e temi d'esame di elettrotecnica, Ed. Levrotto al bella, Torino
 A. Laurentini, A.R. Meo, R. Pornè: Esercizi di Elettrotecnica, Monduzzi Editore.
 V. Daniele, A. Liseratore, R. Graglia, S. Marietti: Elettrotecnici, Morduzzi Editore.

ELETTROTECNICA (1/2 annualità, 1)
Prof. Dario D'AMORE

AH0104

Programma d'esame

- 1) **Circuiti in regime stazionario.** Introduzione. Definizione delle grandezze elettriche fondamentali tensione e corrente attraverso la loro misura: Il voltmetro e l'amperometro. Convenzioni di segno. Il circuito elettrico a parametri concentrati ed i bipoli quali componenti elementari. Le leggi di Kirchhoff delle correnti e delle tensioni. La caratteristica di un bipolo, convenzioni di segno, esempi di caratteristiche. Punto di funzionamento del circuito elettrico elementare. Energia e potenza. Il wattmetro. Bipoli lineari, resistenza e conduttanza, interpretazione geometrica. Circuiti equivalenti, collegamento serie e parallelo di bipoli. Composizione serie e

- parallelo. Risoluzione di circuiti per riduzioni successive. La sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Thevenin e Norton. Uso delle leggi di Kirchhoff: Scrittura delle equazioni risolventi di un circuito. Cenni sui doppi bipoli.
- 2) **Circuiti in transitorio.** L'induttore: caratteristica, energia, legge costitutiva. Il condensatore: caratteristica, energia, legge costitutiva. Circuiti del I e II ordine, bilancio energetico.
 - 3) **Circuiti in regime alternato sinusoidale.** Caratterizzazione delle grandezze elettriche alternate sinusoidali e loro rappresentazione mediante i fasori. Le leggi di Kirchhoff in regime alternato sinusoidale. Le leggi di lato in regime alternato sinusoidale: definizione di impedenza e ammettenza. Composizione serie e parallelo. Risoluzione di circuiti: estensione dei metodi in regime stazionario. La potenza in regime alternato sinusoidale, il teorema di Boucherot, diagrammi vettoriali delle potenze. La risonanza. Il rifasamento. I sistemi trifase a tre e quattro fili. Misura di potenza nei sistemi trifase.
 - 4) **Il campo di conduzione, elettrico e magnetico in regime stazionario.** Definizione delle grandezze specifiche del campo elettrico, dielettrico e magnetico. Condensatore piano parallelo, capacità, azioni meccaniche. Solenoide rettilineo, induttanza, azioni meccaniche.
 - 5) **Legge dell'induzione elettromagnetica.** Legge dell'induzione elettromagnetica. Induttori mutuamente accoppiati.
 - 6) **Le macchine elettriche.** Perdite nei materiali ferromagnetici. Il principio di funzionamento del trasformatore. I dati di targa. Cenni sulla conversione elettromeccanica dell'energia: la macchina omopolare. Il principio di funzionamento della macchina asincrona, sincrona e a c.c. . I dati di targa.
 - 7) **Nozioni di impiantistica.** Cenni sulla produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Generalità sugli apparecchi di manovra e protezione. Impianti di messa a terra. Cenni di anti infortunistica e norme C.E.I..

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni numeriche settimanali e seminari sugli argomenti svolti a lezione.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una orale.

Libri consigliati

Bottani e Sartori, Elettrotecnica vol. I, Ed. Tamburini.

Bottani e Sartori, Appunti di Elettrotecnica vol. II, Ed. Tamburini

Biondi, Cerruti, Crivellini, Grandori, Pinciroli, Elettrotecnica. Lezioni, vol. I e II, Clup.

Carrescia, Fondamenti di sicurezza elettrica, Hoepli

Eserciziari

Biey, Esercitazioni di Elettrotecnica, Clup

Bobbio, Esercizi di Elettrotecnica, Cuen.

ELETTROTECNICA I **Prof. Gabrio SUPERTI FURGA**

AH0117

Programma d'esame

- **Definizione delle grandezze elettriche** e loro unità di misura.
- **Circuiti elettrici in regime stazionario** - Classificazione dei bipoli. Leggi delle tensioni e delle correnti. Convenzioni di segno. Caratteristiche tensione-corrente (lineari e non lineari). Legge di Ohm. Regola della dualità. Circuiti equivalenti. Reti di bipoli: metodi di analisi (riduzioni successive, leggi di Kirchhoff, teoremi di Thevenin e Norton, sovrapposizione degli effetti, metodi dei potenziali indipendenti e delle correnti cicliche). Energetica dei circuiti elettrici. Lavoro elettrico. Potenza elettrica. Legge di Joule.
- **Campo di corrente** - Campo elettrico, densità di corrente, resistività. Superfici equipotenziali e linee di flusso. Aspetti energetici. Grandezze integrali: tensione, corrente, resistenza. Proprietà dei materiali conduttori.
- **Campo elettrico** - Campo elettrico, spostamento, permittività. Leggi del campo. Energia specifica.

- Superfici equipotenziali e linee di flusso. Grandezze integrali: tensione, carica, capacità, energia. Relazione tensione-corrente. Proprietà dei materiali isolanti. Azioni meccaniche.
- **Campo magnetico** - Forza magnetica, induzione magnetica, permeabilità. Leggi del campo. Energia specifica. Forza su di una carica in moto. Grandezze integrali: tensione magnetica, flusso magnetico, permeanza. Superfici equipotenziali e linee di flusso. Proprietà dei materiali magnetici. Legge della circuitazione. F.m.m.. Circuiti magnetici. Legge dell'induzione elettromagnetica. Flusso concatenato. F.e.m. indotta. Autoinduttanza. Relazione tensione-corrente in un induttore. Mutua induttanza. Mutuo induttore e reti elettriche equivalenti. Energia accumulata. Azioni elettrodinamiche. Principi generali della conversione elettromeccanica.
 - **Circuiti elettrici in regime variabile** - Circuiti RC ed RL in regime variabile. Bilancio energetico. Cenni sulle reti in regime variabile.
 - **Circuiti elettrici in regime alternato sinusoidale** - Caratteristiche delle grandezze sinusoidali. Rappresentazione simbolica mediante fasori. Leggi di Ohm e di Kirchhoff in corrente alternata. Impedenza. Ammettenza. Circuiti equivalenti serie-parallelo. Potenze: istantanea, attiva, reattiva, apparente. Metodi di analisi. Metodo di Boucherot. Fenomeni di risonanza. Diagrammi dei fasori. Sistemi trifasi: proprietà, tensioni e correnti di fase e di linea. Sistemi simmetrici, dissimmetrici, equilibrati, squilibrati a 3 ed a 4 fili. Regime alternato non sinusoidale.
 - **Strumenti di misura** - Principi di funzionamento. Amperometri e voltmetri per c.c. e per c.a.. Wattmetri. Modalità di inserzione.
 - **Macchine elettriche** - Materiali attivi. Perdite. Trasformatore: aspetti costruttivi, principio di funzionamento, circuito equivalente. Principi di funzionamento delle macchine elettriche rotanti. Macchina sincrona: aspetti costruttivi, campo rotante, funzionamento a vuoto ed a carico. Macchina asincrona: aspetti costruttivi, principio di funzionamento, circuito equivalente, caratteristica meccanica, avviamento. Macchina a c.c.: aspetti costruttivi, caratteristiche di funzionamento come generatore e come motore. Cenni sui convertitori statici di energia.
 - **Impianti elettrici** - Cenni sulla produzione e distribuzione dell'energia elettrica. Dimensionamento delle condutture. Generalità sugli apparecchi di manovra e di protezione degli impianti. Condizioni di pericolo per le persone negli impianti utilizzatori e dispositivi di protezione. Impianti di messa a terra.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni numeriche settimanali.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

- Desoer, Kuh: Fondamenti di teoria dei circuiti (ed. Angeli)
 Manigrasso-Petrecca: Elettrotecnica Industriale Ed. CLUP.
 W.H.Hayt, Jr.J.E. Kemmerly: Engineering circuit Analysis International Student Edition.
 F. Fiorio, I. Gorini, A.R. Meo: Appunti di Elettrotecnica, Vol I, Ed. Levrotto e Bella, Torino.
 L. Chua, C. Desoer, E. Kuh: Linear and Nonlinear Circuits, Ed. Mc Graw-Hill
 (in italiano: Circuiti lineari e non lineari, Ed. Jakson).
 S. Bobbio: Esercizi di Elettrotecnica, CUEN
 A. Porro: Esercizi e temi d'esame di elettrotecnica Ed. Levrotto al bella, Torino
 A. Laurentini, A.R. Meo, R. Pornè: Esercizi di Elettrotecnica, Monduzzi Editore.
 V. Daniele, A. Liseratore, R. Graglia, S. Marietti: Elettrotecnici, Morduzzi Editore.

ELETTROTECNICA II **Prof. Renato MANIGRASSO**

AH0106

Programma d'esame

1) Dall'elettromagnetismo all'elettrotecnica.

Forma integrale e circuitale delle equazioni di Maxwell. Le condizioni di continuità. Sulla integrazione delle equazioni di Maxwell in assenza di sorgenti (equazioni di propagazione e di diffusione) ed in presenza di sorgenti (la condizione di Lorentz, il potenziale ritardato e le

equazioni canoniche, il dipolo di Hertz). Il regime quasi stazionario, gli elementi bipolari ed i bipoli, la nozione di circuito.

- 2) **Reti elettriche lineari in regime stazionario ed in regime alternato sinusoidale.**
Albero, coalbero, maglie ed insiemi di taglio. Analisi alle maglie ed agli insiemi di taglio.
- 3) **Reti elettriche lineari in regime alternato non sinusoidale ed in regime aperiodico.**
Sviluppo in serie di Fourier. Potenze in regime deformato. Trasformata di Fourier e di Laplace. Proprietà delle impedenze e delle ammettenze simboliche. Risposta all'impulso ed alla sinusoide generalizzata. Convoluzione. Stabilità delle reti. Trasformata z.
- 4) **Circuiti lineari a simmetria polifase.**
Tensioni, correnti e potenze nei circuiti a simmetria polifase. La struttura dei modelli matematici dei sistemi a simmetria polifase.
Deduzione a priori della forma generale di matrice di trasformazione.
Particolarizzazioni: matrice dei componenti simmetrici e di trasformazione del numero delle fasi. Esempi applicativi: le equazioni delle linee.
- 5) **Analisi nel dominio del tempo di reti lineari, anomale e tempo varianti.**
Richiami sulla soluzione dei sistemi di equazioni dei sistemi di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Le equazioni di stato. Metodi numerici di integrazione. Programmi per l'analisi delle reti.
- 6) **Energie e forze nei campi elettromagnetici.**
La trattazione circuitale tramite il principio di conservazione dell'energia. Reciprocità delle mutue induttanze differenziali. La trattazione locale: il tensore degli sforzi di Maxwell.
- 7) **Metodi ingegneristici per la soluzione della equazione Maxwell.**
Sorgenti puntiformi e lineari. Principio delle immagini. Metodo di separazione. Potenziale complesso e trasformazioni conformi. Proprietà del potenziale complesso per i campi stazionari. Metodi grafici di Lehmann. Metodi numerici: alle differenze finite ed agli elementi finiti. Condizioni al contorno. Programmi per la soluzione delle equazioni di Maxwell.

Esercitazioni

Gli argomenti oggetto del corso di esercitazioni sono:

- 1) Risoluzione di reti lineari, non lineari e tempo varianti in regime periodico ed aperiodico.
- 2) Forze sui sostegni ed energie nei campi elettromagnetici in regime quasi stazionario.
- 3) Soluzione di sistemi a simmetria polifase.
- 4) Applicazioni dei metodi di soluzione dei campi.

Modalità d'esame

L'esame è articolato in due parti nel seguente ordine:

- a) una prova scritta sugli argomenti delle esercitazioni;
- b) una prova orale sulla materia oggetto del corso di lezioni.

Libri consigliati

- 1) C.A. Desoer-E.S. Kuh Fondamenti di teoria di circuiti Ed. Franco Angeli
- 2) "Dispense del Corso".

ENDOREATTORI
Prof. Luigi DE LUCA

AK0110

Programma d'esame

1. **Generalità.** Classificazione dei propulsori secondo le applicazioni ed i campi di impiego. Spinta, potenze, rendimenti. Impulso specifico ed impulso totale. Componenti dei propulsori. Problemi di raffreddamento. Prestazioni in volo. Veicoli multistadio
2. **Gasdinamica dell'effusore supersonico.** Teorie dell'effusore convergente-divergente. Effusori ideali. Trattazione monodimensionale. Gasdinamica interna dell'effusore adattato e gasdinamica dell'effusore operante in condizioni diverse da quelle di progetto. Portata massima, velocità dell'efflusso, spinta sviluppata in funzione del rapporto di espansione. Effusore di massima spinta. Fenomeni non isentropici all'interno dell'effusore: onde d'urto e distacchi di vena.

Trattazione bidimensionale e assialsimmetrica. Effusori reali, spinta, ingombro. Controllo della direzione della spinta (tecniche TVC).

3. **Endoreattori.** Generalità sugli endoreattori e caratteristiche comuni dei propellenti. Endoreattori a propellente solido: generalità ed architettura del motore, propellenti solidi, geometria della superficie di combustione (trasversale, cilindrica, qualsiasi), resistenza meccanica del grano di propellente, accensione, instabilità di combustione. Endoreattori a propellente liquido: generalità ed architettura del motore, propellenti liquidi, geometria della camera di combustione (testata d'iniezione e sistema di raffreddamento), serbatoi e sistemi di alimentazione, accensione, instabilità di combustione. Endoreattori a propellente ibrido: generalità ed architettura del motore, propellenti, accensione. Endoreattori a monopropellente: generalità ed architettura del motore, monopropellenti, accensione.
4. **Aerotermodinamica.** Conversione dell'energia chimica in termica nella camera di combustione e conversione dell'energia termica in meccanica nell'effusore. Dipendenza dell'energia disponibile dal tipo di propellente, rapporto di miscela e condizioni operative nell'ipotesi di equilibrio termochimico. Propellenti additivati. Fenomeni di non equilibrio. Processi di perdita. Valutazione teorica dell'impulso specifico effettivo: metodi approssimati e metodi numerici.
5. **Sperimentazione.** A punto fisso ed in volo. Banchi prova, grandezze da misurare, sistemi di misura e registrazione. Organizzazione delle prove.
6. **Propulsione avanzata.** Cenni di propulsione nucleare, solare, elettrica, fotonica.

Esercitazioni

Si svolgeranno parallelamente alle lezioni, anche in laboratorio, e saranno inerenti ad alcuni problemi fondamentali.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio orale.

Libri consigliati

Appunti del corso di Motori per Missili, CLUP, Politecnico, Milano.

G.P. Sutton: Rocket propulsion elements, VI Edizione. Ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1991.

M. Barrère: La propulsion par fusées, Ed. Sciences et Letters, S.A., Liège, 1959.

M. Barrère, A. Jaumotte, B.F. de Veubeke and J. Vandenkerckhove: Rocket Propulsion, Elsevier, 1960.

I. Glassman, R.F. Sawyer: The performance of chemical propellants, AGARDograph 129, 1970.

F.A. Williams, M. Barrère, N.C. Huang: Fundamental aspects of solid propellant rockets, AGARDograph 116, 1969.

K.K. Kuo, M. Summerfield editors: Fundamentals of solid propellant combustion, AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 90, New York, 1984.

L. De Luca, E.W. Price, M. Summerfield editors: Non Steady Burning and Combustion Stability of Solid Propellants, AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 143, Washington, 1992.

ENERGETICA

AK0008

Prof. Ernesto PEDROCCHI

Programma d'esame

A) Energia e sviluppo. Analisi dei fabbisogni energetici per l'umanità.

Fonti di energia; possibili classificazioni. Combustibili fossili: solidi, liquidi e gassosi (energia chimica), energia nucleare, energia idraulica, altre energie rinnovabili (solare, geotermica, eolica, delle maree ecc.).

Riserve accertate e presunte e risorse.

Previsione dei fabbisogni energetici per l'umanità a medio e a lungo termine.

B) Richiami di termodinamica e introduzione alla teoria generale dell'exergia.

Richiamo dei bilanci energetici e entropici per sistemi generici. Il bilancio exergetico generalizzato (tipiche grandezze exergetiche e la loro rappresentazione grafica). La distruzione di exergia e i rendimenti exergetici (varie formulazioni). Il difetto di efficienza e le frazioni di exergia distrutta; applicazione alla macchine semplici (turbine, compressori, pompe e scambiatori di

calore). L'applicazione ai sistemi energetici classici (sistemi di riscaldamento, sistemi di produzione dell'energia pregiata, sistemi frigoriferi e a pompa di calore, sistemi "total energy"). Cenni ai sistemi cogenerativi più classici.

C) La combustione e l'exergia chimica.

La reazione chimica di combustione. I poteri calorifici dei combustibili (entalpie di formazione). La combustione stechiometrica, L'eccesso d'aria e al temperatura di fiamma (cenni all'analisi dei fumi). Conversione in lavoro del calore generato nella combustione. Exergia di un combustibile, la combustione reversibile le celle a combustibile). La distruzione di exergia nella combustione calda. Analisi exergetica di una caldaia per generazione di vapore.

D) L'energia nucleare.

La struttura del nucleo. La radioattività, la misura della radioattività. La fissione nucleare. I nuclei fertili. La reazione a catena (K_{∞} e K). I reattori nucleari (classificazioni). La sicurezza. L'effetto delle radiazioni sull'uomo (sorgenti naturali e sorgenti artificiali). Il legame dose e rischio. Le scorie radioattive.

E) Impatto ambientale della produzione di energia da fonte di non nucleare.

La produzione di calore e la sua concentrazione. I reflui della combustione (ossidi di zolfo, ossidi di azoto, ossido di carbonio, particolato, ozono, incombusti, reflui dovuti ad additivi e anidride carbonica) metodi di controllo della produzione. L'effetto serra, previsioni.

F) Tecnologie innovative nel settore energetico.

Analisi comparativa in termini di potenziale tecnico, impatto ambientale e potenziale economico delle più promettenti tecnologie energetiche innovative (trasformazioni di combustibili, sistemi avanzati di generazione di energia elettrica, conversione diretta in energia elettrica).

G) Costi di produzione dell'energia. Contabilità energetica.

Il costo del calore in relazione alla sua exergia.

I costi di costruzione delle centrali per la produzione di energia elettrica. I costi di produzione dell'energia elettrica (incidenza dei costi di impianto e dei costi di gestione ivi inclusi i costi del combustibile).

Analisi economica comparativa di differenti alternative di piani energetici.

H) La situazione energetica dell'Italia.

Analisi storica della situazione italiana sia per l'energia primaria che per l'energia elettrica (in termini di potenza installata disponibile e di fabbisogni per le utenze). Previsioni a medio e breve termine dei fabbisogni. Confronto con gli altri paesi industrializzati. Specificità della situazione italiana e problemi connessi con le importazioni di carbone, idrocarburi e energia elettrica.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno nell'analisi di alcuni problemi energetici e nello studio di alcune situazioni reali.

Libri consigliati

Durante il corso verranno fornite dispense e materiale didattico.

E. Teller: Energy from heaven and earth, ed. W.H. Freeman and Company

M. Silvestri: Il futuro dell'energia, Bollati Boringhieri Ed., Torino, 1988.

L. Borel: Thermodynamique et Energetique, Presse Polytechniques Romandes

T.J. Kotas: The exergy Method for Thermal Plant Analysis, Butterworths

A. Bejan: Advanced Engineering Thermodynamics, J. Wiley

J.C. McVeigh: Energy around the World, Pergamon Press

J.L. Helm: Energy: production, consumption and consequences, Acc. Press

R. Mastrullo ed altri: Fondamenti di energetica, Liguori ed.

ERGOTECNICA
Prof. Marco ALBERTI

AR0001

Programma d'esame

1. POSTO DI LAVORO.

Interfaccia uomo - macchina. Progettazione ergonomica delle attrezzature e dei posti di lavoro.

Ergonomia dei sistemi di lavoro avanzati (sale controllo; uffici e impianti automatizzati). Consolle di controllo.

2. AMBIENTE DI LAVORO.

Fattori caratteristici dell'ambiente di lavoro. Tutela della salute e del benessere degli operatori. Riferimenti legislativi. Condizioni ambientali e prestazioni lavorative. Esigenze ambientali dei sistemi di lavoro avanzati. Metodi quantitativi per la verifica complessiva della idoneità delle condizioni ambientali in fase di progettazione dei sistemi di produzione. Confronto tecnico-economico delle diverse soluzioni impiantistiche.

Ambiente termico (bilancio termico del corpo umano; indici microclimatici integrati; normativa; climatizzazione e risparmio energetico; criteri di scelta e dimensionamento dei sistemi di riscaldamento, ventilazione, condizionamento; prevenzione dello stress termico in ambienti caldi e freddi).

Ambiente sonoro (modalità di misura e criteri di valutazione; normativa; interventi attivi e passivi di insonorizzazione; controllo dell'inquinamento acustico esterno; collaudo acustico delle macchine e degli impianti; modelli di propagazione del rumore in ambienti chiusi ed all'esterno. Ultrasuoni e infrasuoni).

Vibrazioni (modalità di misura e criteri di valutazione; tecniche di prevenzione e di isolamento).

Ambiente luminoso (prestazioni visive; caratteristiche luminose degli ambienti, modalità di misura; normativa; indici di qualità dell'illuminazione, abbagliamento, riflessioni di velo, fattore d'ombra, sistemi di illuminazione naturale e artificiale; requisiti illuminotecnici dei posti di lavoro ad elevato impegno visivo).

Inquinamento chimico e controllo della qualità dell'aria (modalità di prelievo e analisi degli inquinanti, criteri di valutazione; normativa; progettazione degli interventi di bonifica; controllo delle emissioni all'esterno).

Radiazioni non ionizzanti (modalità di misura, criteri di valutazione, tecniche di controllo di campi elettromagnetici intensi e radiazioni U.V.; criteri di sicurezza nell'impiego di laser).

3. ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO.

Tipologie dei processi produttivi. Fattori influenzanti la organizzazione del lavoro e loro evoluzione. Compiti, mansioni, cicli di lavoro. Tecniche di job analysis. Innovazione dei prodotti, automazione dei processi produttivi e loro riflessi sulla organizzazione del lavoro. Ergonomia, organizzazione del lavoro e produttività (analisi e misura della produttività; controllo totale della qualità (IQC); circoli di qualità (QC)).

4. SICUREZZA SUL LAVORO.

Condizioni pericolose e comportamenti pericolosi. Fatica psicofisica e sicurezza. Analisi degli incidenti e degli infortuni. Responsabilità giuridiche del progettista, dell'installatore, dell'utilizzatore di apparecchiature, macchine e impianti. Normative tecniche. Le attività di omologazione e vigilanza. Approccio sistemico nella valutazione dei rischi e nella progettazione della sicurezza. L'analisi degli alberi di guasto (FTA) e degli alberi degli eventi (ETA). Progettazione della sicurezza nei sistemi automatizzati e robotizzati. Qualità della sicurezza.

5. SICUREZZA DEGLI IMPIANTI.

Protezione dei beni aziendali e sicurezza del personale. Tecniche di analisi dei rischi e di stima dei danni. Criteri di scelta fra interventi volti a ridurre i rischi e quelli volti a limitare i danni. Forme di protezione assicurativa.

Prevenzione ed estinzione degli incendi (normativa, ubicazione e compartimentazione delle aree di rischio, vie di fuga, prevenzione delle cause d'incendio, sistemi di rivelazione e allarme, ventilazione degli incendi, impianti di estinzione).

Prevenzione delle esplosioni (normativa, miscele esplosive, sistemi automatici di monitoraggio e allarme, interventi tecnici di bonifica).

Protezioni dalle intrusioni (ubicazione delle aree da proteggere, barriere perimetrali, sorveglianza degli accessi, organizzazione del sistema di controllo, sicurezza del personale nelle situazioni di emergenza). Illuminazione di sicurezza. Applicazioni a situazioni tipiche (centri di elaborazione dati, sale controllo, sistemi robotizzati di produzione ecc..).

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello sviluppo di elaborati di carattere applicativo, che potranno formare oggetto di domanda in sede d'esame.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale, eventualmente preceduta da una prova scritta, attinente sia il programma del corso che la soluzione di problemi di tipo applicativo. Durante l'anno potranno essere tenute prove scritte facoltative che, se superate con esito favorevole, potranno costituire elemento di giudizio per l'assegnazione del voto finale.

Libri consigliati

- R. Ruggeri: Controllo del rumore negli ambienti di lavoro, Ed. CLUP.
 R. Ruggeri: Microclima degli ambienti civili e industriali, Ed. CLUP.
 R. Ruggeri: Illuminazione degli ambienti di lavoro.
 Per approfondimenti, possono essere utilmente consultati i seguenti testi:
 E. Mc Cormick, M. Sanders: Human Factors in engineering and design, Mc Graw Hill.
 ASHRAE Handbook : Fundamentals.
 H.W. Lord et al.: Noise control for engineers, Mc Graw Hill.
 ACGIH Industrial ventilation.
 L.E. Davis e J.C. Taylor: Design of jobs, Penguin Books.
 Morgan: Images, Franco Angeli
 W. Rohmert e K. Landau: A new technique for job analysis, Taylor & Francis.
 Costagliola, Culotta, Di Lecce: Le norme di prevenzione per la sicurezza sul lavoro, Pirola
 Accident prevention manual for industrial operations, National Safety Council, USA
 A.E. Green: High risk safety technology, John Wiley & Sons
 P. Walker: Electronic security systems, Butterworths & Co.

ERGOTECNICA EDILE
Prof. Arie GOTTFRIED
AJ0016*Programma d'esame*

- 1. Processo edilizio e prodotto edilizio.**
 Sistema edilizio. Organismo edilizio. Qualità del prodotto. Complessità funzionale del prodotto. Serie di produzione. Processo di produzione. Introduzione alla progettazione ergotecnica dei sistemi e degli organismi edilizi.
- 2. Metodi e strumenti per la progettazione delle dimensioni del sistema e dell'organismo edilizio.**
 La qualità dimensionale. La coordinazione dimensionale. La complessità dimensionale del prodotto edilizio. I modelli di articolazione delle dimensioni di coordinazione. La flessibilità dimensionale dell'elemento tecnico.
- 3. Metodi e strumenti per il controllo della qualità delle dimensioni del sistema e dell'organismo edilizio.**
 Variabilità dimensionali e tolleranze elementari. I modelli di riferimento per la progettazione e il controllo dimensionale delle giustapposizioni tra elementi tecnici del sistema nell'organismo edilizio. Le procedure operative per il tracciamento. Controllo metrici: prescrizioni e riscontri di caratteristiche dimensionali; fondamenti per il controllo sperimentale: i controlli geometrico dimensionali e le procedure operative per il rilevamento.
- 4. La progettazione operativa.**
 Funzione e ruolo della progettazione operativa. I subsistemi tecnologici del progetto edilizio: analisi funzionale e dimensionale. L'informazione tecnica dei prodotti intermedi: la struttura della scheda tecnica. Le fasi esecutive dei subsistemi: relazioni e dipendenze. L'analisi dei procedimenti elementari del processo produttivo: controllo delle variabilità dimensionali degli elementi tecnici realizzati in opera e prefabbricati. La struttura del piano operativo di cantiere. Elaborazione dei piani e controlli della loro qualità.
- 5. La sicurezza e l'igiene in cantiere.**
 Aspetti della normativa di sicurezza e di igiene. I piani operativi di sicurezza generale e particolari.
- 6. La programmazione operativa.**
 Le implicazioni della progettazione operativa dell'organismo edilizio sulla programmazione

dell'intervento. Lo studio della programmazione temporale delle fasi esecutive dell'intervento edilizio. Gli strumenti: i diagrammi di Gantt, il PERT-TIME deterministico e probabilistico. L'ottimizzazione delle risorse. Le implicazioni della programmazione dell'intervento sulla organizzazione del cantiere.

7. Elementi di progettazione gestionale.

Funzione e ruolo della progettazione gestionale. I requisiti di gestione. Il modello di funzionamento dell'elemento tecnico. Criteri di controllo delle prestazioni di durata. Affidabilità e manutenibilità. I piani di gestione.

8. La progettazione economica.

Funzione e ruolo della progettazione economica. Il concetto di costo globale. I preventivi di costo sintetici e analitici.

9. La programmazione economica.

Costi diretti, indiretti ed esterni. Il PERT-TIME-COST. I piani economico-finanziari dell'intervento edilizio.

10. La qualità e il suo controllo nel processo edilizio.

La normativa della qualità. Qualità ambientale-spaziale, qualità tecnologica. Conformità prestazionale, funzionale-spaziale, tecnica. Conformità del prodotto al tipo. Metodi e strumenti per il controllo della qualità del sistema e dell'organismo edilizio.

11. I macchinari da cantiere.

Tipologie di macchinari. Problemi di costo e criteri di scelta.

Esercitazioni

Le esercitazioni, alle quali lo studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio dell'anno del corso, consisteranno nell'applicazione a specifiche ipotesi operative delle metodologie e delle strumentazioni trattate nell'ambito delle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale che potrà essere sostenuta dallo studente dopo aver positivamente svolto gli elaborati delle esercitazioni.

Libri consigliati

P.N. Maggi: Metodi e strumenti di progettazione edilizia, II edizione, CLUP, Milano, 1988.

P.N. Maggi: Metodi e strumenti di ergotecnica edile, CLUP, Milano, 1988.

A. Gottfried (ed altri): Ergotecnica edile: applicazioni di metodi e strumenti, Esculapio, Bologna, 1992.

L. Morra, M. Rejna: Controlli metrici in edilizia, CLUP, Milano, 1991.

P.N. Maggi, A. Gottfried, L. Morra: Qualità tecnologica dei prodotti complessi per l'edilizia, Quaderno DISET n. 1, Esculapio, Bologna, 1992.

ERGOTECNICA EDILE II
Prof. Pietro Natale MAGGI

AJ0017

Programma d'esame

1. L'informazione tecnica e la normativa per la guida del processo edilizio.

Il modello generale dell'informazione nel processo. Orientamenti per la descrizione e per la classificazione dei componenti edilizi. La struttura della normativa prestazionale, oggettuale e del controllo. Il sistema di classificazione delle norme. Attuale consistenza del corpo normativo.

2. Gli aspetti della qualità tecnologica.

La qualità caratteristica, la qualità utile, la qualità operativa, la qualità di manutenibilità. Valutazioni fuori sistema e valutazioni nel contesto del progetto reale. criteri di scelta dei componenti edilizi.

3. La qualità dimensionale dell'elemento tecnico.

Lo studio della variabilità dimensionali. La verifica di normalità. Determinazione della tolleranza naturale di processo. Significatività delle differenze delle varianze e delle medie: confronti. Tolleranze di progetto e tolleranze di processo.

4. **La qualità gestionale dell'elemento tecnico: progettazione e programmazione gestionale.**
Principi informatori della qualità gestionale. Parametri, indici della qualità gestionale. Parametri, indici delle qualità: affidabilità elementare, affidabilità globale, durabilità di funzionamento, tempo medio di riparazione, disponibilità, manutenibilità. Metodi e strumenti per la valutazione della qualità gestionale: modelli di comportamento, modelli di funzionamento (componente funzionale e oggettuale); stima della propensione all'affidabilità di componenti a repertorio e profili di durabilità; stima della durabilità di funzionamento dei componenti a repertorio; stima della propensione alla manutenibilità di componenti a repertorio e profili di manutenibilità. La scelta dei componenti edilizi a repertorio in base ai profili della qualità di gestione. La compilazione delle schede diagnostica e clinica dei componenti edilizi.
Tipologie degli interventi di manutenzione.
I piani e i programmi di gestione.
5. **La struttura della documentazione tecnica per la programmazione della gestione dell'edificio.**
Il capitolato, il progetto, gli esiti del controllo. Il sistema dell'informazione connotante la documentazione di progetto. Le classi di funzionalità dell'informazione. Implicazioni dei modelli organizzativo-procedurali dell'intervento sulla configurazione dell'informazione. Utilità delle singole sezioni informative per la progettazione e per la programmazione della gestione dell'edificio. Prospettive di regolamento.
6. **La qualità operativa dell'elemento tecnico.**
Principi informatori della qualità operativa. Parametri, indici e criteri di stima della qualità operativa.
Profili di qualità operative dei componenti edilizi. Criteri di scelta dei componenti in base ai profili di qualità operativa.
7. **Gli aspetti organizzativi e procedurali dei processi di produzione e costruzione.**
Modelli organizzativi e procedurali per gli interventi di nuova costruzione e per gli interventi di recupero
8. **L'ottimizzazione della programmazione.**
Criteri di programmazione operativa, temporale ed economica dei processi di intervento in funzione dei modelli organizzativi (formule tradizionali e evolute). L'ottimizzazione della programmazione e della pianificazione economico-finanziaria dell'intervento. Il supporto strumentale delle tecniche di programmazione.
9. **Il controllo della qualità del processo edilizio.**
Le fasi e i controlli nel processo edilizio. I momenti, i tipi, le operazioni e le strumentazioni di controllo di fase. L'affidabilità della qualità del processo in relazione al grado di programmazione dei momenti di controllo. Potenzialità di programmazione dei controlli di qualità in funzione dei modelli organizzativi del processo (formule tradizionali ed evolute).
10. **Il controllo statistico della qualità del prodotto intermedio.**
Funzione e ruolo del controllo nel processo produttivo e nel processo d'intervento. Il controllo della produzione. Il controllo per variabili: catena di lavorazione, stazioni di trasformazione e costruzione delle carte di controllo. Il controllo di routine. Interpretazione degli esiti del controllo e conseguenze.
Il controllo di accettazione del prodotto intermedio in stabilimento e in cantiere. La conformità del prodotto. Livello di qualità accettabile. Procedure per il collaudo. Classificazione delle non conformità. Curve operative caratteristiche. Interpretazione degli esiti del controllo e conseguenze.
11. **Il sistema qualità.**
Principi informatori. Cerchio della qualità. Struttura del sistema qualità. Il sistema qualità nella progettazione, nella produzione, nellacostruzione, nella gestione.

Esercitazioni

Le esercitazioni, alle quali lo studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio dell'anno del corso, consisteranno nell'applicazione a specifiche ipotesi operative delle metodologie e delle strumentazioni trattate nell'ambito delle lezioni e saranno condotte individualmente e a squadre.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale che potrà essere sostenuta dallo studente dopo aver positivamente svolto gli elaborati delle esercitazioni individuali e di squadra.

Libri consigliati

P.N. Maggi: Il processo edilizio. I e II vol., CittàStudi, Milano, 1994.

P.N. Maggi, A. Gottfried, L. Morra: Qualità tecnologica dei prodotti complessi per l'edilizia, Quaderno DISET n. 1, Esculapio, Bologna, 1993.

B. Daniotti, P.N. Maggi: Valutazione della qualità tecnologica caratteristica dei prodotti complessi per l'edilizia, Quaderno DISET n. 2/2, Esculapio, Bologna, 1993.

AA.VV.: Documentazione tecnica e gestione degli edifici, BeMa PFed, Milano 1993.

AA.VV.: Proposizione di riferimenti normativi per il controllo e la qualificazione dell'attività imprenditoriale manutentiva, PFed, Milano 1994.

AA.VV.: Valutazione della qualità utile dei prodotti complessi per l'edilizia, Quaderno DISET n.5, Esculapio, Bologna, 1994.

ESTIMO**AJ0005****Prof. Carlo TENCONI***Programma d'esame*

- 1) **Logica estimativa:** L'estimo: definizioni e funzione; partizioni e visioni. Fonti: giuridico-legali; economico finanziarie [beni economici, lo scambio, il mercato e le sue componenti, comportamento del consumatore]. Logica matematica finanziaria [annualità ed applicazioni nel campo estimativo - lo sconto - concetto di investimento e analisi relativa - saggio di rendimento interno - indici generali dei prezzi, potere d'acquisto della moneta].
- 2) **Teorica estimativa:** Il giudizio di stima. Metodologia della stima, sua evoluzione nel tempo ed analisi critica delle diverse correnti di pensiero.
Sistematica estimativa: la terra e la rendita; il capitale e l'interesse; saggio di rendimento; l'impresa ed il profitto.
- 3) **Problematica estimativa:** la stima delle aree, concetti, generali - le aree urbane - stima delle aree edificabili.
Il diritto di superficie e stime relative.
I costi insediativi; teoria della soglia; recupero dei costi insediativi.
Valutazione dei costi di realizzazione delle infrastrutture ed opere urbanizzative.
Stime fondiari rurali; bilancio aziendale; stima delle colture arboree.
I fattori di produzione delle costruzioni; valutazioni relative; il preventivo e sue componenti.
La stima dei fabbricati urbani: elementi influenti sul valore dei fabbricati urbani; i fabbricati quali beni primari di utilità sociale e quali oggetto tipico di investimenti.
La pianificazione urbana e i suoi riflessi sul valore dei fabbricati.
L'istituto del condominio e le stime connesse. La stima dei fabbricati industriali e commerciali.
Stime dei diritti reali: l'usufrutto, le servitù prediali, stima delle servitù coattive.
Stima delle migliorie e dei danni, cenno alle stime assicurative.
Valutazione dei grandi progetti - Analisi dei Costi Benefici.
Valutazione dei beni naturalistici, artistici, e storici; cenno alla valutazione dei beni e dei danni ambientali.
- 4) **Temi di esercizio professionale:** Il Catasto: elementi di estimo catastale; struttura del catasto italiano; riflessi sui valori dei beni immobiliari delle vigenti normative catastali.
Le espropriazioni per causa di pubblica utilità.
Stime fiscali, giudiziarie ed extragiudiziarie.
L'Estimo nella realizzazione delle opere pubbliche:
la Legislazione sui Lavori Pubblici. L'appalto: definizioni, metodi, determinazione appaltatore; la liquidazione dei lavori; il collaudo dei lavori. L'arbitrato; la revisione dei prezzi.

Esercitazioni

Verrà svolta una perizia di stima su tema da concordarsi con il docente: in alternativa potrà essere sviluppata una ricerca, sempre su argomento da concordare.

Modalità d'esame

Per l'ammissione all'esame è necessaria la consegna preventiva dell'elaborato delle esercitazioni. L'esame consiste in una prova orale sul programma ed eventualmente sul lavoro delle esercitazioni.

Libri consigliati

- V. Columbo: Estimo: la logica, la teorica, Giuffrè, Milano, 1962-82.
 V. Poletti, C. Tenconi: Note applicate di estimo territoriale ed urbano, CULS, Milano, 1987.
 C. Tenconi: Estimo - Note introduttive sull'appalto e sul catasto, CULS, Milano 1993.
 Su specifici argomenti potranno essere forniti dal docente appunti nel corso delle lezioni.
 Per un approfondimento della materia, si consigliano inoltre:
 C. Forte-B. De Rossi: Principi di economia ed estimo, ETAS libri, Milano, 1974.
 M. Grillenzoni, G. Grittani: Estimo: teoria, procedure di valutazione e casi applicati. Edagricole, Bologna, 1990.
 I. Michieli: Trattato di Estimo, Edagricole, Bologna, 1988.
 M. Orefice: Estimo, UTET, Torino, 1984.
 L. Fusco Girard: Risorse architettoniche e culturali: valutazioni e strategie di conservazione, Franco Angeli, Milano, 1987.

FENOMENI DI INQUINAMENTO E CONTROLLO QUALITA' DELL'AMBIENTE AW0101*(Economia e Tecnica ambientale)***Prof. Luca BONOMO, Michele GIUGLIANO, Sergio VACCA'***Programma d'esame***1. Il problema dello sviluppo sostenibile.**

- a) Sviluppo e ambiente nei paesi industrializzati
- b) Ambiente e sottosviluppo
- c) Le risorse naturali rinnovabili ed esauribili

2. Fenomenologia dell'inquinamento.

- a) Acque superficiali (fenomeni di eutrofia, deossigenazione e inquinamento marino)
- b) Acque profonde (fenomeni di inquinamento delle falde)
- c) Atmosfera (fenomeni di inquinamento delle aeree urbane ed industriali, modifica della composizione dell'atmosfera su macroscale e su scala globale, precipitazioni acide, radioattività, rumore)
- d) Suolo (fenomeni di contaminazione da smaltimenti di rifiuti solidi e liquidi)

3. Alternative tecnologiche per la prevenzione ed il controllo del danno ambientale.

- a) Gli interventi sui cicli di produzione e sulla gestione delle fonti
- b) La tecnologia di depurazione delle acque
- c) La tecnologia di trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi (sistemi di recupero, incenerimento e discarica controllata)
- d) La tecnologia di depurazione degli effluenti gassosi ed il ruolo dei combustibili nei processi di combustione fissa e mobile

4. Criteri di protezione dell'ambiente.

- a) Criteri per la formulazione di indici e standard di qualità ambientale
- b) Gli standard di qualità nella normativa italiana
- c) Lo strumento della valutazione di impatto ambientale
- d) Teoria e gestione del rischio ambientale

5. L'analisi economica dell'inquinamento.

- a) Il livello ottimale di inquinamento
- b) La soluzione di mercato e il teorema di Coase
- c) Gli strumenti della politica ambientale: standard, tasse, sussidi, permessi negoziabili
- d) Le politiche di controllo dell'inquinamento a livello nazionale ed internazionale

6. La misurazione dei danni ambientali.

- a) La definizione del valore economico dell'ambiente
- b) Le metodologie di valutazione
- c) Il problema delle generazioni future

7. Politica ambientale, industria e ambiente.

- a) L'ambiente come vincolo all'attività industriale
- b) L'ambiente come opportunità per l'industria
- c) Lo sviluppo della politica ambientale in Italia

8. Sintesi e confronto degli approcci esaminati attraverso l'esame di casi rilevanti (da identificare).*Libri consigliati*

Per le parti 1, 5, 6: D. Perce - R.K. Turner. Economia delle risorse naturali e dell'ambiente, Il Mulino, Bologna, 1991.

Altri riferimenti bibliografici saranno resi noti nel corso delle lezioni.

L'orario di ricevimento studenti verrà esposto presso l'istituto di Economia Politica all'Università Bocconi e presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento (Sezione Ambientale) al Politecnico.

FENOMENI DI TRASPORTO BIOLOGICI**AA0019****Prof. Franco MONTEVECCHI***Programma d'esame***Struttura delle cellule e fluidi biologici.**

- Sistemi biologici, sottosistemi, componenti e materia fisica - La vita e i fluidi biologici - Omeostasi

Principi fisici di biofluidinamica.

- Leggi di conservazione - Viscosità di liquidi e gas - Equazioni di Navier-Stokes per fluidi incomprimibili Newtoniani - Similitudine, numero di Reynolds, numero di Stokes e numero di Womersley - Cenni alla teoria dello strato limite

Fenomeni biofluidinamici.

- La viscosità e il meccanismo di trasporto delle quantità di moto - Distribuzione della velocità in moto laminare - Distribuzione delle velocità con più di una variabile indipendente - Distribuzione della velocità nel moto turbolento - Bilancio macroscopico per sistemi isotermi

Liquidi biologici.

- Il sangue e la sua struttura - Sollecitazioni sul sangue ed emolisi - Reologia del sangue - Liquidi sinoviali - Altri liquidi biologici

Trasporto biologico di materia.

- Definizioni di concentrazione, velocità e flusso di materia - Pressione osmotica ed effetto Donnan - Pressione oncologica - Diffusività e legge di Fick - Teoria della diffusione ordinaria nei liquidi - Diffusione attraverso film gassosi - Diffusione con reazioni chimiche - Membrane biologiche - Diffusione attraverso membrane

Scambio di ossigeno e di anidride carbonica nel sangue.

- Struttura dei globuli rossi - Modelli di reazione della emoglobina - Diffusione facilitata - La membrana dei globuli rossi - Solubilità di ossigeno e di anidride carbonica nel plasma

Circolazione del sangue.

- I materiali e le caratteristiche del sistema vascolare - Equazioni descrittive globali e condizioni ai limiti - Flusso pulsatile nelle arterie - Biforcazioni e giunzioni - Collassabilità delle vene e flusso delle vene

Microcircolazione.

- Viscosità apparente e relativa - Legge di Stokes per la resistenza al moto di particelle sferiche in una corrente fluida - Resistenza al moto di particelle ellissoidali - Moto di agglomerati di particelle - Moto dei globuli rossi in microvasi - Modello di Krogh e derivati

Meccanica e fluidinamica cardiaca.

- Il sarcomero e le fibre muscolari cardiache - La circolazione coronarica - Meccanica e fluidinamica delle valvole cardiache, degli atri e dei ventricoli - Caratterizzazione globale del cuore - Accoppiamento del cuore con le circolazioni sistemica e polmonare

Modelli di trasporto biofluidinamici.

- Analisi compartimentale - Apparato respiratorio - Apparato renale - Circolazione fetale

Biofluidinamica computazionale.

- Soluzioni analitiche e computazionali dei problemi biofluidinamici - Metodi alle differenze finite - Metodi agli elementi finiti - Metodi a crescita dello strato limite

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio volto ad accertare la conoscenza degli argomenti del corso e l'apprendimento dei modelli matematici e dei metodi di calcolo dei fenomeni esaminati.

Libri consigliati

R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot: Fenomeni di trasporto, Casa Editrice Ambrosiana - Milano.
 E.N. Lightfoot: Transport Phenomena and Living Systems, John Wiley & Sons.
 S. Middleman: Transport Phenomena in the Cardiovascular System, John Wiley & Sons.
 Y.C. Fung: Biomechanics: Motion, Flow, Stress and Growth, Springer-Verlag.
 Y.C. Fung: Biomechanics: Circulation, Springer-Verlag.
 Dispense su particolari argomenti.

FINANZA AZIENDALE
Prof. Luigi BUZZACCHI
AQ0016*Programma d'esame***PARTE I - MERCATI ED INFORMAZIONE.**

1. Prezzi come strumento di coordinamento e motivazione: il modello neoclassico di mercato. Il teorema fondamentale dell'economia del benessere. I fallimenti del mercato.
2. Razionalità limitata ed asimmetrie informative; la teoria dei contratti.
3. Elementi di teoria dei giochi con asimmetria informativa: moral hazard, adverse selection e signalling; il modello di Akerlof ed il modello di Spence.
4. Equilibrio nei mercati assicurativi; il modello di Rothschild e Stiglitz.
5. Teoria principale-agente e team production.

PARTE II - TEORIA DELL'INVESTITORE ED EQUILIBRIO DEI MERCATI FINANZIARI.

6. Proprietà, controllo e contratti residuali.
7. Valore attuale e costo opportunità del capitale: l'analisi di Fisher.
8. Valutazione di titoli a reddito fisso: corsi secchi e tel quel. Valutazione di titoli rischiosi: crescita dei dividendi, opportunità di crescita e rapporto P/E.
9. Arbitraggio e valore attuale; attività con rendimenti in termini di consumo.
10. Funzioni di utilità in condizioni di incertezza ed attitudine al rischio.
11. Teoria del portafoglio in un contesto uniperiodale: rischio e rendimento di uno o più titoli rischiosi, normalità dei rendimenti rischiosi, vendita allo scoperto, selezione di un portafoglio ottimale, il teorema di separazione di Tobin, aspettative omogenee e portafoglio di mercato.
12. Equilibrio del mercato dei capitali in un contesto uniperiodale con aspettative omogenee: il Capital Asset Pricing Model; verifiche empiriche di efficienza in forma debole, semi-forte e forte.
13. Tassi di interesse ed inflazione; struttura per scadenze dei tassi di interesse: aspettative, preferenza per la liquidità e rischio di insolvenza.

PARTE III - TITOLI DERIVATI.

14. Contratti forward, futures e swaps.
15. Valutazione di titoli derivati: l'equazione differenziale di Black e Scholes.
16. Teoria delle opzioni. Opzioni implicite, obbligazioni convertibili e warrants.
17. Metodologie per la copertura dei rischi finanziari.

PARTE IV - DECISIONI FINANZIARIE DELLE IMPRESE.

18. Decisioni di finanziamento ed emissione di titoli finanziari.
19. Politica dei dividendi e struttura finanziaria: l'approccio di Modigliani e Miller e le critiche successive; costi di bancarotta.
20. Separazione tra proprietà e controllo e problemi di agenzia: struttura finanziaria e contratti ottimi.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta ed una prova orale.

Libri consigliati

Brealey R. e Myers S., 1990, Principi di finanza aziendale, McGraw-Hill Libri Italia; capp. 2, 4, 16, 17.1, 17.2, 18.1, 18.3, 20, 21, 22, 23
 Garbade K., 1989, Teoria dei mercati finanziari, Il Mulino; capp. 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10.
 Hull J., 1989, Options, futures and other derivative securities, Prentice Hall; capp. 2, 3, 4, 5.
 Rasmusen E., 1989, Games and Information, Basil Blackwell; capp. 6, 8.2, 8.3, 8.4
 Varian H., 1984, Microeconomic analysis, Norton & Co; parr. 8.1, 8.2, 8.3, 8.4.
 Varian H., 1990, Microeconomia, Cafoscarina, capp. 11, 12.

FISICA ATOMICA I
Prof. Carlo Enrico BOTTANI

AV0108

*Programma d'esame***Elementi di meccanica quantistica.**

Basi sperimentali della meccanica quantistica

Postulati della meccanica quantistica e equazione di Schroedinger

Elementi di fisica atomica.

Atomo di idrogeno - Orbitali atomici

Spin dell'elettrone e principio di Pauli

Atomi a molti elettroni - campo medio

Assorbimento ed emissione di fotoni (nel visibile e nella regione dei raggi X)

Diffusione

Cenni di fisica molecolare.

Approssimazione adiabatica legame chimico e orbitali molecolari

Spettroscopia rotovibrazionale delle molecole e implicazioni applicative, (es. il laser ad anidride carbonica).

Durante il corso verranno svolte alcune esercitazioni sperimentali su:

a) Diffrazione di elettroni (Esperimento di Davisson e Germer)

b) Misura di spettri atomici di emissione.

c) Misura di spettri vibrazionali molecolari

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

M. Alonso, E.J. Finn: Fundamental University Physics, vol. III: Quantum and Statistical Physics. Addison Wesley Publ. Co., 1969.

A.S. Davydov: Quantum Mechanics 2nd Ed, Pergamon Press, 1976.

S. Gasiorowicz: Quantum Physics, John Wiley, 1974.

H. Haken, H. Wolf: Fisica atomica e quantistica, Boringhieri, 1990.

G. Caglioti: Introduzione alla Fisica dei Materiali, Zanichelli, 1974.

FISICA ATOMICA II (1/2 annualità)
Prof. Paolo Maria OSSI

AV0117

Programma d'esame

Scopo del corso è di introdurre alcuni "oggetti" fisici scoperti di recente, le cui proprietà peculiari sono determinate dalle dimensioni, o dal tipo di ordine strutturale, intermedi fra quelli dei sistemi atomici e quelli dei solidi.

Geometria e simmetria nei solidi.

I solidi platonici ed i loro duali; elementi di simmetria spaziale; isometria. Solidi regolari in iperspazi e loro proiezione su tre dimensioni; I reticoli cristallini; reticoli di Bravais; cella unitaria; cella di Wigner-Seitz; strutture cristalline e reticoli dotati di base; il reticolo reciproco; le zone di Brillouin; piani reticolari ed indici di Miller.

Ordine strutturale.

Ordine e disordine; Ordine strutturale nei sistemi condensati; varie specie di disordine; considerazioni entropiche; materiali che presentano disordine strutturale. Fenomenologia della transizione vetrosa; considerazioni termodinamiche; facilità di formazione di vetro (GFA); teorie termodinamiche della transizione; teorie dinamiche.

Struttura dei sistemi condensati disordinati.

Funzioni di distribuzione; definizione e tecniche sperimentali di indagine di SRO, MRO, LRO; influenza di fattori chimici e topologici sull'ordine strutturale; ordine politetraedrico. Modellizzazione dell'ordine strutturale; sfere rigide; poliedri di Voronoi; modelli al calcolatore; DRPHS e DRPSS.

Clusters.

Definizione e produzione; numeri magici; struttura e dinamica; equilibrio strutturale e cambiamenti di fase; effetti dimensionali nei clusters; struttura dei clusters metallici; simmetria quaternaria in clusters di dimensioni ridotte.

Quasicristalli.

Cenni alle funzioni quasi-periodiche e loro proprietà spettrali. Strutture cristallografiche periodiche, aperiodiche e quasiperiodiche; ordine orientazionale e posizionale; modelli geometrici di tassellatura: tassellatura di Penrose ed icosaedro di Mackay; variazioni negli schemi di tassellatura; strutture modello ed approssimanti cristallini; risultati sperimentali: morfologia, cristallografia, stabilità strutturale.

Nanocristalli.

Importanza delle interfaccia; metodi di preparazione; microstruttura e struttura atomica delle interfaccia; diffusione; proprietà meccaniche; vetri con dimensioni nanometriche.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Testi consigliati

N.E. Cusack: The Physics of Structurally Disordered Matter, IOP, Bristol, 1987

C. Janot: Quasicrystals. A Primer, Clarendon, Oxford, 1992

S.R. Elliott: Physics of Amorphous Materials (2nd Ed.), Longman, London, 1990.

Sono inoltre disponibili note alle lezioni.

FISICA DEI REATTORI A FISSIONE**AV0109****Prof. Vincenzo SANGIUST***Programma d'esame*

1. La fissione nucleare. Flussi neutronici e tassi di reazione. Biblioteche di sezioni d'urto.
2. L'equazione della diffusione. Neutroni termici. Criticità a un gruppo.
3. Il rallentamento dei neutroni. L'equazione dell'età alla Fermi. Criticità alla Fermi. Metodi multigruppo.
4. Reattori eterogenei. Riflettori. Barre di controllo. Effetti di temperatura, veleni, conversione.
5. Misure di distribuzione spazio-energetica del flusso. Tecniche di deconvoluzione.
6. Misure di lunghezze di diffusione e di rallentamento. Misure di parametri di cella.
7. Misure di rumore neutronico in reattori a potenza zero.

Esercitazioni

Il corso prevede una serie di esercitazioni teoriche.

Libri consigliati

J.R. Lamarsh: Nuclear Reactor Theory, Addison Wesley, 1966;

K.H. Beckurts, K. Wirtz: Neutron Physics, Springer Verlag, Berlin 1964;

A. Weinberg, E. Wigner: The Physical Theory of Neutron Chain Reactor, Univ. of Chicago Press, 1958;

G.B. Zorzoli: Fisica Sperimentale dei Reattori Nucleari, Feltrinelli 1971.

FISICA DELLO STATO SOLIDO**AV0007****Prof. Giuseppe CAGLIOTI***Programma d'esame*

1 - I postulati della meccanica quantistica.

2 - Nozioni di fisica atomica e di fisica molecolare.

3 - I cristalli: relazioni fra strutture a livello atomico e proprietà fisiche.

La simmetria nei cristalli. Simmetria traslazionale e conservazione della quasi-quantità di moto.

Il reticolo reciproco. Stati stazionari dell'elettrone in un cristallo concepito come un sistema

polistabile, e bande di livelli energetici. Metodi di analisi della struttura dei cristalli mediante diffrazione dei raggi X e dei neutroni.

Classificazione, struttura e proprietà caratteristiche dei metalli, dei semiconduttori, in relazione ai differenti tipi di legame. Stati di Bloch, energia di Fermi e il gap fra banda di valenza e banda di conduzione. Densità degli stati elettronici nello schema degli elettroni liberi e del tight binding. Stati dipendenti dal tempo per l'elettrone in un cristallo, pacchetto d'onde e conduzione dell'elettricità, massa efficace.

Moti atomici nei cristalli. Modi vibrazionali, fononi acustici e fononi ottici, e D) forze interatomiche, II) calori specifici, III) conducibilità elettrica e diffusività termica. Anarmonicità del potenziale interatomico e parametro di Grueneisen.

Metodi di analisi della dinamica delle strutture cristalline mediante scattering anelastico dei neutroni.

4 - Cristalli di valenza e semiconduttori.

Bande di valenza e di conduzione in *Ge* e *Si*. Semiconduttori intrinseci e drogati. Concentrazione dei portatori. L'effetto Hall.

5 - Proprietà meccaniche dei metalli e dinamica delle strutture cristalline.

Costanti elastiche e costanti delle forze interplanari. Energia di superficie per clivaggio. Dislocazioni: aspetti geometrici, dinamici, entropici ed energetici. Termodinamica della deformazione elastica e termodinamica irreversibile della deformazione plastica. Meccanismi di frattura. Valori critici della forza di avanzamento della cricca e dell'intensificazione degli sforzi.

Le lezioni saranno integrate da cicli di seminari didattici su superconduttori (in particolare sui superconduttori ad alta temperatura) e sull'analisi della tessitura e del campo di deformazioni residue mediante diffrazione neutronica.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in esperienze di fisica dei materiali o dimostrazioni di laboratorio nonché nello svolgimento di esercizi numerici relativi agli argomenti trattati nelle lezioni. Le esercitazioni di laboratorio sono obbligatorie per gli studenti del Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare, indirizzo Materiali e per gli studenti del corso di laurea in Ingegneria dei Materiali.

Esse sono facoltative per tutti gli altri studenti. Le esercitazioni o dimostrazioni di laboratorio vertono su:

- diffrazione di elettroni (esperienza di Davisson e Germer),
- diffrazione di luce laser da un reticolo di diffrazione,
- scattering Raman di fononi ottici in semiconduttori,
- scattering di Brillouin da fononi acustici,
- effetto Hall,
- costante di Grueneisen,
- diffusività termica,
- modulo di Young,
- limite termoelastoplastico, snervamento.

Gli studenti che frequenteranno le esercitazioni sono tenuti a presentare una relazione scritta sulle esercitazioni svolte.

Libri consigliati

G. Caglioti: Introduzione alla Fisica dei Materiali, Capp. II-III-IV, Zanichelli (1974).

G. Caglioti: Appunti delle lezioni di Fisica dello Stato Solido, Complementi (dispense), 1991.

C. Kittel: Introduction to Solid State Physics, IV Edition, John Wiley, New York, 1986.

J. Gordon, La Scienza dei Materiali resistenti, EST Mondadori, Milano 1976.

Introduzione ai Materiali, a cura di G. Caglioti, EST Mondadori e Open University, Milano (1976).

Mechanical and Thermal Behaviour of Metallic Materials, Proceedings of the Int. School of Physics "E.Fermi", Course LXXXII, G. Caglioti, A. Ferro Milone Edtrs, Varenna 30 June, 10 July 1981, North Holland Publ. Co. Amsterdam 1982 e Società Italiana di Fisica, Bologna 1982.

Neil W. Ashcroft and N. David Mermin: Solid State Physics, HRW International Editions, Tokyo, 1981.

S. Carrà, La formazione delle strutture, Bollati Boringhieri, Torino, (1989).

Nota agli Studenti

La sezione I relativa alla meccanica quantistica e le nozioni di fisica atomica sono strutturate in un ciclo di lezioni.

Questi argomenti nonchè le lezioni di fisica molecolare sono presentate in forma elementare nel saggio di G. Cagliotti, Simmetrie infrante, nella scienza e nell'arte, CittàStudi Edizioni, Milano 1994 (seconda edizione).

FISICA ED INGEGNERIA DEI PLASMI
Prof. Roberto POZZOLI

AV0101

*Programma d'esame***I. Caratteristiche generali del plasma.**

Lo stato di plasma. Plasma in natura e in laboratorio.

Il plasma termonucleare. La fusione controllata.

Dinamica delle particelle in una configurazione a confinamento magnetico. Moti di deriva.

Campi collettivi. Oscillazioni e onde di plasma. Dinamica delle particelle nel campo di un'onda elettrostatica.

Collisioni. Tempi caratteristici dei processi collisionali. Resistività del plasma.

II. Modelli di descrizione del plasma.

Campi microscopici e campi medi. Equazioni cinetiche. Sistema di Fokker - Planck - Maxwell.

Equazione di Vlasov.

Equazioni dei momenti. Descrizione fluida.

Il modello a un solo fluido. Le equazioni della magnetoidrodinamica ideale.

La magnetoidrodinamica resistiva.

III. Comportamento magnetoidrodinamico del plasma.

Equilibrio magnetoidrodinamico.

Onde magnetoidrodinamiche.

Stabilità magnetoidrodinamica del plasma.

Esempi di instabilità.

IV Interazione del campo elettromagnetico con il plasma.

Propagazione di onde elettromagnetiche nel plasma. Cut-off e risonanze.

Interazione onda-particella. Smorzamento di Landau.

Microinstabilità.

V. Fenomeni di trasporto.

Trasporto collisionale.

Meccanismi di trasporto anomalo.

VI. Emissione di radiazione dal plasma.

Emissione di ciclotrone.

Bremsstrahlung.

VII. La fusione controllata.

Fusione a confinamento magnetico.

Riscaldamento del plasma.

Dinamica delle particelle α .

Fusione inerziale.

Interazione fascio-plasma.

Metodi diagnostici.

Libri consigliati

R. Pozzoli: Fisica del plasma termonucleare e astrofisico, CLUED, Milano, 1984;

L.A. Artsimovich: Fisica elementare del plasma, Editori Riuniti, Roma, 1975.

F.F. Chen: Introduction to plasma physics, Plenum Press, New York, 1990.

N.A. Krall, A.W. Trivelpiece: Principles of plasma physics, Mc Graw Hill, New York, 1973.

V.E. Golant, A. P. Zhilinsky, I.E. Sakharov: Fundamentals of plasma physics, John Wiley, New York, 1980

FISICA I**AT0002**

Proff. Leonardo BOSI, Carlo BOTTANI, Bruno CANDONI, Fulvio PARMIGIANI, Lamberto DUO', Grazia GAMBARINI, Patrizia JONA, Vittorio MAGNI, Luciano RAMELLO, Paola TARONI, Gianluca VALENTINI, Pierluigi ZOTTO

*Programma d'esame***ELEMENTI DI METROLOGIA.**

Misure di grandezze. Definizioni dirette ed indirette. Analisi dimensionale. Il Sistema Internazionale. Indici di stato.

FONDAMENTI DI MECCANICA.

- 1) Sistemi di riferimento. Posizione, traiettoria, velocità, accelerazione. Velocità angolare ed accelerazione angolare. Metodi di misura di grandezze cinematiche. Cinematica relativa classica.
- 2) Statica del punto. Forze e composizione delle forze, Reazioni vincolari. Attrito.
- 3) Leggi della dinamica newtoniana. Massa inerziale. Forza. Metodi di misura di masse e forze. Quantità di moto. Momento angolare. Lavoro, energia cinetica ed energia potenziale. Equilibrio. Leggi di conservazione. Forza elastica. Sistemi di particelle. Urti.
- 4) Interazioni naturali. Basi sperimentali della legge di gravità. Massa gravitazionale e campo gravitazionale. Basi sperimentali della legge di Coulomb; carica elettrica. Stati legati in campi gravitazionali o coulombiani. Moto di particelle cariche in campi magnetici, forza di Lorentz. Forze apparenti in riferimenti non inerziali. Forza peso.
- 5) Fluidi reali ed ideali. Densità e peso specifico. Pressione. Metodi di misura della pressione.

FONDAMENTI DI TERMODINAMICA.

- 1) Sistemi termodinamici. Variabili di stato. Equilibrio termodinamico. Trasformazioni. Cicli. Lavoro termodinamico.
- 2) Definizione e metodi di misura della temperatura. Equazione di stato dei gas ideali. Definizione e metodi di misura di quantità di calore. Calori specifici. Calori latenti.
- 3) Basi sperimentali della prima legge della Termodinamica. Energia interna. Applicazioni ai gas ideali.
- 4) Irreversibilità. Seconda legge della Termodinamica. Teorema di Carnot. Temperatura termodinamica assoluta. Entropia. Disuguaglianza di Clausius.

ELEMENTI DI TEORIA CINETICA DEI GAS.

Interpretazione cinetica di temperatura e pressione in un gas ideale. Equipartizione dell'energia. Calori specifici dei gas ideali. Misura della distribuzione di velocità molecolari e teoria di Maxwell. Gas reali e modello di van der Waals.

Modalità d'esame

Prima di ogni appello di esami si svolgerà una prova scritta. Con tale prova il candidato potrà acquisire elementi per valutare la propria preparazione e decidere di conseguenza l'opportunità di presentarsi subito all'appello d'esame o di ripresentarsi ad un appello successivo.

Libri consigliati

In alternativa uno dei seguenti testi elencati in ordine alfabetico:

1. M. Alonso e E.J.Finn: Elementi di Fisica per l'Università, vol.I, Masson/Addison-Wesley, Milano (corredato da uno dei testi di termodinamica sotto elencati).
2. G. Bernardini: Fisica Generale, Parte I, Veschi, Roma.
3. R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands: La Fisica di Feynman, vol. I, Addison-Wesley, Milano.
4. P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci: Fisica, vol. I, Edizioni S.E.S., Napoli.
5. S. Rosati: Fisica Generale, vol. I. CEA, Milano.
6. R.A. Serway: Fisica, vol. I, S.E.S., Napoli.
7. D. Sette: Lezioni di Fisica, voll. I e II, Veschi, Roma.
8. W.E. Gettys, F.J. Keller, M.J. Skove: Fisica classica e moderna, I vol., McGraw-Hill libri Italia s.r.l., Milano

Per la sola termodinamica:

- 1) G. Boato: Termodinamica, CEA, Milano.
- 2) A. Dupasquier: Lezioni di Termologia e Termodinamica, CittàStudi, Milano.
- 3) E. Fermi: Termodinamica, Boringhieri, Torino.
- 4) M.W. Zemansky: Calore e Termodinamica, Zanichelli, Bologna.

FISICA II**AT0003**

(per tutti gli allievi esclusi quelli di Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni)
Proff. Marco BEGHI, Franco CICCACCI, Giorgio CIUCCI, Bruno DE MICHELIS, Luigi QUARTAPELLE, Roberta RAMPONI.

Programma d'esame

1. **Campo elettrico statico:** carica elettrica; conservazione e quantizzazione della carica; legge di Coulomb della forza elettrica; definizione di campo elettrico E ; Principio di sovrapposizione; rappresentazione di campi vettoriali; flusso del campo elettrico; legge di Gauss.
2. **Potenziale elettrostatico:** integrale di linea di E ; potenziale elettrostatico; legge di Gauss in forma locale; equazione di Poisson e di Laplace per il potenziale; energia elettrostatica di un sistema di cariche; dipolo elettrico.
3. **Conduttori elettrici:** campo e potenziale elettrostatici vicino ai conduttori; capacità di un conduttore e di sistemi di conduttori; condensatori; energia immagazzinata in un condensatore carico; energia del campo elettrostatico.
4. **Correnti elettriche:** corrente stazionaria; vettore densità di corrente; equazione di continuità; legge di Ohm; resistività e conducibilità elettrica; modello microscopico della conducibilità; effetto Joule; generatori di forza elettromotrice; leggi di Kirchhoff.
5. **Campo magnetico statico:** definizione e unità di misura del campo magnetico B ; forza di Lorentz; moto di cariche elettriche in campo magnetico; II formula di Laplace; forza su circuito percorso da corrente; circuiti chiusi e spire; dipolo magnetico; campo magnetico generato da correnti; legge di Biot-Savart; I formula di Laplace; equivalenza spira-dipolo magnetico; forze tra conduttori percorsi da corrente; definizione dell'ampere; assenza di cariche magnetiche; circuitazione di B e legge di Ampere; potenziale vettoriale A (cenni).
6. **Campi E e B variabili nel tempo:** serie e integrale di Fourier (cenni); leggi di Faraday-Neumann dell'induzione elettromagnetica; legge di Lenz; campi elettrici non conservativi; legge dell'induzione in forma locale; generatori e motori; autoinduzione; circuiti LR ; energia immagazzinata in un solenoide percorso da corrente; energia dal campo magnetico; legge di Ampère-Maxwell; equazioni di Maxwell.
7. **Circuiti in corrente alternata:** formalismo dei numeri complessi per fenomeni oscillanti; circuiti a costanti concentrate; impedenza degli elementi circuitali; connessioni in serie e in parallelo; circuito RLC , risonanza; potenza nei circuiti.
8. **Campi elettrici nella materia:** momenti di dipolo e multipolo di una distribuzione di cariche; modelli atomici; polarizzabilità elettrica; vettore polarizzazione; densità di carica di polarizzazione di volume e di superficie; campi elettrici nella materia; legge di Gauss nei dielettrici; vettore induzione dielettrica D ; costante dielettrica relativa.
9. **Campi magnetici nella materia:** materiali diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici; momenti magnetici elementari; vettore magnetizzazione; campi magnetici nella materia; vettore H e correnti di magnetizzazione.
10. **Equazioni di Maxwell:** elettromagnetismo e principio di relatività; postulati della relatività ristretta; trasformazioni di Lorentz (cenni); campi generati da una carica in moto rettilineo uniforme; equazioni di Maxwell con sorgenti; soluzione delle equazioni di Maxwell nel vuoto; onde elettromagnetiche; potenziali scalare e vettoriale del campo elettromagnetico e trasformazioni di gauge (cenni).
11. **Fenomeni ondulatori:** onde elastiche di una corda; equazione delle onde elastiche; onde armoniche; energia trasportata dalle onde armoniche; onde di pressione nei gas, suono; onde piane e onde sferiche; sovrapposizione di onde; onde stazionarie; battimenti; interferenza.
12. **Onde elettromagnetiche:** equazione delle onde e.m. nel vuoto; onde piane e sferiche; polarizzazione lineare e circolare; onde nei mezzi omogenei e isotropi; indice di rifrazione; densità di energia e di quantità di moto delle onde e.m.; vettore di Poynting; equazione di continuità per l'energia elettromagnetica; pressione di radiazione; dipolo oscillante e campo di radiazione; energia irradiata da una carica accelerata (cenni); spettro della radiazione elettromagnetica.
13. **Ottica:** misura della velocità della luce; natura della luce: proprietà ondulatorie e corpuscolari; effetto fotoelettrico; leggi della riflessione e della rifrazione; principio di Huygens; dispersione; interferenza; diffrazione; ottica nei mezzi anisotropi; birifrangenza; elementi di ottica geometrica: specchi e lenti sottili.

Modalità d'esame

Prima di ogni appello d'esami si svolgerà una prova scritta. Con tale prova il candidato potrà acquisire elementi per valutare la propria preparazione e decidere di conseguenza l'opportunità di presentarsi subito all'appello d'esame o di ripresentarsi ad un appello successivo.

Libri consigliati

In alternativa, uno dei seguenti testi in ordine alfabetico:

1. M. Alonso, E.J. Finn: Elementi di Fisica per l'Università, vol. II, Masson, Milano.
2. E. Amaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella: Fisica Generale: Elettromagnetismo, relatività, ottica, Zanichelli, Bologna 1986.
3. S. Bobbio, E. Gatti: Elettromagnetismo-Ottica, Bollati Boringhieri, Torino 1991.
4. R. Feynman, R. Leighton, M. Sands: La fisica di Feynman, Addison-Wesley, 1969
5. W.E. Gettys, F.J. Keller, M.J. Skove: Fisica classica e moderna, vol. II, Elettromagnetismo e onde, McGraw-Hill Italia, Milano 1992.
6. D. Halliday, R. Resnick, K.S. Krane: Fisica 2, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 1994.
7. L. Lovitch e S. Rosati: Fisica Generale: Eletticità, Magnetismo, Ottica, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 1983.
8. C. Mencuccini, V. Silvestrini: Fisica 2, Elettromagnetismo e ottica, Liguori Editore, Napoli 1988.
9. D.E. Roller, R. Blum: Fisica, vol. II, Zanichelli, Bologna 1984.

FISICA II**AT0003**

(per allievi di Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni)

Proff. Rinaldo CUBEDDU, Sandro DE SILVESTRI, Vera RUSSO*Programma d'esame*

Fenomeni elettrici e loro descrizione. La carica elettrica. Esperimento di Millikan. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Potenziale elettrico. Teorema di Gauss in forma integrale e differenziale. Conduttori e isolanti. Induzione elettrostatica. Legge di Coulomb. Equazione di Poisson. Equazione di Laplace. Cenni alla soluzione della equazione di Laplace. Cenni ai metodi e sua soluzione: condizioni al contorno. Proprietà delle funzioni armoniche. Metodi delle cariche immagine e del rilassamento per il calcolo del potenziale. Capacità elettrica. Relazioni tra potenziali e cariche per un sistema di conduttori. Dipolo elettrico: potenziale e campo. Sviluppo in multipoli di un potenziale. Polarizzazione dei dielettrici. Vettore polarizzazione. Cariche di polarizzazione. Campo elettrico di un dielettrico polarizzato. Legge di Gauss nei dielettrici: il vettore D . Suscettività dielettrica e costante dielettrica. Condizioni al contorno per i vettori E e D . Energia di un sistema di cariche. Densità di energia del campo elettrico. Energia di un dipolo in campo elettrico. Forza e coppia su un dipolo in campo elettrico. Campo elettrico molecolare in un dielettrico. Polarizzabilità dei mezzi polari e non polari.

Corrente elettrica stazionaria. Intensità e densità di corrente. Principio di conservazione della carica ed equazione di continuità. Conducibilità e resistività. Modello di conduzione elettrica a livello microscopico. Legge di Ohm in forma locale e integrale. Effetto Joule. Campo elettromotore e forza elettromotrice. Leggi di Kirchhoff.

Fenomeni magnetici e loro descrizione. Magneti e circuiti elettrici. Forza magnetica su una carica in moto e su una corrente. Campo magnetico e sua misura. Campi magnetici generati da cariche in moto e correnti stazionarie. Formule di Laplace. Forze e coppie tra circuiti percorsi da corrente. Legge di Ampère. Potenziale vettore. Principio di equivalenza di Ampère. Cenni sulle trasformazioni dei campi per diversi sistemi di riferimento. Magnetizzazione dei mezzi materiali. Vettore magnetizzazione. Correnti di magnetizzazione. Potenziale scalare. Legge di Ampère per i mezzi materiali: il vettore H . Sorgenti del campo H . Campo magnetico di un mezzo magnetizzato. Condizioni al contorno per i campi B ed H . Suscettività magnetica e permeabilità magnetica. Mezzi ferromagnetici: ciclo di isteresi, circuiti magnetici, magneti permanenti. Modelli elementari per diamagnetismo e paramagnetismo. Precessione di Larmor. Cenni di ferromagnetismo. Energia magnetica per un sistema di circuiti percorsi da correnti. Densità di energia magnetica.

Fenomeni di induzione elettromagnetica, campi elettromagnetici dipendenti dal tempo. Esperimenti di Faraday e correnti indotte. Legge di Faraday e legge di Lenz. Autoinduzione. Mutua

induzione. Corrente di spostamento, legge di Ampère-Maxwell. Equazioni di Maxwell. Condizioni al contorno per i campi E , D , B e H in regime non stazionario.

Onde. Propagazione per onde: equazione delle onde. Onde longitudinali e trasversali. Onde piane e sferiche. Polarizzazione. Onde sinusoidali, pulsazione temporale e spaziale. Vettore d'onda. Densità di energia nella propagazione per onde. Intensità di un'onda. Velocità di fase. Mezzi dispersivi e velocità di gruppo. Effetto Doppler.

Onde elettromagnetiche. Potenziale scalare e vettore e loro equazioni di propagazione. Potenziali ritardati. Densità di energia di quantità di moto di un'onda elettromagnetica. Vettore e teorema di Poynting. Campo elettromagnetico generato da una carica accelerata e da un dipolo oscillante. Esperimento di Hertz. Spettro delle onde elettromagnetiche.

Propagazione delle onde elettromagnetiche nella materia. Assorbimento, diffusione e dispersione. Effetto fotoelettrico e concetto di fotone. Riflessione e rifrazione. Angolo di Brewster. Propagazione in un conduttore.

Fenomeni ottici e loro descrizione. Concetto di coerenza. Interferenza di onde prodotte da due sorgenti. Onde stazionarie. Interferenza da N sorgenti. Interferenza per riflessione o trasmissione da una lamina sottile. Diffrazione di Fraunhofer da una fenditura rettangolare e circolare. Principio di Huygens. Diffrazione da due fenditure uguali. Reticolo di diffrazione. Dispersione e potere risolvete di un reticolo. Ottica geometrica. Il prisma e sue proprietà. Spettroscopio a prisma. Specchio sferico. Rifrazione su una superficie sferica. Lenti sottili. Formazione dell'immagine. Ingrandimento. Telescopio. Microscopio.

Modalità d'esame

Prima di ogni appello d'esami si svolgerà una prova scritta. Con tale prova il candidato potrà acquisire elementi per valutare la propria preparazione e decidere di conseguenza l'opportunità di presentarsi subito all'appello d'esame o di ripresentarsi ad un appello successivo.

Libri consigliati

(in ordine alfabetico)

M. Alonso, E.J. Finn: Elementi di Fisica per l'Università, vol. II, Masson Italiana editori, Milano, [solo per l'Ottica].

E. Amaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella: Fisica Generale, Zanichelli, Bologna.

R. Blum, E. Roller: Fisica, vol. II, Zanichelli, Bologna.

S. Bobbio, E. Gatti: Elementi di Elettromagnetismo, Boringhieri, Torino.

P. Caldirola, M. Fontanesi, E. Sindoni: Elettromagnetismo parte I e II, Masson, Milano.

D. Sette: Lezioni di Fisica, vol. III [Elettromagnetismo] e Quaderni di Fisica, vol. II [Ottica], Eredi

V. Veschi, Roma

C. Mencuccini, V. Silvestrini: Fisica II Elettromagnetismo Ottica, Liguori, Napoli.

Eserciziari

M. Musolino, M. Nisoli, A. Pifferi, C. Sozzi, S. Taccheo: Esercizi di Fisica 2, Ed. CUSL.

M. Nigro, C. Voci: Problemi di Fisica Generale (elettromagnetismo e ottica) Cortina, Padova.

S. Focardi: Problemi di Fisica Generale. Eletticità, Magnetismo, Ottica, Casa Editrice

Ambrosiana, Milano

FISICA III

Prof. Lucio BRAICOVICH

AT0004

Programma d'esame

1. Questioni generali di ottica.

La natura elettromagnetica della luce. Aspetti ondulatori della radiazione elettromagnetica. La diffrazione e il principio di Huyghens. La rifrazione. La dispersione. L'interferenza. Aspetti della radiazione elettromagnetica. Effetto fotoelettrico. Effetto Compton.

2. La crisi della meccanica classica e i fondamenti della meccanica quantistica.

Il principio di Heisenberg e la sua base sperimentale. L'evidenza sperimentale del principio di sovrapposizione degli stati, del concetto di funzione d'onda, e dell'interpretazione statistica della

funzione d'onda. L'equazione per gli autostati dell'energia. L'evoluzione temporale di un sistema. Problemi a simmetria centrale: sistemi idrogenoidi. Problemi monodimensionali: buca rettangolare di potenziale, scalino di potenziale, oscillatore armonico, elettrone in potenziale periodico. L'identità delle particelle in meccanica quantistica: simmetria, antisimmetria, introduzione fenomenologica dello spin e principio di esclusione.

3. **Struttura della materia.**

Lo studio della struttura della materia nell'ambito dello schema a particella indipendente e le applicazioni elementari a:

3.1 Struttura atomica. Atomi a molti elettroni e sistema periodico degli elementi.

3.2 Struttura molecolare. La molecola di idrogeno e cenni a molecole più complesse. Nell'ambito del corso di Fisica 3, aperto agli allievi elettronici e nucleari, viene tenuta una serie di seminari avanzati espressamente dedicati agli allievi nucleari. Lo scopo è di fornire alcuni elementi di meccanica quantistica avanzata illustrandoli con alcune applicazioni alla fisica della materia condensata. In questo ambito viene posta particolare attenzione allo studio della teoria delle rappresentazioni e dei modi approssimati per la risoluzione dei problemi di meccanica quantistica.

Esercitazioni

Per gli allievi nucleari, nell'ambito delle esercitazioni e, nel limite del possibile, delle lezioni, viene approfondito l'uso dei metodi esposti nei punti 2 - 3.1 e 3.2 onde coordinare meglio il lavoro con quello degli altri corsi dell'indirizzo di laurea; a tal fine viene trattato almeno un problema monografico inerente la struttura della materia.

Libri consigliati

Allievi corso di laurea in Ingegneria Elettronica:

- Alonso/Finn: Fundamental University Physics, vol. III, Addison Wesley Publ. Co.

Allievi corso di laurea in Ingegneria Nucleare:

- Gasiorowitz: Quantum Physics, John Wiley.

FISICA MATEMATICA

Prof.ssa Elisa BRINIS UDESCHINI

AP0025

Programma d'esame

Premesse matematiche.

Spazi vettoriali e spazi euclidei. Algebra tensoriale. Analisi tensoriale in varietà riemanniane ed euclidee. Derivazione covariante, connessione riemanniana e trasporto parallelo. Tensore di curvatura. Operatori differenziali. Densità scalari e integrazione. Cenni a varietà più generali.

Richiami sul calcolo delle variazioni e sul principio variazionale di Hamilton.

Relatività ristretta.

Principio di relatività galileiana. Postulati fondamentali della relatività ristretta. Lo spazio-tempo di Einstein-Minkowsky. Trasformazioni di Lorentz (generali e speciali) e conseguenze. Meccanica relativistica del punto materiale. Energia relativistica. Principi di conservazione. Sistemi continui. Tensore energia-quantità di moto.

Campo elettromagnetico nello spazio-tempo.

Tetrapotenziale e tetracorrente. Tensore campo. Invarianza di gauge. Invarianti. Equazioni di campo. Tensore energetico. Equazione di d'Alembert e onde elettromagnetiche. Varietà caratteristiche e propagazione ondosa. Azione elettromagnetica e deduzione variazionale delle equazioni di campo.

Introduzione alla teoria generale dei campi.

Formulazione lagrangiana e hamiltoniana di una teoria. Principio di Hamilton generalizzato. Deduzione variazionale di equazioni di campo e di identità. Legame fra proprietà di invarianza e leggi di conservazione. Applicazioni a campi scalari e vettoriali nello spazio-tempo. Cenni a campi spinoriali.

Relatività generale.

Principio di relatività generale. Principio di equivalenza. Campo gravitazionale e campo apparente. Spazio-tempo della relatività generale. Azione Einsteiniana ed equazioni gravitazionali. Problema esterno e problema interno. Soluzioni approssimate e rigorose. Soluzione di Schwarzschild e

conseguenze. Effetti relativistici e verifiche sperimentali. Buchi neri. Moto di una particella di prova. Identità e leggi di conservazione. Problema cosmologico. Campo elettromagnetico e campo gravitazionale. Onde gravitazionali. Cenni a teorie più generali.

Libri consigliati

V. Ugarov: Teoria della relatività ristretta (Trad. Ital.) Edizioni M.I.R. Mosca (1982).
 A.O. Barut: Electrodynamics and Classical Theory of Fields and Particles. The MacMillan Company - New York (1964).
 J. Adler, M. Bazin, M. Schiffer: Introduction to General Relativity. McGraw-Hill Book Company - New York (1975).
 B. Finzi, M. Pastori: Calcolo tensoriale e applicazioni. Zanichelli - Bologna (1961).

FISICA NUCLEARE
Prof. Mario TERRANI

AV0010

Programma d'esame

Basi della Fisica Quantistica.

Spettro del corpo nero, effetto fotoelettrico, effetto Compton, Spettri atomici, ipotesi di De Broglie, principio di indeterminazione di Heisenberg.

Elementi di Meccanica Quantistica.

Postulati generali, funzione d'onda e densità di probabilità, equazione di Shroedinger. Applicazioni: gradino e barriera di potenziale, buca di potenziale, particella in campo di forze centrali, stati del momento angolare.

Struttura Microscopica della Materia.

Modello di Rutherford, costituenti ultimi della materia.
 Atomo di idrogeno, atomi a più elettroni, modello vettoriale, Raggi X.
 Molecola ione idrogeno, moti rotazionali e vibrazionali.
 Struttura del nucleo: raggio, carica, massa ed energia di legame.

Forze nucleari: deutone, interazione neutrone-protone.

Processi Nucleari. Decadimento radioattivo: decadimento α , β ; diseccitazione. Reazioni nucleari. Fissione e Fusione.

Esercitazioni

Sono previste esercitazioni numeriche in aula ed alcune esperienze di Laboratorio.

Libri consigliati

M. Alonso, E.J. Finn: Fundamental University Physics, Vol. III, Addison Wesley Publ.Co., 1969
 K.S. Krane: Introductory Nuclear Physics, J. Wiley & Sons Inc., 1987

FISICA NUCLEARE (1/2 annualità, 2)
Prof. Pierfrancesco BORTIGNON

AV0110

Programma d'esame

Proprietà della forza nucleare.

Modelli nucleari microscopici.

Modello statistico del nucleo atomico - Il nucleo composto e il concetto di temperatura nucleare - La struttura nucleare a temperatura finita.

Teorie del trasporto per il nucleo atomico.

Reazioni nucleari ad energie ultrarelativistiche - L'equazione di stato della materia nucleare.

L'interazione forte e la struttura del nucleone.

L'interazione debole e la fisica dei neutrini.

La nucleosintesi.

Esercitazioni

Il corso prevede esercitazioni numeriche in aula e seminari.

Libri consigliati

- 1) K.S. Krane: *Introductory Nuclear Physics*, J. Wiley & Sons Inc., 1987.
- 2) W.N. Cottingham & D.A. Greenwood: *An Introduction to Nuclear Physics*, Cambridge Un. Press, 1986.
- 3) P.J. Siemens & A.S. Jensen: *Elements of Nuclei. Many-Body Physics with the Strong Interaction*, Addison-Wesley, 1987.
- 4) E. Segrè: *Nuclei e Particelle*, Zanichelli, 1982.
- 5) G. Morpurgo: *Introduzione alla Fisica delle Particelle Elementari*, Zanichelli, 1987.
- 6) N.G. Van Kampen: *Stochastic Processes in Physics and Chemistry*, North Holland, 1981.

FISICA TECNICA**AK0003**

(per gli allievi di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio)

Prof. Cesare Maria JOPPOLO*Programma d'esame***A) TERMODINAMICA.**

- 1) **Definizioni e postulati.** Definizione di sistema termodinamico. Vincoli e pareti. Grandezze di stato. Energia interna. Scambi energetici. Scambi energetici e primo principio della termodinamica. Postulati entropici. Relazione fondamentale entropica ed energetica. Grandezze intensive. Relazioni formali, relazione di Eulero e di Gibbs-Duhem. Potenziali termodinamici. Relazioni di Maxwell. Utilizzo degli Jacobiani.
- 2) **Condizioni di equilibrio.** La ricerca delle condizioni di equilibrio: i principi estremanti per l'entropia e l'energia interna. Equilibrio termico, meccanico e rispetto al trasporto di materia.
- 3) **Trasformazioni.** Trasformazioni quasi statiche. Trasformazioni reversibili ed irreversibili. Depositi e sorgenti di calore e di lavoro.
- 4) **Bilanci di massa e di energia.** Sistemi chiusi al trasporto di materia: la massa di controllo. Sistemi aperti al trasporto di materie: il volume di controllo. Bilanci di massa e di energia in un volume di controllo. Applicazione a macchine e componenti (turbine, compressori, organi di laminazione, miscelatori, ugelli, diffusori, scambiatori di calore).
- 5) **Bilanci entropici.** Diseguaglianze di Clausius. Generazione di entropia. Bilanci entropici per sistemi chiusi. Macchine termodinamiche per produzione di lavoro. Macchine frigorifere e pompe di calore. Parametri di prestazione per le macchine termodinamiche. Limitazioni alle prestazioni delle macchine termodinamiche. Criteri di valutazione delle prestazioni. Bilanci entropici in un volume di controllo. Applicazione a macchine e componenti.
- 6) **Proprietà delle sostanze.** Stabilità intrinseca di sistemi monocomponente. Caratteristiche generali degli stati monofase, bifase e trifase. Calori specifici ed altri coefficienti di particolare importanza. Gas ideali e trasformazioni politropiche. Gas reali, liquidi e solidi semplici. Coefficienti di Joule-Thomson. Regola delle fasi. Transizioni di fase del primo ordine. Stato critico. Stati tripli. Rappresentazioni grafiche delle proprietà di sistemi monocomponente: superficie fondamentale, superficie di stato, diagrammi (P,T), (P,v), (T,s), (h,s), (P,h). Tabelle ed equazioni. Miscele ideali di gas ideali.
- 7) **Cicli di lavoro delle macchine termodinamiche.** Cicli a vapore. Ciclo Rankine (ideale) per produzione di potenza meccanica. Surriscaldamento del vapore. Rigenerazione e spillamenti. Analisi delle prestazioni. Cicli a gas e motori a combustione interna. Ciclo Joule, ciclo Otto, ciclo Diesel: analisi delle prestazioni. Cicli frigoriferi a compressione di vapore.
- 8) **Psicrometria e cenni di climatizzazione ambientale.** Miscele di gas e vapori. L'aria umida: grandezze caratteristiche del miscuglio e diagramma entalpico. Trasformazioni isobare: riscaldamento, raffreddamento, miscelazione, umidificazione e deumidificazione. Diagramma psicrometrico. Trattamenti dell'aria nella climatizzazione ambientale. Scambi energetici e benessere termoigrometrico delle persone. Benessere e qualità dell'aria negli edifici.

B) TRASMISSIONE DEL CALORE.

- 1) **Generalità.** Equazioni di bilancio. Equazioni fenomenologiche. Analisi dimensionali. Meccanismi di scambio termico. Proprietà termofisiche.

- 2) **Conduzione nei solidi e nei fluidi in quiete.** Equazione di Fourier. Risoluzione dell'equazione di Fourier in alcuni casi di regime stazionario e di regime variabile. Gruppi adimensionali. Alettature.
 - 3) **Convezione.** Nozioni fondamentali di fluidodinamica. Convezione naturale, forzata, mista. Coefficienti di scambio convettivo. Gruppi adimensionali caratteristici. Correlazione ricavate per via sperimentale.
 - 4) **Irraggiamento.** Emissione, propagazione ed assorbimento di energia radiante. Leggi di Kirchhoff, Plank, Stephan-Boltzmann, Wienn. Scambio termico per irraggiamento sia tra corpi neri che tra corpi grigi. Irraggiamento solare.
 - 5) **Scambiatori di calore.** Classificazione. Equazioni di bilancio energetico. Relazioni di progetto: metodo della differenza media logaritmica di temperatura e metodo del numero di unità di trasporto (NUT). Efficienza degli scambiatori.
- C) ACUSTICA APPLICATA.**
1. **Introduzione alle problematiche di acustica applicata.** Acustica atmosferica. Acustica psicofisica. Grandezze acustiche e apparecchi di misura. Inquinamento da rumore.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità d'esame

L'esame è costituito da una prova orale preceduta da una prova scritta.

Libri consigliati

Callen: Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics, 2nd Edition, John Wiley, 1985.
 Moran, Shapiro: Fundamentals of Engineering Thermodynamics, John Wiley, 1988.
 Pedrocchi, Silvestri: Introduzione alla Termodinamica Tecnica, 6^a Edizione. CittàStudi, 1991.
 Bianchi, Sturlese: Esercizi di Termodinamica, CittàStudi, 1991.
 Incropera, De Witt: Fundamentals of Heat Transfer, John Wiley, 1988.
 Guglielmini, Pisoni: Elementi di Trasmissione del Calore, Editoriale Veschi, 1990.
 Pedrocchi, Silvestri: Introduzione ai Fenomeni di Trasporto, CittàStudi, 1992.
 Appunti del corso.

FISICA TECNICA**AK0003**

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica)

Prof.ssa Maria Nives BATTISTON*Programma d'esame***A) TERMODINAMICA.****A.1** - Generalità e definizioni.**A.2** - Primo principio della termodinamica.**A.2.1** - Formulazione**A.2.2** - Energia interna**A.2.3** - Alcune trasformazioni particolari - Politropiche**A.2.4** - Sistemi con deflusso**A.3** - Secondo principio della termodinamica.**A.3.1** - Formulazione assiomatica**A.3.2** - Entropia e calcoli di entropia**A.3.3** - Formulazione di Clausius**A.3.4** - Rendimento massimo di una macchina motrice**A.3.5** - Potenziali termodinamici e ciclo di Carnot- Relazioni di Maxwell**A.4** - **Calcoli di entropia ed entalpia per le sostanze pure** - Diagrammi termodinamici**A.5** - **Gas perfetti e gas reali** - Equazioni di stato - Calori specifici - Coefficiente di Joule Thomson - Fattore di comprimibilità, di dilatazione cubica e altre derivate seconde delle grandezze fondamentali**A.6** - **Vapori.**

- A.6.1** - Liquidi e vapori saturi, calcoli di volume specifico, entropia, entalpia, energia interna - Equazione di Clausius- Clapeyron
- A.6.2** - Vapori surriscaldati e grandezze termodinamiche relative
- A.6.3** - Diagrammi di stato per i vapori - Diagrammi entropico e di Mollier
- A.7** - **Sistemi aperti** - Equazioni di continuità
- A.7.1** - Primo e secondo principio della termodinamica applicata ai sistemi aperti
- A.8** - **Aria umida.**
- A.8.1** - Proprietà termodinamiche dell'aria umida - Relazioni per il calcolo di alcune proprietà
- A.8.2** - Diagrammi psicrometrici - Trasformazioni elementari dell'aria umida - Misure dell'umidità
- A.9** - **Elementi di cicli termici** - Motori e operatori
- A.9.1** - Ciclo Rankine e turbine a vapore - Ciclo Joule e turbine a gas - Ciclo Otto e motore a scoppio - Ciclo Diesel - Cicli frigoriferi e pompe di calore - Compressori, Cicli dei motori a reazione.
- B) TRASMISSIONE DEL CALORE.**
- B.1** - **Generalità** - Trasmissione del calore e termodinamica
- B.1.2** - Leggi fondamentali dello scambio termico
- B.2** - **Conduzione monodimensionale in regime permanente.**
- B.2.1** - Pareti geometricamente semplici, pareti composte, sistemi con generazione di calore
- B.2.2** - Scambio termico con superfici estese - Alettature
- B.3** - **Conduzione bidimensionale in regime permanente** - Cenni sui metodi di analisi e metodi numerici
- B.4** - **Conduzione in regime non permanente.**
- B.4.1** - Soluzione dell'equazione di Fourier in casi semplici
- B.4.2** - Metodi numerici
- B.4.3** - Sistemi a resistenza termica interna trascurabile
- B.5** - **Trasmissione del calore per irraggiamento** - Leggi fondamentali dell'emissione e dello scambio - Irraggiamento solare
- B.6** - **Fondamenti di convezione** - Concetti fondamentali di strato limite - Analisi dimensionale.
- B.6.1** - Convezione naturale
- B.6.2** - Convezione forzata
- B.7** - **Scambiatori di calore** - Progetto e scelta - Differenza media di temperatura, efficienza, coefficiente di scambio termico.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nell'impostazione e soluzione numerica di problemi riguardanti il programma del corso.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale - Lo studente deve dimostrare la conoscenza della materia, e la capacità di risolvere dei problemi. È indispensabile il corretto impiego di diagrammi e tabelle, che vengono indicati durante il corso.

Libri consigliati

F. Kreith: Principi di Trasmissione del calore, Liguori Editore.

M.N. Battiston: Esercizi di Fisica Tecnica, CLUP - Milano.

V.A. Kirillin, V.V. Sycev, A.E. Sejnclin: Termodinamica Tecnica Editori Riuniti, Edizioni Mir.

o in alternativa:

I.T. Suets, V.I. Talubinski e altri: Termotecnica, ed. MIR, Mosca.

D.H. Bacon - Basic: Termodinamica, CittàStudi.

FISICA TECNICA

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica dei Materiali e Nucleare)

Prof. Ernesto PEDROCCHI

AK0003

Programma d'esame

A) TERMODINAMICA.

- 1) **Unità di misura:** Definizione di un sistema di unità di misura - Principali sistemi di unità di misura - Principali grandezze usate nella Fisica Tecnica con relative unità di misura.
 - 2) **Sistemi termodinamici:** Sistemi termodinamici e grandezze caratteristiche estensive ed intensive, contorno di un sistema e sue proprietà - Equilibrio.
 - 3) **I principi della termodinamica:** Energia interna e sua misurabilità, lavoro meccanico, calore, formulazione classica e postulativa della termodinamica - Formulazione del I° principio della termodinamica - Il problema base della termodinamica - L'entropia e le sue proprietà generali (II° principio) - Relazione fondamentale - Equazioni di stato.
 - 4) **Condizioni di equilibrio:** Trasformazioni quasi statiche - Equazione di Eulero e relazioni di Gibbs-Duhem - Problema generale dell'equilibrio di un sistema - Equilibrio termico - Accordo con il concetto intuitivo di temperatura - Scale di temperatura - Equilibrio termomeccanico - Equilibrio termico e rispetto al flusso di massa - Il principio di minima energia - Calori specifici e coefficienti elastici - Depositi e serbatoi di lavoro e calore.
 - 5) **Processi e macchine termodinamiche:** Processi termodinamici di trasformazione di calore in lavoro (processo diretto) - Bilanci energetici ed entropici - Misurabilità della temperatura - Concetto di energia non disponibile e di lavoro dissipato - Frigoferi e pompe di calore (processo inverso) - La macchina trasformatrice - Analisi entropica di processi ciclici - Rigenerazione.
 - 6) **I potenziali termodinamici:** I potenziali termodinamici - I principi della termodinamica nel quadro dei potenziali - L'energia libera di Helmholtz - L'entalpia - Il potenziale di Gibbs.
 - 7) **Proprietà dei gas:** Gas ideale monocomponente - Proprietà del gas ideale monocomponente - Calori specifici dei gas ideali - Gas reale monocomponente - Il gas ideale multicomponente (miscela di gas ideali).
 - 8) **Proprietà dei liquidi e dei solidi semplici:** Proprietà generali.
 - 9) **Trasformazioni per i sistemi semplici chiusi:** Trasformazioni termodinamiche per i sistemi semplici - Le grandezze termodinamiche - Trasformazione adiabatica isoentropica, isoterma, isoenergetica, isoentalpica (Effetto Joule-Thomson) - Trasformazioni politropiche per gas ideali.
 - 10) **Formulazione generale del bilancio di una grandezza estensiva:** Generalità - Bilancio della massa - Bilancio energetico - Bilancio entropico - Moto dei fluidi nei condotti e termine di degradazione energetica (perdite di carico).
 - 11) **Cicli termodinamici a gas:** Cicli Otto, Diesel, Stirling, Joule, rigenerazione per recupero.
 - 12) **Stabilità dell'equilibrio dei sistemi termodinamici:** Stabilità intrinseca di un sistema monocomponente - Stabilità mutua di un sistema composto da più sottosistemi semplici monocomponenti.
 - 13) **Transizione di fase:** Sistemi omogenei ed eterogenei - Fasi - Regola delle fasi - Transizione di fase del primo ordine in sistemi monocomponenti - Equazioni di Clapeyron-Clausius - Il punto triplo - Il punto critico - Diagrammi di stato delle sostanze pure - Superficie di stato $P-v-T$; piano $P-T$ e piano $P-v$ diagramma $T-s$, $h-s$ (o di Mollier) - Formule approssimate.
 - 14) **Cicli termodinamici con cambiamenti di fase:** Generalità sui cicli a vapore - Ciclo di Rankine a vapore d'acqua, calcolo delle sue caratteristiche energetiche - Rigenerazione per spillamenti - Cicli frigoriferi - Calcolo dei parametri energetici del ciclo frigorifero a compressione.
 - 15) **Exergia:** Entalpia utilizzabile - Ambiente di riferimento e stato morto - Exergia - Rappresentazione grafica - Rendimenti exergetici - Diagrammi di flusso exergetico - Fabbisogni energetici (fonti ed utilizzi).
 - 16) **Miscela di gas e vapori:** Miscela di gas e vapori - L'aria umida - Grandezze caratteristiche e stati di equilibrio dell'aria umida - Il diagramma di Mollier per l'aria umida - Le trasformazioni isobare dell'aria umida - Cenni di condizionamento.
- B) TRASMISSIONE DEL CALORE .**
- 1) **Generalità sui fenomeni di trasporto:** Introduzione - Relazioni di bilancio - I meccanismi del trasporto - Trasporto molecolare di massa - Trasporto molecolare di calore - Trasporto molecolare di quantità di moto - Formulazione generale delle relazioni di trasporto - Trasporto turbolento di massa, calore e quantità di moto - L'analisi dimensionale.
 - 2) **Conduzione di calore:** Relazione di bilancio energetico, equazione di Fourier - Condizioni ai limiti - Piastra piana e parete cilindrica in regime stazionario - Barra con generazione di calore - Problemi di conduzione - Equazione di Fourier in forma adimensionale, numeri di Fourier e di Biot - Regime non stazionario.
 - 3) **Moto di fluidi in condotti:** Generalità - Bilancio globale di massa - Bilancio globale della quantità di moto - Espressione del termine di degradazione energetica - Legame fra termine di

degradazione e sforzo tangenziale - Profili di velocità - Effetto camino (cenni) - Moto fluidi polifasi.

- 4) **Trasferimento di calore nei fluidi monofase per convezione:** Coefficiente di trasmissione di calore per convezione - Scambio termico fra due fluidi separati da una parete - Modalità nella trasmissione di calore per convezione - Convezione forzata - Convezione naturale - Validità e approssimazione delle correlazioni dei dati sperimentali - Profilo termico in regime stazionario di una barretta scaldata ad un estremo - Le alettature - La trasmissione del calore convettiva con i metalli liquidi
- 5) **Trasmissione di calore per irraggiamento:** Generalità - Emissione - Assorbimento - La legge di Kirchhoff - Emissione del corpo nero - Proprietà radiative dei corpi - Calore scambiato per irraggiamento fra corpi neri e corpi grigi - Schermi antiradianti - Irraggiamento solare (superfici selettive).
- 6) **Scambiatori di calore:** Generalità - Classificazione - Disposizione delle correnti fluide negli scambiatori a contatto indiretto (a superficie) - Coefficiente globale di scambio termico - Bilancio energetico in condizioni stazionarie per scambiatori di calore a contatto indiretto - Disposizione delle correnti fluide e sua influenza sui profili di temperatura - Scambiatori a correnti parallele: determinazione analitica dei profili di temperatura e della potenza termica scambiata - Efficienza degli scambiatori a correnti parallele - Metodi semplificati di valutazione delle prestazioni termiche di scambiatori - Esempi di calcolo.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità d'esame

L'esame è orale su due argomenti: uno di Termodinamica, uno di Trasmissione del calore.

Libri consigliati

E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione alla Termodinamica Tecnica, CLUP, Milano.
E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione alla Trasmissione del Calore, CLUP, Milano.

Libri consigliati per approfondimenti

F.F. Huang: Engineering Thermodynamics, Mac Millan P. Co. Inc.
F. Kreith: Principi di Trasmissione del Calore, Liguori Editore.
G. Guglielmini, C. Pisoni: Elementi di Trasmissione del Calore, Ed. Veschi.

Eserciziari

C. Bianchi, F. Sturlese: Esercitazione di Termodinamica, CLUP, Milano.
E. Pedrocchi: Esercizi di Trasmissione del calore, CUSL, Milano.
G. Guglielmini, E. Nannei, C. Pisoni : Problemi di Termodinamica Tecnica e Trasmissione del Calore, Ed. ECIG.
E. Bettanini, F. De Ponte: Problemi di Trasmissione del Calore, Patron, Padova.

FISICA TECNICA

AK0003

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Prof. Adriano MUZZIO, Giorgio SOTGIA

Programma d'esame

A. TERMODINAMICA

1. **Introduzione alla termodinamica:** Natura della termodinamica. Definizione di sistema termodinamico. Vincoli e pareti. Concetto di equilibrio termodinamico. Lavoro meccanico, lavoro chimico, calore, energia interna. Primo principio della termodinamica. Postulati entropici. Equazione fondamentale in forma entropica ed in forma energetica. Parametri intensivi. Principio di minima energia. Ricerca delle condizioni di equilibrio. Relazioni formali. Stabilità intrinseca dei sistemi monocomponenti.
2. **Formulazione alternative dell'equazione fondamentale e relazioni tra le sue derivate:** Trasfor-

- mate di Legendre. Potenziali termodinamici: potenziale di Helmholtz, entalpia, potenziale di Gibbs. Proprietà e principi estremanti. Relazioni di Maxwell. Uso degli Jacobiani. Applicazioni.
3. **Transizioni di fase:** Sistemi omogenei ed eterogenei. Fasi. Regola delle fasi. Transizioni di fase del primo ordine in sistemi monocomponenti. Equazione di Clapeyron-Clausius. Punto triplo. Punto critico. Diagrammi di stato delle sostanze pure. Transizioni di fase di ordine superiore.
 4. **Processi e macchine termodinamiche:** Processi quasi statici. Processi reversibili ed irreversibili. Depositi e sorgenti di lavoro e di calore. Macchine termodinamiche. Processi ciclici e loro proprietà. Frigoriferi e pompe di calore. Effetti delle irreversibilità nei processi di conversione.
 5. **Proprietà delle sostanze:** Generalità. Coefficienti di particolare importanza. Proprietà dei gas ideali. Gas ideale multicomponente. Trasformazioni politropiche per i gas ideali. Proprietà dei gas reali. Equazioni di stato. Proprietà dei liquidi e dei solidi semplici.
 6. **Termodinamica tecnica:** Bilanci globali delle grandezze estensive nei sistemi fluenti. Principi di conservazione della massa e dell'energia. Bilancio dell'entropia. Rendimenti delle macchine. Analisi monodimensionale dell'efflusso in regime stazionario di fluidi comprimibili. Numero di Mach. Cicli termodinamici e il concetto di ingenerazione. Cicli termodinamici a gas, cicli termodinamici con cambiamento di fase, cicli frigoriferi. Analisi entropica. Aria umida. Grandezze caratteristiche e stati di equilibrio. Diagramma psicrometrico. Principali processi e trattamenti dell'aria umida. Cenni di condizionamento.
- B. TRASMISSIONE DEL CALORE**
1. **Generalità:** Equazioni di bilancio. Equazioni fenomenologiche. Analisi dimensionale. Meccanismi di scambio termico. Proprietà termofisiche.
 2. **Conduzione:** Equazione di Fourier. Adimensionalizzazione dell'equazione di Fourier e delle condizioni al contorno: numeri di Fourier e di Biot. Risoluzione dell'equazione di Fourier in alcuni casi di regime stazionario e di regime variabile. Conduzione con conducibilità termica variabile.
 3. **Convezione:** Nozioni fondamentali di fluidodinamica. Convezione. Coefficiente di scambio termico convettivo. Convezione naturale, forzata e mista. Gruppi adimensionali caratteristici della convezione. Cenni alla trasmissione di calore in cambiamento di fase.
 4. **Trasmissione di calore per irraggiamento:** Emissione, propagazione ed assorbimento di energia raggiante. Leggi di Kirchhoff, Plank, Stefan-Boltzmann e Wien. Scambio termico tra radiatori diffusi. Flusso di energia raggiante in mezzi assorbenti. Irraggiamento solare.
 5. **Scambiatori di calore:** Tipologia. Bilancio energetico globale e locale. Relazioni di progetto. Efficienza. Considerazioni progettuali. Metodi di valutazione delle prestazioni.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

- G. Muzzio, G. Sotgia: Lezioni di Fisica Tecnica, Spiegel, Milano.
- E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione alla termodinamica tecnica, CLUP, Milano.
- E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione alla trasmissione del calore, CLUP, Milano.

Libri consigliati per approfondimenti

- W. Zemansky: Calore e Termodinamica, Zanichelli.
- H.B. Callen: Termodinamica, Tamburini.
- F.F. Huang: Engineering Thermodynamics, Mac Millan P. Co. Inc.
- F. Kreith: Principi di trasmissione del calore, Liguori Editore.
- G. Guglielmini, C. Pisoni: Elementi di Trasmissione del calore, Ed. Veschi.

Eserciziari

- C. Bianchi, F. Sturlese: Esercitazione di Termodinamica, CLUP, Milano.
- G. Guglielmini, E. Nannei, C. Pisoni: Problemi di Termodinamica Tecnica e Trasmissione del Calore, Ed. ECIG.
- E. Bettanini, F. De Ponte: Problemi di Trasmissione del Calore, Patron, Padova.

FISICA TECNICA

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica)

Prof. Ugo BIELLI**AK0003***Programma d'esame***Parte Prima: TERMODINAMICA.****1) Definizioni, postulati e relazioni di base.**

I sistemi termodinamici e le grandezze macroscopiche che li caratterizzano. Il postulato sull'energia interna. Contorni e pareti, sistemi semplici e composti. Gli stati di equilibrio. L'equazione fondamentale e il postulato della massima entropia. Temperatura, pressione, potenziale chimico. I flussi energetici quasi statici: calore, lavoro meccanico, lavoro chimico. Le relazioni di Eulero e di Gibbs-Duhem. Il raggiungimento dell'equilibrio nei sistemi composti e le condizioni di equilibrio. I calori specifici e i coefficienti di comprimibilità e di dilatazione. I potenziali termodinamici.

2) La termodinamica degli stati di equilibrio.

Le forme quadratiche e le loro proprietà. L'individuazione dei possibili stati di equilibrio dei sistemi monocomponenti: A) gli stati omogenei, le grandezze che li caratterizzano e le loro proprietà; i casi particolari: i gas ideali (equazioni di stato, calori specifici, trasformazioni politropiche, ecc.), i gas reali (cenno alle principali equazioni di stato), gli stati condensati ideali. B) gli stati bifasi: l'equazione di Clausius-Clapeyron, le transizioni di fase, ecc.. C) gli stati tripli - Estensione ai sistemi pluricomponenti: la regola delle fasi di Gibbs. Il cambiamento di variabili in termodinamica. Il caso generale e il caso particolare degli stati omogenei: gli jacobiani e l'espressione delle derivate termodinamiche in funzione di T e P. Le forme alternative dell'equazione fondamentale e le relazioni di Maxwell. I diagrammi di stato: il diagramma spaziale P-v-T e le sue proiezioni sui piani coordinati; le formule approssimate (per l'acqua); i diagrammi T-s, ln P-h, e di Mollier.

3) La termodinamica dei processi.

Processi reversibili e irreversibili. Trasformazioni non quasi statiche. Le sorgenti termodinamiche e i flussi energetici non quasi statici. Il 1° principio. I processi ciclici e il 2° principio negli enunciati di Kelvin e di Clausius. Le macchine termodinamiche motrici e i frigoriferi. I concetti di rendimento e di efficacia. Il nodo centrale delle macchine e i modi in cui si realizza: trasformazione ciclica del fluido che lo percorre. L'equazione dell'energia per il moto dei fluidi nei condotti e i casi particolari che interessano le macchine termodinamiche. Il ciclo di Carnot e le sue peculiarità. Le macchine motrici a cilindro e stantuffo, i cicli Otto e Diesel, la loro realizzazione pratica e note tecniche relative. Le macchine motrici a flusso continuo, i cicli Joule e Rankine e i loro impieghi nella tecnica (impianti termoelettrici, ecc.). Le macchine frigorifere e le pompe di calore. La rigenerazione e il suo impiego nelle macchine. Speciali processi di interesse tecnologico (liquefazione dei gas, frigoriferi ad assorbimento, ecc.)

4) Particolari sistemi termodinamici e processi che li interessano.

- a) Miscele di gas ideali. I teoremi di Gibbs, le equazioni di stato, le pressioni parziali e la legge di Dalton, le trasformazioni, le miscele di gas ideali e l'entropia di miscelazione.
- b) Miscele di gas e vapori. L'aria umida e le principali grandezze che la caratterizzano, il diagramma di Mollier, le trasformazioni isobare, il condizionamento dell'aria.

Parte seconda: FENOMENI DI TRASPORTO.**1) I meccanismi elementari di trasporto.**

Trasporto molecolare e turbolento di massa, di calore e di quantità di moto. Relazioni fondamentali di bilancio. La teoria della similitudine e l'analisi dimensionale.

2) La conduzione.

L'equazione di Fourier nei vari sistemi di coordinate e la sua risoluzione in alcuni casi pratici sia a regime permanente che a regime variabile. Problemi di conduzione.

3) Il moto dei fluidi nei condotti.

Le equazioni di continuità, della quantità di moto e dell'energia. Il termine di degradazione energetica e il suo legame con gli sforzi tangenziali e le perdite di carico. I profili di velocità. Le macchine a fluido: ruote idrauliche e turbine; pompe e compressori. Strumenti di misura: tubo di Venturi, tubo di Pitot.

4) La convezione.

Il coefficiente liminare nella convezione naturale e forzata. Le correlazioni fra numeri

adimensionali. Lo scambio termico tra due fluidi separati da una parete. Il coefficiente convettivo dei gas e dei liquidi poco viscosi e di bassa conduttività. Le alettature.

5) **L'irraggiamento.**

Assorbimento ed emissione di energia radiante. Le leggi di Kirchhoff, Planck, Stefan-Boltzmann e Wien. Calore scambiato per irraggiamento tra corpi neri e tra corpi grigi. Gli schermi antiradianti. L'irraggiamento solare. L'assorbimento di energia radiante nei mezzi trasparenti. La trasmissione del calore, attraverso le pareti opache e trasparenti irraggiate. Problemi misti di conduzione, convezione e irraggiamento.

6) **Gli scambiatori di calore.**

Il bilancio energetico globale di uno scambiatore. Il calcolo delle superficie di scambio. Le curve di temperatura, l'efficienza degli scambiatori.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale.

Libri consigliati

Per la Parte Prima saranno disponibili delle Dispense del Docente.

Per la Parte Seconda si consiglia il testo: E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione ai fenomeni di trasporto, CLUP, Milano.

Altri testi verranno via via segnalati durante il corso.

FISICA TECNICA

AK0003

(per gli allievi di Ingegneria Civile, Edile e delle Telecomunicazioni)

Prof. Giovanni DE GIORGIO

Programma d'esame

Parte A: Termodinamica.

1. **Introduzione alla Termodinamica.** Definizione di sistema termodinamico, pareti e vincoli, sistemi semplici e composti, interazione termica e meccanica e scambio di massa con l'esterno, energia interna, parametri estensivi, specifici, intensivi.
2. **I postulati della termodinamica assiomatica.** Postulati entropici, relazione fondamentale in forma entropica ed energetica, relazioni formali, equazioni di Eulero e Gibbs-Duhem, gradi di libertà, condizioni di equilibrio e stabilità per i sistemi semplici e composti.
3. **Formulazioni alternative della relazione fondamentale e relazioni tra le sue derivate.** Trasformazioni di Legendre, potenziali termodinamici, potenziale di Helmholtz e di Gibbs, entalpia, proprietà e principi estremanti, relazione di Maxwell, tavole di Bridgeman, Jacobiani.
4. **Trasformazioni dei sistemi chiusi allo scambio di massa.** Trasformazioni quasi statiche o internamente reversibili, reversibilità ed irreversibilità, equazioni di bilancio, descrizione quantitativa delle trasformazioni di maggior interesse.
5. **Sistemi aperti.** Equazioni di conservazione, relazioni meccaniche e termiche con l'esterno, variazione di entropia del fluido e produzione di entropia complessiva, fenomeni di attrito e termine di degradazione dell'energia meccanica.
6. **Proprietà delle sostanze.** Generalità, coefficienti di particolare importanza, proprietà dei gas ideali monocomponenti, miscele di gas ideali, gas reali ed equazioni rappresentative, proprietà dei liquidi e dei solidi semplici.
7. **Transizioni di fase.** Regola delle fasi di Gibbs, transizioni del primo ordine in sistemi monocomponenti, equazione di Clausius-Clapeyron, punto triplo, punto critico, diagrammi di stato, cenni su transizioni di fase di ordine superiore.
8. **Processi di conversione di energia.** Schema rappresentativo semplificato, depositi quasi statici di calore e lavoro, processi ciclici, processi diretti (conversione di energia termica in meccanica) e inversi (frigorifero e pompe di calore), rendimenti ed efficienze, effetto delle irreversibilità, considerazioni sulla definizione e misura di temperatura.

9. Processi ciclici con sistemi a fluido. Cicli a gas, cicli con transizione di fase, produzione di energia meccanica. Raffreddamento, produzione combinata di energia meccanica e calore, analisi entropica.

10. Miscele di gas e vapori. Aria umida, grandezze caratteristiche e stati di equilibrio, diagrammi psicrometrici, principali processi dell'aria umida, condizionamento ambientale.

Parte B: Scambio Termico.

1. Generalità. Meccanismi di scambio termico, proprietà termofisiche.

2. Conduzione. Postulato di Fourier, equazione di Fourier, adimensionalizzazione dell'equazione, numeri di Biot e Fourier, risoluzione di alcuni casi di conduzione monodimensionale con conduttività termica costante in regime stazionario e variabile, cenni sui metodi numerici.

3. Cenni di meccanismi dei fluidi. Equazioni di conservazione, parametri di similitudine, concetto di strato limite, equazioni di conservazione per lo strato limite laminare, equazioni integrali, turbolenza, flussi e strati limiti turbolenti, flussi all'interno di condotti.

4. Convezione. Coefficiente di scambio termico convettivo, convezione naturale e forzata, gruppi adimensionali caratteristici, convezione esterna e convezione all'interno di condotti.

5. Irraggiamento. Generalità, leggi di Kirchhoff, Planck, Stefan-Boltzmann, Wien, proprietà termo-ottiche delle superfici e dei corpi, intensità di radiazione, fattori di forma, scambio termico radiativo tra superfici nere e grigie in mezzi non assorbenti, cenni di scambio termico in mezzi assorbenti.

6. Scambiatori di calore. Tipologia, bilanci energetici, efficienza, relazioni tra le grandezze significative e considerazioni progettuali.

7. Presenza contemporanea di differenti modalità di scambio termico. Scambio termico tra edifici ed ambiente circostante.

Libri consigliati

Si consiglia di preparare l'esame sugli appunti del docente. Per eventuali consultazioni si segnalano:

Parte A:

M. Modell, R.C. Reid: Thermodynamics and its Applications, Prentice Hall, 1983.

M.J. Moran, H.N. Shapiro: Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Wiley, 1988.

Parte B:

A.J. Chapman: Heat Transfer, McMillan, 1984.

T.A. Markus, E.N. Morris: Buildings, Climate and Energy, Pitman, 1980.

FISICA TECNICA

AK0003

(per gli allievi di Ingegneria Gestionale)

Proff. Sergio AROSIO, Grazia DASSU, MARCHESI, Salvatore MARTORANA

Programma d'esame

A) TERMODINAMICA.

- Sistema termodinamico - Contorno - Grandezze di stato - Equazioni di stato.
- Le interazioni tra sistema ed ambiente: scambi di calore, di lavoro, di massa.
- Il bilancio energetico per i sistemi chiusi e per i sistemi aperti (primo principio).
- Calori specifici e trasformazioni politropiche.
- Bilanci entropici per i sistemi chiusi e per i sistemi aperti (secondo principio): trasformazioni cicliche, rendimento termodinamico, equilibrio termodinamico, energia, temperatura termodinamica.
- Il sistema monocomponente monofase e bifase.
- I diagrammi di stato per la sostanza pura: diagramma P,T; diagramma P,v; diagramma T,s; diagramma h,s per l'acqua; diagramma P,h per l'ammoniaca.
- Le tabelle termodinamiche: le tabelle per il vapore d'acqua e per i fluidi frigoriferi.
- I cicli delle macchine a gas e a vapore: Otto, Diesel, Joule, Rankine, cicli frigoriferi.
- Le macchine aperte (turbine a gas e a vapore-compressori-pompe).
- Sviluppo del formalismo termodinamico: i potenziali termodinamici, equazioni di stato e i coefficienti termodinamici, le relazioni di Maxwell.
- La liquefazione dei gas.
- Gas perfetti e gas reali

- Efflusso di gas e vapori.
- Sistemi a due o più componenti: miscele di gas perfetti, miscele di gas e vapori (aria umida) - Cenni di condizionamento.

B) TRASMISSIONE DEL CALORE.

- Conduzione: ipotesi ed equazione di Fourier, il problema differenziale, integrazione dell'equazione di Fourier per casi monodimensionali in geometria piana e cilindrica (in regime stazionario e transitorio).
- Le superfici alettate.
- Metodi numerici e grafonumerici per la soluzione dei problemi di conduzione.
- Convezione: cenni di termofluidodinamica; legge di Newton; il metodo di Buckingham per la determinazione dei numeri adimensionali caratteristici; relazioni sperimentali e loro impiego.
- Scambiatori di calore in equicorrente e in controcorrente.
- Irraggiamento: unità di misura e simboli; le leggi di emissione del corpo nero; coefficienti di riflessione, di trasparenza e di assorbimento: i corpi lambertiani e le superfici selettive; legge di Kirchhoff; fattore di forma o di vista; scambio di calore tra corpi neri e tra corpi grigi uniformemente diffondenti. L'irraggiamento solare. I pannelli solari.

Esercitazioni

Le esercitazioni prevedono la soluzione numerica di problemi di termodinamica e di trasmissione del calore.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta che dà accesso, se sufficiente, alla prova orale. Le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello o in due appelli successivi.

La prova scritta, se consegnata, può essere sostenuta al massimo due volte nel corso della medesima sessione.

Libri consigliati

Termodinamica (Prof. G. Dassù)

G. Dassù: Appunti di Fisica Tecnica: Termodinamica, CUSL, Milano.

G. Dassù, F. Sturlese: I principi della Termodinamica, CUSL, Milano.

M.W. Zemansky: Calore e Termodinamica, Vol. I, Zanichelli, Bologna.

A. Niro, G. Dassù: Esercizi di Termodinamica CUSL, Milano.

C. Bianchi, F. Sturlese: Esercitazioni di Termodinamica, CittàStudi, Milano.

Trasmissione del calore

G. Dassù: Appunti di Fisica Tecnica: Trasmissione del Calore, CUSL, Milano.

K. Kreith: Principi di trasmissione del calore, LIGUORI, Napoli.

FISICA TECNICA

AK0003

(per gli allievi di Ingegneria Elettrotecnica, Informatica)

Prof. Giancarlo GIAMBELLI

Programma d'esame

A) Termodinamica.

- Sistema termodinamico - Contorno - Grandezze di stato - Equazioni di stato - Gas reali e gas perfetti.
- La temperatura: definizione e misure - Termometro a gas - Scale di temperatura.
- Le interazioni tra sistema e ambiente: scambi energetici e trasformazioni termodinamiche - Il primo principio della Termodinamica - Calori specifici e trasformazioni politropiche -
- La termodinamica del sistema fluente: fluidi comprimibili ed incompressibili - La funzione entalpia.
- Secondo principio: le trasformazioni cicliche, rendimento termodinamico, la funzione entropia, equilibri termodinamici e funzioni estremanti, valutazione dell'irreversibilità ed energia disponibile.
- Sviluppo del formalismo termodinamico: i potenziali termodinamici e le relazioni di Maxwell, i coefficienti termodinamici.
- Diagrammi termodinamici per le sostanze pure ($p - V$; $h - s$; $p - s$; $T - h$): diagramma di Mollier per

- il vapor d'acqua, diagramma p - h per l'ammoniaca.
- Compressori, pompe, turbine, macchine a vapore - Ciclo Rankine, Ciclo Otto e diesel - Ciclo Joule - Ciclo frigorifero - Pompe di calore - Cicli combinati - Cogenerazione.
 - Liquefazione dei gas - effetto Joule-Thompson - Miscele di gas a vapore - Aria umida - Diagrammi psicrometrici - Trattamenti dell'aria - Misure dell'umidità - Cenni di condizionamento.
 - Il problema dell'energia: uso razionale della stessa - Rendimenti di primo e secondo principio.

B) Trasmissione del calore.

- Conduzione: ipotesi e equazione di Fourier, il problema differenziale, integrazione dell'equazione di Fourier in regime transitorio e stazionario per alcuni casi semplici, metodi grafonumerici di soluzione dei problemi di conduzione.
 - Convezione: legge di Newton, metodi dimensionali, numeri adimensionali caratteristici, dati sperimentali - Scambiatori di calore.
- Irraggiamento: corpo nero, Legge di Stephan, di Kirchoff e di Wien - scambio di calore per irraggiamento tra corpi neri e non neri per alcune geometrie semplici - Fattore di forma - Irraggiamento e convezione - Irraggiamento solare - Energia solare.

Esercitazioni

Le esercitazioni prevedono l'impostazione e la soluzione numerica di problemi termodinamici e di trasmissione del calore.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale nella quale lo studente è chiamato a risolvere un problema e a dimostrare la conoscenza dei fondamenti della materia, specificati nel programma di esame. E' indispensabile il corretto impiego di diagrammi e tabelle termodinamiche e il corretto impiego delle unità di misura.

Libri consigliati

- G. Giambelli: Lezioni di Fisica Tecnica: I Termodinamica, II Trasmissione di calore, Masson Editore, Milano
- G. Giambelli, C. Magli: Fisica Tecnica, Esercizi, CLUP Milano
- G. Dassù; Appunti di Fisica Tecnica: Termodinamica - CUSL Milano
- G. Dassù, F. Sturlese: I principi della termodinamica - CUSL Milano
- G. Dassù: Appunti di Fisica Tecnica: Trasmissione del calore - CUSL Milano
- M.W. Zemansky, M.N. Abbot, H.C. Van Ness: Fondamenti di termodinamica per ingegneri, Zanichelli Bologna.
- A.J. Chapman: Heat Transfer - Mac Millan, New York

Le precedenze d'esame sono affisse all'Albo della Presidenza della Facoltà.

Il rispetto delle precedenze d'esame costituisce condizione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedenze comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

FISICA TECNICA**AK0003**

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni)

Prof. Francesco STURLESE

*Programma d'esame***A. TERMODINAMICA.**

- 1. Introduzione alla termodinamica:** Natura della termodinamica. Definizione di sistema termodinamico. Vincoli e pareti. Concetto di equilibrio termodinamico. Lavoro meccanico, lavoro chimico, calore, energia interna. Primo principio della termodinamica. Postulati entropici. Equazione fondamentale in forma entropica ed in forma energetica. Parametri intensivi. Principio di minima energia. Ricerca delle condizioni di equilibrio. Relazioni formali. Stabilità intrinseca dei sistemi monocomponenti.
- 2. Formulazione alternative dell'equazione fondamentale e relazioni tra le sue derivate:** Trasformate di Legendre. Potenziali termodinamici: potenziale di Helmholtz, entalpia, potenzia-

le di Gibbs. Proprietà e principi estremanti. Funzioni di Massieu. Proprietà e principi estremanti. Relazioni di Maxwell. Uso degli Jacobiani. Applicazioni.

3. **Transizioni di fase:** Sistemi omogenei ed eterogenei. Fasi. Regola delle fasi. Transizioni di fase del primo ordine in sistemi monocomponenti. Equazione di Clapeyron-Clausius. Punto triplo. Punto critico. Diagrammi di stato delle sostanze pure. Transizioni di fase di ordine superiore.
4. **Processi e macchine termodinamiche:** Processi quasi statici. Processi reversibili ed irreversibili. Depositi e sorgenti di lavoro e di calore. Macchine termodinamiche. Processi ciclici. Frigoriferi e pompe di calore. Effetti delle irreversibilità nei processi di conversione.
5. **Proprietà delle sostanze:** Generalità. Coefficienti di particolare importanza. Proprietà dei gas ideali. Gas ideale multicomponente. Trasformazioni politropiche per i gas ideali. Proprietà dei gas reali. Equazione di stato. Proprietà dei liquidi e dei solidi semplici.
6. **Termodinamica tecnica:** Principio di conservazione dell'energia per i continui in moto. Cicli termodinamici a gas. Cicli termodinamici con cambiamento di fase. Cicli frigoriferi. Analisi entropica. Aria umida. Grandezze caratteristiche e stati di equilibrio. Diagramma psicrometrico. Principali processi e trattamenti dell'aria umida. Cenni di condizionamento.

B. FENOMENI DI TRASPORTO.

1. **Generalità:** Equazioni di bilancio. Equazioni fenomenologiche. Analisi dimensionale. Meccanismi di scambio termico. Proprietà termofisiche.
2. **Conduzione nei solidi e nei fluidi in quiete:** Equazione di Fourier. Adimensionalizzazione dell'equazione di Fourier e delle condizioni al contorno: numeri di Fourier e di Biot. Risoluzione dell'equazione di Fourier in alcuni casi di regime stazionario e di regime variabile. Conduzione con conducibilità termica variabile.
3. **Convezione:** Nozioni fondamentali di fluidodinamica. Convezione. Coefficiente di scambio termico convettivo. Convezione naturale, forzata e mista. Gruppi adimensionali caratteristici della convezione. Trasmissione di calore in cambiamento di fase. Fenomenologia dell'ebollizione statica. Fenomenologia dell'ebollizione dinamica. Fenomenologia e trattazione della condensazione con vapori puri.
4. **Trasmissione di calore per irraggiamento:** Emissione, propagazione ed assorbimento di energia radiante. Leggi di Kirchhoff, Plank, Stefan-Boltzmann e Wien. Scambio termico radiativo tra corpi neri. Scambio termico radiativo tra corpi grigi. Flusso di energia radiante in mezzi assorbenti. Irraggiamento solare.
5. **Scambiatori di calore:** Tipologia: Bilancio energetico globale. Relazioni di progetto. Efficienza. Considerazioni progettuali.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

W. Zemansky: Calore e Termodinamica, Zanichelli
 M.N. Abbot, H.C. Van Ness: Termodinamica, ETAS Libri.
 H.B. Callen: Thermodynamics and an introduction to Thermostatistics, J. Wiley.
 Francis F. Huang: Engineering Thermodynamics, Collier McMillan.
 C. Bianchi, F. Sturlese: Esercitazioni di Termodinamica.
 D.R. Pitts, L.E. Sissom: Teoria e problemi di trasmissione del calore, Collana SHAUM.
 A.J. Chapman: Heat transfer, McMillan.
 Frank P. Incropera, David P. De Witt: Introduction to heat transfer, J. Wiley.

FISICA TECNICA (1/2 annualità)
Prof. Giampietro COSSALI

AK0103

Programma d'esame
Termodinamica.

FONDAMENTI:

Sistema termodinamico. Pareti e vincoli. Lavoro: definizione. L'energia interna: definizione, misurabilità. Principio di conservazione dell'energia in forma estesa. Equilibrio termodinamico. Grandezze estensive ed estensive specifiche. I postulati entropici. Trasformazioni quasi statiche. Grandezze intensive. Depositi quantistici di calore e lavoro. Lavoro e calore lungo trasformazioni quasistatiche. Bilancio entropico per sistemi isolati. Le equazioni di stato. Descrizione di sistemi di cui non si conosce la relazione fondamentale. Equilibrio di un sistema composto isolato. Equazione di Eulero. Equazione di Gibbs-Duhem. Gradi di libertà termodinamici. I potenziali termodinamici. Significato fisico dei potenziali. Relazioni di Maxwell. Applicazione delle relazioni di Maxwell e trasformazioni per sistemi chiusi. Effetto Joule-Thompson. Stabilità dell'equilibrio di un sistema semplice omogeneo. Equilibrio dei sistemi eterogenei: regola delle fasi. Transizioni di fase. Equazione di Clausius-Clapeyron.

APPLICAZIONI:

Il gas ideale monocompetente. Proprietà del gas ideale. I calori specifici. Le trasformazioni politropiche. I gas reali (cenni).

Diagrammi di stato delle sostanze pure: Spazio P-v-T, piani P-T, P-V; il punto triplo, il punto critico. Diagrammi T-S. Diagramma di Mollier per il vapor d'acqua.

Le macchine termodinamiche. Parametri di merito di una macchina. Processi di massimo lavoro. I sistemi aperti: definizione di regime stazionario; bilancio di massa; bilancio energetico; bilancio entropico. Applicazione alle macchine a fluido. Applicazione al moto dei fluidi in condotti. I cicli a gas: cicli Joule. La rigenerazione nei cicli a gas. Cicli a vapore: generalità. Il ciclo Rankine. Cicli frigoriferi.

Concetti di Exergia: rendimenti exergetici.

Miscela di gas e vapori: l'aria umida. Grandezze caratteristiche dell'aria umida. Il diagramma di Mollier dell'aria umida. Le trasformazioni dell'aria umida. Cenni di condizionamento.

Trasmisione del calore.

Generalità sui fenomeni di trasporto: analogie formali delle equazioni descrittive i meccanismi di trasporto. L'analisi dimensionale.

Introduzione alla conduzione del calore: il postulato di Fourier in forma generalizzata. Il bilancio energetico: L'equazione di Fourier. La conduzione in regime stazionario: Geometria piana; la lastra piana, la parete multistrato (con generazione). Geometria cilindrica: cilindro con generazione (Condizioni al contorno e soluzione); tubo isolato, raggio critico.

La conduzione in regime variabile. Metodo delle capacità concentrate. Il solido seminfinito. I diagrammi di Heisler. Il moto dei fluidi in condotti. Il bilancio della qualità di moto. Sforzo tangenziale: legame con il termine di degradazione energetica. Profili di velocità.

Trasmissione del calore per convezione: coefficiente di trasmissione del calore per convezione. Leggi di Newton. Resistenza termica complessiva. Convezione forzata: calcolo del coefficiente convettivo; Numeri adimensionali (Re , Pr , Nu). Correlazioni. Convezione naturale: cenni. Il numero di Grashof. Alettature; efficienza d'aletta.

Irraggiamento. potere emissivo, Brillanza, Irradiazione. Il corpo nero: Leggi di Planck, Stefan Boltzmann, Wien. Intensità di radiazione. Grandezze monocromatiche angolari e globali. I coefficienti di assorbimento, riflessione e trasmissione. Il coefficiente di emissione. Legge di Kirchhoff. Il corpo grigio. Scambio di calore tra corpi neri: il fattore di forma. Scambio di calore tra corpi grigi: superfici piane infinite affacciate. Schermi antiradianti.

Gli scambiatori di calore: definizioni e generalità. Bilancio energetico in condizioni stazionarie. Determinazione dei profili di temperatura e di potenza scambiata: $D-T$ medio logaritmico. Efficienza di uno scambiatore: Metodo $\sim -NTU$.

Libri consigliati

H.B. Callen: Thermodynamics and an introduction to Thermostatistics, J. Wiley.

F.F. Huang: Engineering Thermodynamics, Maxwell MacMillan.

Incropera-DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass transfer, John Wiley & Sons.

Bianchi-Sturlese: Esercitazioni di Termodinamica, CLUP.

FISICA TECNICA + MACCHINE
Prof. Lorenzo PAGLIANO, Francesco BASSI.

AK0107

*Programma d'esame***1) TERMODINAMICA.**

Sistemi e grandezze termodinamici. Stati. Lavoro meccanico, lavoro chimico, calore, energia interna. Il primo principio della termodinamica. Il secondo principio della termodinamica e la funzione entropia. Le condizioni di equilibrio e la stabilità dei sistemi. Equazioni di stato, transizioni di fase e diagrammi di stato.

2) PROCESSI E MACCHINE TERMODINAMICHE.

Processi quasi statici, reversibili ed irreversibili. Processi ciclici. Macchine termodinamiche motrici ed operatrici (frigoriferi e pompe di calore). Analisi entropica dei processi ciclici.

3) TERMODINAMICA DEI SISTEMI FLUENTI.

I principi di conservazione ed il bilancio entropico. Cicli termodinamici a gas. Cicli termodinamici con cambiamento di fase. Cicli frigoriferi.

4) TRASMISSIONE DEL CALORE.

I meccanismi di scambio termico. Equazioni di bilancio ed equazioni fenomenologiche. Proprietà termofisiche. L'analisi dimensionale. Fondamenti di conduzione, convezione ed irraggiamento. Gli scambiatori di calore.

5) PROCESSI NELLE MACCHINE.

Interazioni tra gli organi delle macchine ed il fluido di lavoro. Classificazione ed indici caratteristici.

6) MACCHINE A FLUIDO INCOMPRESSIBILE.

Caratteristiche di turbine idrauliche e pompe. Circuiti idraulici. Trasmissioni di potenza a fluido. Turbine eoliche. Ventilatori.

7) COMPRESSIONE ED ESPANSIONE DI FLUIDI COMPRIMIBILI.

Turbocompressori centrifughi e assiali, compressori volumetrici, turbine assiali e radiali: principi e caratteristiche operative. Similitudine delle macchine e parametri adimensionali.

8) IMPIANTI MOTORI CON TURBOMACCHINE.

Macchine a vapore.

Impianti a vapore saturo, a vapore surriscaldato, a surriscaldamenti ripetuti.

Turbine a gas.

Applicazioni industriali ed aeronautiche. Cicli combinati gas-vapore.

9) MOTORI ALTERNATIVI A COMBUSTIONE INTERNA.

Caratteristiche e campi d'impiego del motore ad accensione comandata e del Diesel. Alimentazione dell'aria e del combustibile. Processi di combustione.

10) MACCHINE FRIGORIFERE E POMPE DI CALORE.

Analisi dei componenti e delle prestazioni degli impianti.

11) IMPATTO AMBIENTALE.

Inquinamento legato alla generazione di potenza meccanica mediante macchine a fluido.

Libri di testo

M.W. Zemansky, M.N. Abbott, H.C. Van Ness: Fondamenti di termodinamica per ingegneri, Zanichelli, Bologna.

E. Pedrocchi, M. Silvestri: Trasmissione del calore, CittàStudi, Milano.

C. Casci: Macchine a fluido incompressibile, Masson.

C. Casci: Compressori di gas, Masson.

C. Casci: Macchine a fluido bifase, Masson.

FISIOLOGIA UMANA
Prof. Giuseppe MISEROCCHI

AA0011

Programma d'esame

- 1. NOTE DI BIOCHIMICA E BIOENERGETICA CELLULARE.** Le biomolecole. Reazioni chimiche nelle cellule viventi. Rapporti tra biomolecole e struttura cellulare. Le proteine:

- aminoacidi fondamentali; struttura; tipi di conformazione. Gli enzimi: meccanismi di reazione. I lipidi. Strutture lipoproteiche: la membrana cellulare. Zuccheri: mono-, di- e polisaccaridi. I proteoglicani. I nucleotidi e polinucleotidi. DNA e RNA. Virus. Formazione di energia dal legame fosforico: il ciclo dell'ATP, Glicolisi. Ciclo degli acidi tricarbossilici. Fosforilazione ossidativa. Ossidazione degli acidi grassi. Degradazione degli aminoacidi. Replicazione, trascrizione e traduzione dell'informazione genetica.
2. **TESSUTI E MEMBRANE BIOLOGICHE.** Forma, dimensione, struttura delle cellule. struttura e funzione della membrana citoplasmatica. Citoplasma e corpuscoli citoplasmatici. Vari tipi di cellule: morfologia e funzione. Struttura della matrice interstiziale. Trasporti di liquidi e soluti: controllo del liquido interstiziale, ruolo del sistema linfatico.
 3. **FISIOLOGIA DEL TESSUTO NERVOSO.** Neuroni e glia; potenziale di membrana, eccitabilità cellulare, potenziale di azione. Interazioni neuronali: trasmissione sinaptica, recettori sinaptici. Fisiologia delle cellule sensoriali, codificazione e trasmissione del segnale nervoso. Organizzazione funzionale del sistema nervoso; i riflessi. Sistema nervoso autonomo.
 4. **VIE DI UTILIZZO DELL'OSSIGENO.** Fisiologia dell'apparato cardiorespiratorio. Fisiologia del tessuto muscolare; metabolismo ed energetica delle attività fisiche.
 5. **VITA ED ADATTAMENTO IN AMBIENTI ESTREMI.** Alta quota, immersione, calore, freddo, radioattività.
 6. **FISIOLOGIA RENALE.** Bilancio idrico salino ed equilibrio acido-base.
 7. **APPARATO DIGERENTE.** Funzioni di digestione ed assorbimento; ruolo del pancreas e del fegato.
 8. **ORMONI E VITAMINE.**
 9. **CLASSIFICAZIONI DELLE PRINCIPALI PATOLOGIE.**
 10. **I FARMACI.** Classificazione, meccanismo d'azione, vie di somministrazione dei principali farmaci.

*Testi consigliati***TESTI DI FISIOLOGIA**

J.H. Green: Introduzione alla fisiologia umana, Ed. Zanichelli.

Patton, Fuchs, Hille, Scher e Steiner: Trattato di fisiologia, Casa Editrice Ambrosiana.

A.C. Guyton: Trattato di fisiologia medica, Piccin ED.

R.M. Berne e M.N. Levy: Fisiologia, Zanichelli.

TESTI DI APPROFONDIMENTO MONOGRAFICO

A.L. Lehninger: Biochimica, Ed. Zanichelli.

E.R. Kandel e J.H. Schwartz: Principles of Neural Sciences, Ed. Elsevier.

R. Weibel: The Pathway for Oxygen: Structure and function of the mammalian respiratory system, Harvard University Press.

A.C. Burton: Fisiologia e Biofisica della Circolazione, Il pensiero scientifico Editore.

J.B. West: Fisiologia della respirazione, Piccin.

R.F. Schmidt: Fondamenti di Neurofisiologia, Zanichelli.

FLUIDODINAMICA DEI SISTEMI PROPULSIVI**AK0111****Prof. Luciano Galfetti***Programma d'esame***1. Classificazione, caratteristiche e impiego dei vari propulsori.**

Turbogetti, autoreattori, pulsoreattori, propulsori nucleari, propulsori elettrici.

2. Energetica dei sistemi propulsivi.

Spinta, potenze, rendimenti, parametri caratteristici.

3. Gasdinamica dei sistemi propulsivi.

Richiami di fluidodinamica, termodinamica, combustione. Analisi dettagliata del flusso monodimensionale stazionario di fluidi comprimibili: effetti dovuti alla presenza di attrito, alla somministrazione di calore, all'introduzione di massa, alla presenza di onde di combustione. Onde d'urto normali e oblique. Onde di espansione. Flussi multidimensionali.

4. **Prese d'aria.**
Prese subsoniche e supersoniche a compressione interna ed esterna. Problemi di avviamento e di stabilità. Prese d'aria a geometria variabile.
5. **Camere di Combustione.**
Flussi con reazioni chimiche congelate o in equilibrio. Tipologie. Iniezione del combustibile, ignizione, stabilizzazione di fiamma, rendimenti, emissioni. Combustibili. Combustione subsonica e supersonica.
6. **Ugelli di scarico.**
Caratteristiche di funzionamento degli ugelli convergenti, convergenti - divergenti a spina. Il metodo delle caratteristiche per il dimensionamento dell'ugello.
7. **Effetti dello strato limite.**
Metodi di calcolo per strato limite laminare e turbolento. Transizione da laminare a turbolento. Trasmissione del calore. Analogia di Reynolds.
8. **Introduzione alle tecniche di fluidodinamica numerica in propulsione aerospaziale.**
Simulazione numerica di flussi in prese d'aria, camere di combustione e ugelli di scarico.

Esercitazioni

Le esercitazioni prevedono l'impostazione e la soluzione numerica di specifici problemi affrontati nelle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio orale.

Libri consigliati

Dispense delle lezioni

Per consultazione

D.G. Shepherd: Aerospace Propulsion, Elsevier Publishing Company, New York, 1972

Hill-Peterson: Mechanics and thermodynamics of propulsion Addison-Wesley, 1965

Princeton Series on High Speed Aerodynamics and Jet Propulsion. Vol. VII e vol. XII.

A.H. Shapiro: The Dynamic and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, Ronald Press Company, New York, 1953.

J. Seddon, E.L. Goldsmith: Intake Aerodynamics, Collins, London, 1985.

A.H. Lefebvre: Gas Turbine Combustor Design Problems, Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 1980.

H. Schlichting: Boundary-Layer Theory, McGraw-Hill, New York, 1979

CFD Techniques for Propulsion Applications, AGARD Conference Proceedings 510, 1992.

FLUIDODINAMICA NUMERICA**AL0116****Prof. Arturo BARON***Programma d'esame***Generalità:**

Caratteristiche matematiche delle equazioni della fluidodinamica e condizioni al contorno. Classificazione dei metodi numerici. Metodi di discretizzazione locali: differenze finite, volumi finiti, elementi finiti. Cenni ai metodi di discretizzazione globali. Nozioni di convergenza, consistenza, stabilità. Teorema di equivalenza di Lax. Metodi di integrazione temporale per problemi evolutivi. Analisi di stabilità di Von Neumann. Condizione CFL. Richiami ai metodi di risoluzione iterativa di sistemi algebrici: rilassamento per punti e per linee, metodi ADI, metodi multi-griglia.

Metodi di generazione di griglia:

Griglie strutturate e non strutturate. Generazione di griglie strutturate: metodi analitici, algebrici, basati sull'integrazione di equazioni differenziali. Griglie multiblocco. Generazione di griglie non strutturate: triangolazione di Delaunay, metodi del fronte avanzante. Infittimento locale e adattività della griglia.

Soluzione dell'equazione del potenziale in regime transonico:

Correnti stazionarie: metodi alle differenze finite per l'equazione delle piccole perturbazioni (Murman-

Cole) e del potenziale completo (Jameson). Forma conservativa e non conservativa. Trattamento delle regioni supersoniche. Viscosità artificiale. Applicazione: corrente attorno ad un profilo alare. Correnti non stazionarie: metodi impliciti alle differenze finite e volumi finiti, in forma conservativa. Trasformazione di coordinate e consistenza della discretizzazione spaziale. Fattorizzazione approssimata. Condizioni al contorno. Applicazione: corrente attorno ad una pala di elicottero.

Soluzione delle equazioni di Eulero:

Trattamento delle onde d'urto. Schemi in forma conservativa. Schemi centrati alle differenze finite: schemi espliciti di Lax-Wendroff e di McCormack. Cenni agli schemi centrati impliciti. Schema agli elementi finiti, con viscosità artificiale, di Jameson. Tecniche di accelerazione della convergenza verso lo stato stazionario. Trattamento delle condizioni al contorno. Schemi upwind ai volumi finiti: flux vector splitting, metodo di Godunov, solutori approssimati del problema di Riemann. Schemi upwind del secondo ordine. Cenni agli schemi inerentemente multidimensionali. Applicazioni: corrente in un ugello a sezione variabile e attorno ad un profilo oscillante.

Soluzione delle equazioni di Navier-Stokes per correnti incomprimibili:

Metodi alle differenze finite per le equazioni di Navier-Stokes in formulazione vorticità-funzione di corrente. Trattamento delle condizioni al contorno. Applicazione: separazione di bordo di attacco di un profilo. Metodi per l'integrazione delle equazioni di Navier-Stokes in formulazione velocità-p pressione. Metodi ai passi frazionati e metodi di proiezione. Metodi alle correzioni di pressione: MAC, SIMPLE. Metodo della comprimibilità artificiale. Cenni al metodo di Taylor-Galerkin per problemi non stazionari. Applicazioni: correnti turbolente.

Soluzione delle equazioni di Navier-Stokes per correnti comprimibili:

Schemi espliciti centrati e upwind. Schema implicito di Beam e Warming. Applicazione: corrente ipersonica attorno ad un veicolo aerospaziale.

Esercitazioni

Il corso è completato da esercitazioni teoriche e numeriche.

Testi consigliati

S.V. Patankar, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, McGraw Hill, New York, 1980.

R. Peyret, T.D. Taylor Computational Methods for Fluid Flow, Springer Verlag, New York, 1983.

D.A. Anderson, J.C. Tannehill, R.H. Pletcher: Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, McGraw Hill, New York, 1984.

C. Hirsch: Numerical Computation of Internal and External Flows, Voll. 1 e 2, John Wiley & Sons, New York, 1988.

R.J. LeVeque: Numerical Methods for Conservation Laws, Birkhäuser Verlag, Basel, 1990.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

AG0200

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica)

Prof. Fausto DISTANTE

Programma d'esame

1. Architettura Hardware e Software.

Introduzione al corso. Sistemi di numerazione. Codici. Architettura di un calcolatore. CPU, Memoria, Periferiche, Bus. Concetto di programmabilità. Concetto di interrupt e di gestione delle periferiche. sistema operativo, sue funzionalità. File system. Sistemi distribuiti e reti locali. Tipi di elaboratori: mainframe, mini, workstation, personal computer e la loro integrazione. il Sistema operativo MS-DOS. Il sistema operativo UNIX. Concetti di multiutenza e di multitasking.

2. Programmazione.

Concetti generali.

Concetto di algoritmo. I diagrammi a blocchi. Rappresentazione e codifica delle istruzioni in un linguaggio formale. Strutture di controllo. Tipi di dati: semplici e complessi. Ingresso e uscita. Procedure e funzioni. Metodi di passaggio di parametri. Ricorsione. Strutture dati dinamiche. Metodi di documentazione dei programmi. Tecniche di progetto debug e convalida dei programmi. La catena di programmazione: i vari ambienti di programmazione disponibili. Algoritmi di Ricerca, Ordinamento: cenni alla loro complessità.

Linguaggio C.

Concetti base: struttura di un programma. Variabili e tipi di dati semplici. Strutture di controllo. Tipi di dati complessi: array, struct, file, union. Funzioni. Passaggio di parametri. Puntatori. Esempi di ricorsione. Allocazione dinamica e gestione di strutture dati tramite puntatori. Liste, stack, alberi. Gestione della memoria: heap e stack. Tecniche di debug classiche e tramite debugger.

Linguaggio FORTRAN.

Principali differenze rispetto al C. Evoluzione del linguaggio. Gestione della memoria (allocazione statica). Strutture di controllo. Passaggio di parametri a funzioni e a procedure. Condivisione di aree di memoria. Utilizzo di routine FORTRAN in programmi C.

3. Strumenti per la progettazione.

Progettazione grafica e strutturale: cenni a strumenti disponibili sul mercato (es. AutoCad). Strumenti per la produttività individuale: ambiente Microsoft Windows. Fogli elettronici, data base. Cenni a sistemi per l'acquisizione e l'analisi dei dati. Schede di acquisizione, bus industriali, librerie software.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e in un progetto che dovrà essere svolto al centro di calcolo su macchine tipo PC-IBM e consegnato all'atto della prova scritta. Ai candidati potrà essere richiesta una prova orale sulle varie parti del programma.

Libri consigliati

S.Ceri, D. Mandrioli, L. Sbattella: Istituzioni di Informatica - versione C, Mc Graw-Hill, 1994
 B.W. Kernighan, D.M. Ritchie: Linguaggio C, Gruppo Editoriale Jackson, 1989
 Herbert Schildt: ANSI C e C++, Mc Graw-Hill, 1991
 Augusto Celentano: Esercitazioni di programmazione in linguaggio C, Esculapoi Ed., 1994
 Michael Metcalf: Effective FORTRAN 77, Oxford Science Publications

FONDAMENTI DI INFORMATICA**AG0200**

(per gli allievi di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Civile ed Edile)

Prof. Alfonso FUGGETTA*Programma d'esame*

- 1) Breve rassegna sul mondo dell'informatica.
- 2) Rappresentazione dello schema risolutivo (algoritmo) di un problema in una forma adatta all'elaborazione automatica. Principi di funzionamento di un calcolatore elettronico elementare. Rappresentazione binaria delle informazioni. Concetti di linguaggio di programmazione, compilatore, sistema operativo.
- 3) Progetto di programmi con l'utilizzo di un linguaggio (C) particolarmente adatto ad una descrizione strutturata degli algoritmi. Strutture di controllo. Concetto di tipo: tipi standard e tipi definiti dall'utente. Definizione e uso di sottoprogrammi.
- 4) Metodologie di progetto dei programmi: sviluppo "passo-passo" e progetto modulare.
- 5) Progetto di strutture di dati. Tabelle e liste non sequenziali. Rappresentazione di alberi e grafi.
- 6) Verifica, aggiornamento e documentazione dei programmi. Prestazioni di un programma (tempo di esecuzione e memoria occupata) in funzione di strutture di dati e algoritmo scelti.
- 7) Architettura dei calcolatori e dei Sistemi Informatici.
- 8) Strumenti di produttività personale e ambienti avanzati per la costruzione di applicazioni.

Esercitazioni

Non esiste una separazione rigida fra lezioni ed esercitazioni, poichè gli argomenti del corso vengono spesso introdotti e motivati mediante esempi di programmi. È prevista e stimolata una notevole attività sperimentale su calcolatore.

Modalità d'esame

L'esame si compone di una prova scritta e della realizzazione di un elaborato consistente in un programma concordato col docente. La discussione dell'elaborato conclude l'esame.

Libri consigliati

S. Ceri, D. Mandrioli, Istituzioni di informatica, McGraw-Hill Italia, 1993

H. Schildt, Ansi C e C++ - Guida completa, Mc Graw Hill, 1991

P. Darnell, P. Margolis: C - Manuale di Programmazione, McGraw-Hill, 1991.

FONDAMENTI DI INFORMATICA**AG0200**

(per gli allievi di Ingegneria Chimica, Elettrica e Nucleare)

Prof. Lorenzo MEZZALIRA*Programma d'esame*

- 1) **Introduzione ai sistemi informatici.** Presentazione dell'informatica e dei calcolatori elettronici. Concetto di algoritmo e linguaggi per descrivere algoritmi. L'esecutore calcolatore. La rappresentazione binaria di vari tipi di informazione e relativi standard. I componenti dell'architettura alla Von Neumann e loro funzionalità. La memoria di lavoro, organizzazioni, tipi e caratteristiche. L'unità centrale con registri vari, unità logica aritmetica e unità di controllo. Unità periferiche tipiche e cenni alle loro funzionalità e caratteristiche salienti. Tastiere, video, stampanti, memorie di massa. Cenni di algebra booleana: variabili, operatori ed espressioni. Cenni sul linguaggio macchina, modalità di indirizzamento e varie categorie di istruzioni tipiche. Linguaggio simbolico. Cenni sui sistemi operativi: funzioni svolte e classificazione nei tipi principali a singolo utente o multiutente. Cenni a elaboratori per applicazioni industriali: architettura ed elaborazione in tempo reale.
- 2) **Ciclo di vita del software.** Oggetti, fasi e strumenti interessati dal ciclo di vita del software. Definizione delle specifiche, progetto, codifica, traduzione, collegamento, caricamento, esecuzione, correzione e manutenzione dei programmi. Importanza e caratteristiche della definizione delle specifiche. Obiettivi e metodologie della fase di progetto: scomposizione funzionale e scomposizione in moduli. Progetto "passo passo". Problematiche relative all'implementazione del software. Criteri di scelta del linguaggio di programmazione, breve presentazione dei più diffusi linguaggi e cenni agli strumenti di produttività.
- 3) **I linguaggi di alto livello e tecniche di programmazione.** I concetti di tipo di dati, visibilità degli identificatori e classe di allocazione delle variabili. Le frasi eseguibili ed i principali costrutti di controllo. Modello di esecuzione con blocchi di attivazione. La vita delle variabili. Ricorsione ed iterazione. Tecniche di programmazione e strutture dati per problemi descrivibili con automi a stati o grafi. Funzioni date per punti. Strutture dati dinamiche. Confronto tra i linguaggi PASCAL, FORTRAN, C, MODULA-2. Tecniche di documentazione dei programmi. Formattazione e documentazione interna dei file sorgenti. Documentazione esterna di un'applicazione con i manuali tecnico e di uso.

Esercitazioni

- Il linguaggio C. Il corso si basa sul C come linguaggio didattico di base con esempi ed algoritmi tipici di ricerca, ordinamento, calcolo.
- Pacchetti di produttività. Vengono presentati come strumento per sviluppare particolari classi di applicazioni orientate all'interattività.

Modalità d'esame

Per l'esame gli allievi dovranno realizzare un programma, completo di documentazione e prove, con uno dei linguaggi di programmazione presentati nel corso, ed un'applicazione con un pacchetto di produttività.

L'orale consiste nella discussione dei progetti e in domande di cultura informatica.

Libri consigliati

S. Ceri, D. Mandrioli: Istituzioni di informatica, McGraw-Hill.

Biondi, Clavel: Introduzione alla programmazione, Masson.

Welsh, Elder: Introduzione al Pascal, ESA.

Grogono: Programmare in Pascal, Addison Wesley.

Kernighan, Ritchie: Linguaggio C, Jackson.

Darnell, Margolis: C: Manuale di programmazione, McGraw-Hill.

Ogilive: Il linguaggio Modula-2, McGraw-Hill.

Ellis: Fortran 77, Zanichelli.

A. Celentano: Note di progetto documentazione e verifica dei programmi, CLUP, 1981, Milano.

Guihur: Procedure di ordinamento, Masson.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

AG0200

(per gli allievi di Ingegneria Gestionale e dei Materiali)

Proff. Andrea BONARINI, Franca GARZOTTO

Programma d'esame

Introduzione.

Natura e rappresentazione dell'informazione. La risoluzione automatica dei problemi.

Architettura dei sistemi di elaborazione.

Concetti di architettura di hardware e software. I componenti di un sistema di elaborazione e la loro funzionalità.

La macchina di Von Neumann. Unità centrale, memoria, interfaccia di ingresso/uscita. Il linguaggio del calcolatore. I modi di indirizzamento.

L'organizzazione di un sistema operativo: il nucleo, il file system, l'interfaccia utente.

Programmazione.

Il concetto di algoritmo. La rappresentazione degli algoritmi. La sintassi dei linguaggi di programmazione.

Il linguaggio C. Struttura di un programma. Tipi di dati: tipi semplici e tipi strutturati, puntatori. Strutture di controllo, procedure e funzioni. La ricorsione.

I tipi di dati astratti. La programmazione ad oggetti. L'ereditarietà. Il linguaggio C++.

Il ciclo di vita del software. La documentazione. Il testing. Gli ambienti di programmazione.

Tecniche di organizzazione e gestione delle informazioni.

Le strutture dei dati su memoria esterna. La gestione degli archivi. I modelli dei dati. Gli ambienti di elaborazione specializzati: fogli elettronici, database. Interfacce utente.

Cenni a sistemi distribuiti e reti di calcolatori.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni in aula dedicate all'illustrazione dei concetti esposti a lezione ed esercitazioni sperimentali al calcolatore.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un progetto, assegnato dal docente, da realizzare su calcolatore, e in una prova orale e/o scritta.

Libri consigliati

S. Ceri, D. Mandrioli, L. Sbattella: Istituzioni di Informatica - Versione C, Mc Graw-Hill

P.A. Darnell, P.E. Margolis: C: Manuale di programmazione, McGraw-Hill (anche in edizione inglese: Software Engineering in C, Springer-Verlag)

H. Schildt: C: Ansi C e C++, McGraw-Hill

R. Wiener, L. Pilson: OOP in C++, Addison-Wesley

FONDAMENTI DI INFORMATICA

AG0200

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Proff. Marco COLOMBETTI, Licia SBATTELLA

Programma d'esame

Introduzione - Algoritmi: proprietà, definizione, linguaggi. Introduzione alle problematiche della progettazione e della verifica. Rappresentazione degli algoritmi. Pseudocodice. Componenti,

funzionalità e struttura di un sistema di elaborazione.

PARTE I: LA PROGRAMMAZIONE.

Programmazione in linguaggio ad alto livello - Il linguaggio C: fondamenti. Strutture di controllo. Tipi di dati: vettori e strutture. Puntatori. Funzioni. Struttura di programma. Introduzione alle strutture dati dinamiche e alla ricorsione.

Progettazione e gestione del software - Analisi e progetto di algoritmi e strutture dati. Il ciclo di vita del software. La qualità del software. Progettazione, documentazione e verifica. Gli ambienti di sviluppo.

PARTE II: ARCHITETTURE HARDWARE E SOFTWARE.

Struttura di un sistema di calcolo - Unità funzionali e bus. Il modello di Von Neumann. Unità centrale, memoria, interfaccia di I/O, unità periferiche. Linguaggio macchina: esecuzione delle istruzioni. Meccanismi di indirizzamento. Linguaggio assembler e traduzione.

Sistema operativo - Classificazione dei sistemi operativi. Macchine virtuali e sistema operativo. Modalità di funzionamento del processore: stato utente e stato supervisore. Organizzazione a livelli di un sistema operativo. Il nucleo e la gestione dei processi. La gestione della memoria. Il file system. L'interprete comandi e l'interfaccia utente. Dal linguaggio alla macchina: traduzione e modello run-time.

PARTE III: APPLICAZIONI E ARGOMENTI MONOGRAFICI.

Il linguaggio Fortran. Trasmissione dati, reti e sistemi distribuiti. Gestione di archivi e basi di dati: il modello relazionale.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono parte integrante del corso e vertono essenzialmente sul linguaggio C e sulle tecniche di programmazione.

Modalità d'esame

L'esame si basa sulla presentazione di un progetto in linguaggio C (accompagnato dalla relativa documentazione e da discutere oralmente) e su una prova scritta.

Testi di studio

S. Ceri, D. Mandrioli, L. Sbattella: Istituzioni di Informatica/C, Mc Graw-Hill Libri Italia.

H. Schildt, C. ANSI: C e C++, McGraw-Hill Libri Italia.

A. Celentano: FORTRAN 77, CittàStudi.

FONDAMENTI DI INFORMATICA I

AG0276

Proff. Rosamaria MORPURGO MARENA, Angelo MORZENTI, Mauro NEGRI, Barbara PERNICI

Programma d'esame

Concetti introduttivi.

Panoramica storica e contenuti dell'informatica;

algoritmi, programmi, linguaggi;

l'esecutore calcolatore (processo sequenziale);

processo di traduzione e linguaggi evoluti;

operatori logici e teoremi fondamentali.

Gli aspetti fondamentali della programmazione, con riferimento al MODULA-2.

Il linguaggio di programmazione e le esigenze di astrazione.

L'astrazione sui dati mediante la dichiarazione dei tipi di dato.

I meccanismi strutturati per il controllo della sequenza di esecuzione delle operazioni in programma.

L'astrazione sulle operazioni mediante la definizione di sottoprogrammi. Passaggio di parametri tra sottoprogrammi. Variabili locali e variabili globali. Cenni alla struttura della macchina astratta del linguaggio.

La realizzazione di tipi di dato astratti mediante i moduli. Compilazione separata dei moduli e costruzione di programmi di grandi dimensioni.

Aspetti fondamentali della ricorsione, dal punto di vista dei meccanismi forniti dal linguaggio di programmazione.

Architetture Hardware/Software.

Il processo sequenziale a livello del linguaggio assembler: modi di indirizzamento; principali istruzioni; strutture dati in assembler: pile e vettori; le subroutine e il passaggio dei parametri; la macroespansione;

la rappresentazione binaria dell'informazione: rappresentazione binaria dei dati e delle istruzioni; il processo di assemblaggio; il collegamento e la rilocazione statica;

utilizzo dei servizi di un sistema operativo, in particolare dei servizi di gestione file;

il modello di esecuzione di un programma MODULA-2 a livello assembler.

Applicazioni e altri aspetti dell'informatica.*Modalità d'esame*

L'esame consiste nella preparazione di un elaborato in MODULA-2, in una prova scritta e in una prova orale.

L'elaborato deve essere presentato prima della prova scritta, secondo le modalità stabilite da parte dei singoli docenti per ciascun appello.

Libri consigliati

- 1) D. Mandrioli: Elementi di Informatica, McGraw-Hill.
- 2) G. Pelagatti: Sistemi di elaborazione: architetture Hardware e Software, McGraw-Hill.
- 3) A. Morzenti: Programmare in MODULA-2, CLUP.
- 4) N. Wirth.: Programming in Modula-2, 4th edition, Springer Verlag, 1988
- 5) C. Batini et al. Fondamenti di Programmazione dei Calcolatori Elettronici, Franco Angeli, 1990.

FONDAMENTI DI INFORMATICA II**AG0201****Proff. Mauro PEZZE', Giuseppe PELAGATTI, Donatella SCIUTO***Programma d'esame***1) Architetture Hardware/Software.**

1.1 Funzionalità dell'H.W. di supporto al sistema operativo: modi S e U di funzionamento del supervisore; istruzioni e indirizzi privilegiati; rilocazione dinamica, registri base e MMU; meccanismo di interrupt; meccanismi di accesso alle periferiche; programmazione in ambiente interrupt.

1.2 Struttura del Sistema Operativo: il sistema di gestione dei processi; il file system; i gestori delle periferiche; la gestione della memoria.

1.3 La realizzazione dell'Hardware: i moduli funzionali; sistema di comunicazione (BUS) e meccanismi fondamentali di handshaking; operatori elementari e relativa algebra; reti logiche; temporizzazione del sistema; realizzazione di un sottosistema funzionale come rete sequenziale sincrona: logica programmata e microprogrammazione.

2) Strutture dati e algoritmi.

2.1 Progettazione di algoritmi ricorsivi.

2.2 Strutture dati statiche e dinamiche.

2.3 Valutazione elementare di complessità, rispetto ad alcuni parametri architetturali, di alcuni algoritmi interni ed esterni.

Libri consigliati

1. G. Pelagatti, Sistemi di elaborazione: architetture Hardware e Software, McGraw-Hill.
2. B. Kernighan, D. Ritchie: Linguaggio C, II ed. Gruppo Editoriale Jackson.
3. E. Horowitz, S. Sahni, S. Anderson Freed: Fundamentals of data Structures in C, Computer Science Press.
4. D.Harel, Algorithmics, the Spirit of Computing, Addison Wesley, 1992.
5. L. Lavazza, M. Pezzè: Esercizi e Temi d'esame risolti, Esculapio.
6. A. Tanenbaum, Structured Computer Organization, Prentice Hall

FONDAZIONI
Prof. Giancarlo GIODA

AN0107

Programma d'esame

1. **Definizioni generali** e richiamo delle nozioni fondamentali della meccanica dei terreni.
2. **Tipologia delle fondazioni** - fondazioni superficiali - fondazioni isolate e continue - platee - fondazioni compensate - fondazioni profonde - pali e palificate - pozzi e cassoni.
3. **Scelta del tipo di fondazione** in relazione alla natura del terreno ed in funzione delle caratteristiche strutturali dell'opera.
4. **Fondazioni superficiali** - stabilità locale e globale rispetto al pericolo di rotture del terreno per fenomeni di taglio - determinazione della capacità portante per fondazioni con piano di posa non parallelo al piano campagna e soggette a carichi comunque inclinati; metodi di calcolo dei cedimenti per terreni di natura coesiva e non coesiva.
5. **Interazione terreno-struttura** di fondazione - sovrastruttura nel caso delle fondazioni dirette; applicazioni.
6. **Pali di fondazione** - tipologia esecutiva - pali infissi - prefabbricati - gettati in opera - pali trivellati: a secco, con fango, con tubo forma - pannelli di diaframma.
7. **Pali soggetti a carichi assiali** metodi per la determinazione della portata limite per pali singoli (formule statiche e dinamiche e loro limitazioni); analisi dei cedimenti; prove di carico statico (scopi; dispositivi e modalità di carico; strumentazione dei pali; metodi di interpretazione).
8. **Pali soggetti a carichi trasversali** - metodi per la determinazione della portata limite per pali singoli; analisi dei cedimenti.
9. **Palificate** - capacità portante e analisi dei cedimenti di pali in gruppo; cenni sulla distribuzione dei carichi nell'ambito delle palificate.
10. **Fondazioni a pozzo.**
11. **Opere di sostegno** - rigide e flessibili, muri di sostegno (diaframmi e palancolate a sbalzo e con uno o più ordini di ancoraggi).
12. **Metodi di miglioramento dei terreni:** addensamento dei terreni non coesivi, iniezioni di consolidamento; precarico con e senza dreni di sabbia; elettrosmosi.
13. **Metodi di consolidamento delle fondazioni.**
14. **Il metodo degli elementi finiti per l'analisi di opere geotecniche.**

Esercitazioni

Durante le esercitazioni verranno sviluppati e discussi esercizi ed applicazioni degli argomenti trattati in lezione.

Libri consigliati

A chi desiderasse approfondire gli argomenti trattati nelle lezioni si consiglia la consultazione dei seguenti testi:

H. F. Winterkorn e H. Y. Fang: Foundation engineering handbook, Van Nostrand Reinhold Company.

J. E. Bowles: Foundation analysis and design, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.

H. G. Poulos e E. H. Davis: Pile foundation analysis and design, John Wiley and sons.

C. Viggiani: Fondazioni, Cuen, 1993.

FONDERIA
Prof. Giovanni CAIRONI

AR0126

Programma d'esame

Modelli per fonderia. Materiali per la formatura e le anime, preparazione e rigenerazione.

I metodi di formatura tradizionali e innovativi.

La formatura meccanizzata; macchine e impianti.

Metodi di colata. La finitura dei getti.

Prove tecnologiche di processo. Il collaudo dei getti.

Difetti nei getti.

I forni fusori per la fonderia di leghe ferrose e non ferrose.

Problemi ambientali nella fonderia: emissioni e rifiuti, normative nazionali e comunitarie.

Metallurgia delle ghise. Il diagramma di stato per le ghise. I diagrammi strutturali. Le inoculazioni. Riempimento delle forme ed alimentazione, materozze, raffreddatori, ecc.. Influenza degli elementi aggiunti alle ghise.

Vari tipi di ghise, proprietà e metodi di elaborazione.

Le leghe di alluminio per fonderia.

Le leghe di rame per fonderia.

Gli acciai per getti. Diagrammi di stato per gli acciai. Calcolo della alimentazione.

Vari tipi di acciai. Proprietà e metodi di elaborazione

La colata sotto pressione nelle leghe non ferrose.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale.

Esercitazioni

Calcolo delle cariche dei forni.

Metallografia di leghe da fonderia.

Visite ad impianti.

Libri consigliati

A Rossini, G. Tosi: Dispensa di Fonderia, CUSL.

La Metallurgia della Ghisa, Assofond, voll. 1-2-3.

G. Spur, T. Stöferle: Enciclopedia delle Lavorazioni Meccaniche, vol. 1, Tecniche Nuove.

F. Mazzoleni: Tecnologie dei metalli, Vol. 1, UTET.

Solidificazione direzionale dei getti di acciaio, ASSOFOND

FOTOGRAMMETRIA **Prof. Gianfranco FORLANI**

AX0006

Programma d'esame

1. INTRODUZIONE.

Generalità sul rilievo fotogrammetrico. Orientamento interno ed esterno dei fotogrammi. Fondamenti matematici della fotogrammetria: trasformazioni proiettiva e prospettica. Restituzione.

2. SENSORI.

Richiami sulle lenti. Pellicole fotografiche. Sensori digitali. Fotocamere analogiche e digitali. Scanners. Distorsioni geometriche e radiometriche, qualità delle immagini. Calibrazione delle camere.

3. OPERAZIONI DI RIPRESA.

Progetto del piano di volo. Scelta dei parametri in funzione della scala della carta. Navigazione e strumenti ausiliari per la ripresa.

4. STEREOSCOPIA. STRUMENTI E METODI DI MISURA DELLE IMMAGINI.

Visione stereoscopica. Il modello stereoscopico e la marca mobile. Stereoscopi. Monocomparatori, stereocomparatori. Puntinatori.

5. FOTOGRAMMETRIA ANALITICA.

Orientamento interno. Correzioni delle coordinate per la distorsione. Equazioni di collinearità. Correzioni delle coordinate per la rifrazione atmosferica. Equazioni di complanarità. Orientamento relativo. Orientamento assoluto. Orientamento diretto.

Triangolazione aerea a stelle proiettive e modelli indipendenti. Punti di legame e di appoggio. Compensazione di blocchi fotogrammetrici. Parametri aggiuntivi. Uso del GPS nella triangolazione aerea. Trasformazioni tra sistemi di riferimento. Affidabilità dei blocchi fotogrammetrici.

6. RESTITUZIONE GEOMETRICA.

Restituzione analogica: grafico planimetrico e rappresentazione altimetrica.

Restituzione digitale: restituzione planimetrica codificata; acquisizione dati per modelli digitali.

7. RESTITUZIONE FOTOGRAFICA.

Il raddrizzamento. Strumenti raddrizzatori. Ortofotoproiezione: il raddrizzamento differenziale.

8. FOTOGRAMMETRIA DIGITALE.

Generalità. Acquisizione ed elaborazione delle immagini digitali: filtraggi e manipolazioni dei toni di grigio. Correzione delle distorsioni geometriche. Risoluzione geometrica e radiometrica. Metodi di correlazione automatica delle immagini. Selezione automatica di punti di immagini. Metodi per la ricerca automatica di punti omologhi. Metodi a risoluzione crescente: piramidi di immagini. Automazione delle diverse fasi del processo fotogrammetrico. Ortofoto digitali.

9. APPLICAZIONI CARTOGRAFICHE DEL RILEVAMENTO FOTOGRAMMETRICO.

La produzione cartografica. Redazione e collaudo delle carte. La cartografia numerica ed i sistemi informativi territoriali.

10. FOTOGRAMMETRIA TERRESTRE.

Camere terrestri metriche e semimetriche. Calibrazione. Progettazione del rilievo. Applicazioni della fotogrammetria terrestre in campo topografico, industriale, architettonico e giudiziario.

Esercitazioni

Durante l'anno sono previste esercitazioni di carattere numerico e strumentale. Per queste ultime gli allievi saranno divisi in squadre.

Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta con discussione.

Libri consigliati

A. Selvini: Elementi di fotogrammetria, CittàStudi, 1994.

F. Sansò: Il trattamento statistico dei dati, CittàStudi, 1991.

Saranno inoltre disponibili dispense su argomenti specifici.

GARANZIA DELLA QUALITÀ NELLA COSTRUZIONE DELLE MACCHINE AR0103

Prof. Attilio COSTA

*Programma d'esame***1) Tecnologia della lavorazione dei metalli per asportazione di truciolo.**

Moti utensile-pezzo nelle m.u. Materiali e geometria dell'utensile monotagliante. Formazione e svolgimento del truciolo. Usura dell'utensile. Forze di taglio. Fluidi di taglio. Parametri di lavoro. Relazioni per la durata, le forze, la potenza e la produttività. Qualità dei risultati: finitura, accuratezza (di forma, posizione, dimensioni integrità superficiale). Criteri economici di sub-ottimizzazione della singola lavorazione. Cenni alla tecnologia delle lavorazioni con utensili pluritaglienti (fresatura).

2) Le macchine utensili dal punto di vista della qualità dei risultati.

Organi principali, dispositivi complementari, attrezzi di presa e bloccaggio pezzi e utensili. Soluzioni costruttive, funzionalità e modalità operative e loro conseguenze sulla qualità dei risultati generati. Difetti macchina ed errori pezzo. Requisiti di accettazione e prescrizioni di collaudo. Dispositivi di controllo e misura a bordo macchina. Macchine a controllo numerico. Apparecchi e macchine di misura pezzi e di presetting utensili.

3) Studi di fabbricazione e cicli di lavorazione in vista della qualità del prodotto.

Scelta del grezzo, del processo tecnologico, delle macchine; dei dispositivi complementari; scelta dei piazzamenti, delle attrezzature, delle modalità di bloccaggio; elaborazione del ciclo di lavorazione (sequenza dettagliata di operazioni aggregate in fasi, sottofasi e altri raggruppamenti); scelta delle lavorazioni degli utensili e dei metodi e parametri di lavoro; determinazioni dei tempi, delle forze, della potenza, della durata utensili, della produttività, dei costi; revisione della qualità dei risultati, pianificazione dei controlli e collaudi.

4) Metodi di pianificazione e organizzazione delle fabbricazioni.

Classificazione morfo-tecnologica dei pezzi meccanici. Codice Opitz e cenni ad altri codici e procedure di classificazione assistite. Statistiche dei pezzi prodotti in alcuni settori industriali. Tipizzazione dei cicli di lavorazione e in particolare di elementi di forma semplici. Pianificazione

dei processi assistita da calcolatore (CAPP), approcci generativo e variante.

Sistemi intelligenti per la pianificazione e il controllo delle fabbricazioni.

Lavorazione per famiglie (Group Technology), unità cellulari di produzione e linee operative flessibili.

5) La qualità nella fabbricazione meccanica.

La qualità del prodotto e del servizio come risultato della qualità globale del sistema e dei metodi di produzione: concetti, termini, parametri, metodologie.

- **Ingegneria della qualità** - qualità intrinseca prodotta nei vari stadi del processo: ideazione, progettazione, pianificazione, produzione, messa in servizio, manutenzione, assistenza.
- **Garanzia della qualità** - conduzione a gestione della produzione, qualificazione e certificazione della fornitura.
- **Controllo della qualità** - in accettazione, produzione, collaudo, su materiali, funzionalità dei mezzi, prestazioni di prodotti.
- **Mantenimento della qualità** - affidabilità, durabilità, disponibilità, manutenibilità, fidatezza.

Esercitazioni

Parallelamente alle lezioni, l'insegnamento prevede una serie di esercitazioni che richiedono una diretta attività degli allievi (se necessario divisi in gruppi), e riguardano i seguenti punti:

- 1) prove di lavorazione in officina;
- 2) elaborazione di studi di fabbricazione e cicli di lavorazione;
- 3) studio di casi industriali.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale, che comprenderà anzitutto la discussione di un esempio di studio di fabbricazione (presentato dal candidato o scelto tra quelli elaborati nelle esercitazioni) e quindi l'accertamento della padronanza dei concetti e metodi generali.

Libri consigliati

Appunti alle Lezioni sono disponibili presso il Dipartimento di Meccanica; a loro complemento si raccomanda:

Norme UNI 3963/1 e 2 sugli errori geometrici delle superfici, in particolare sulla rugosità.

Norme UNI 7226/1, 2, 3, 4 sugli errori e le tolleranze di forma e posizione.

Norme UNI 5954 sulla tolleranza naturale di lavorazione delle macchine utensili.

Norme UNI ISO 8402 sulla terminologia della qualità.

Norme UNI EN 29000, 29001, 29002, 29003, 29004 sulla garanzia della qualità.

Norme UNI CEI 70001 sulla normazione e la certificazione.

Norme UNI CEI EN 45012 sulla certificazione dei sistemi di qualità.

Norme UNI 4723 e 4842 (compresi allegati) sul controllo di qualità.

Norme UNI 8000 sulla terminologia e i concetti dell'affidabilità.

G. Spur, T. Stoeferle: Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche, Vol. 3 e 4 Asportazione del Truciolo. Tecniche nuove 1980.

S.M.E.: Tool and Manufacturing Engineers Handbook, 4a ediz., Vol. 1⁰, McGraw-Hill 1983.

Si consiglia inoltre di consultare, in relazione alle varie parti del programma dell'insegnamento:

G.F. Micheletti: Tecnologia meccanica, Vol. I, Il taglio dei metalli. 2a ediz., UTET 1977.

R. Weill: Techniques d'usinage, Dunod 1971.

M.C. Shaw: Metal cutting principles, Clarendon Press, Oxford 1984.

W. Koenig: Fertigungsverfahren, Vol. 1 e 2, VDI-Verlag 1981 e 1980.

D.H. Bruins, H.J. Draeger: Utensili e macchine utensili ad asportazione di truciolo, Vol. 1, Utensili.

Tecniche nuove 1981.

G.F. Micheletti: Tecnologia meccanica, Vol. II, Le macchine utensili. 2a ediz., UTET 1979.

M. Weck: Handbook of Machine Tools, Vol. IV, Wiley 1984.

R. Shah: Lavorazioni a C.N., Tecniche nuove 1981.

P. Bezier: Emploi des machines a commande numerique, Masson 1970.

R.S. Pressman, J.E. Williams: Numerical Control and Computer Aided Manufacturing, Wiley 1977.

A. Andrisano, W. Grilli: Esercitazioni di macchine utensili, Pitagora, Bologna 1981.

J. Karr: Gammes d'usinage et analyses de phases. Etude de fabrication mecanique, Dunod 1970.

- C. Chang, M. Melkanoff: NC Machine programming and software design, Prentice 1989.
 M. Sava, J. Puzsai: Computer Numerical Control programming, Prentice 1990.
 I. Faux, M. Pratt: Computational geometry for design and manufacturing, Wiley 1979.
 H. Opitz: A classification system to describe workpieces, Pergamon-Press 1970.
 S.P. Mitrofanow: La lavorazione a gruppi, F. Angeli 1964.
 C.C. Gallagher, W.A. Knight: Group Technology, Butterworths 1973.
 E.A. Arn: Group Technology, Springer-Verlag 1975.
 A. Kusiak: Intelligent manufacturing system, Prentice 1990.
 T.C. Chang: Expert Process Planning for manufacturing, Addison Wesley 1990.
 R. Montefusco: Total Quality Assurance, ISEDI 1990.
 S. Ghersini: Qualità e affidabilità nella pratica industriale, Tecniche Nuove 1988.
 N. Nicoletti: La gestione della qualità, F. Angeli 1987.
 G. Griffith: Quality Technician's Handbook, Wiley 1986.
 J. Jouran, F. Gryna: Quality planning and analysis, 2a ediz., McGraw 1980.
 J. Jouran, F. Gryna: Quality control Handbook [Sect. 9], 4a ediz., McGraw 1988.
 M. Sinha, W. Willborn: The management of Quality Assurance, Wiley 1985.
 J. Evans, W. Linsay: The management and control of Quality, West Publ. 1989.
 J.R. Ross: Taguchi techniques for quality engineering, McGraw 1988.

GASDINAMICA **Prof. Paolo LUCHINI**

AL0005

Programma d'esame

Correnti stazionarie monodimensionali: equazioni globali e indefinite - correnti isentropiche - onde d'urto normali - correnti viscosse in condotti a sezione costante - cenni sulle correnti con apporto di calore - combustione e teoria di Chapman e Jouguet.

Equazioni della gasdinamica: equazioni globali e indefinite della massa e della quantità di moto; equazione costitutiva dei fluidi newtoniani (richiami) - equazione dell'energia; legge di Fourier - equazione dell'entropia - schema delle equazioni della gasdinamica, condizioni al contorno - equazioni del moto turbolento medio - equazioni per un miscuglio binario di gas reagenti.

Correnti ideali: equazioni indefinite e correnti irrotazionali - teorema di Bernoulli, relazione di Crocco - cenni di acustica, onde piane e sferiche - piccole perturbazioni stazionarie di correnti uniformi: corrente su profilo alare sottile, su solido di rotazione allungato - regole di similitudine per i profili, per i solidi di rotazione - disgressione sulle varietà caratteristiche e la propagazione ondosa - metodo delle caratteristiche e sua applicazione allo studio delle correnti non stazionarie monodimensionali e delle correnti stazionarie piane - onde d'urto oblique e relativi diagrammi, riflessione ed intersezione di onde d'urto - cenni sul metodo delle onde deboli - determinazione della resistenza d'onda - correnti transoniche su profili alari, caratteri del passaggio attraverso il regime transonico - regola di similitudine transonica, trasformazione odografica, caratteristiche sul piano odografico, cenni sulle correnti ipersoniche e sulla regola di similitudine ipersonica.

Correnti viscosse e conduttrici del calore: corrente rettilinea alla Couette - integrale dell'energia e temperatura di recupero - strato limite laminare comprimibile, soluzione di Chapman e Rubesin - cenni sullo strato limite turbolento.

Teoria cinetica dei gas e gas rarefatti: funzione di distribuzione e grandezze macroscopiche - cenni sulla equazione di Boltzmann, deduzione delle equazioni di bilancio, teorema H, modello B.G.K. - cammino libero medio e numero di Knudsen, regimi delle correnti rarefatte - soluzione dell'equazione B.G.K. nel limite del continuo ed equazioni costitutive - cenni sull'interazione tra gas e superficie.

Introduzione alla gasdinamica numerica: generalità, discretizzazione spaziale e temporale, accuratezza, stabilità, consistenza, convergenza - esempi di schemi per l'equazione scalare di convezione - Il problema di Riemann per equazioni scalari e per sistemi di equazioni, lineari e non lineari - formulazione conservativa - metodi upwind - il metodo di Godunov, cenni ai metodi di soluzione approssimata del problema di Riemann - cenni ai metodi di ordine superiore.

Esercitazioni

Il corso è completato da esercitazioni teoriche e numeriche.

Testi consigliati

J.d. Anderson: Modern Compressible Flow, Mc Graw Hill, New York, 1990.

R.J. LeVeque: Numerical Methods for Conservation Laws, Birkhäuser Verlag, Basel, 1990

H.W. Liepmann, A. Roshko: Elements of Gasdynamics, John Wiley & Sons, New York, 1957.

A.H. Shapiro: The Dynamic and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, vol. 1 e 2, The Ronald Press Co., New York, 1954.

G.B. Whitham: Linear and Nonlinear Waves, John Wiley & Sons, New York, 1974.

Dispense del Corso reperibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale.

GENERATORI DI VAPORE Prof. Donatello ANNARATONE

AK0033

Programma d'esame

- 1. Classificazione dei generatori di vapore.** Classificazione in base al combustibile impiegato, alla trasmissione del calore, alla circolazione, al contenuto d'acqua e secondo la pressione della camera di combustione.
- 2. Tipi di generatori a tubi d'acqua.** Generatori a convezione. Generatori a irraggiamento. Generatori a ricupero.
- 3. Caratteristiche funzionali e costruttive dei generatori a tubi d'acqua.** Camera di combustione. Pareti tubiere irraggiate. Caratteristiche funzionali del corpo cilindrico. Funzione e costruzione dei collettori. Fascio dei tubi vaporizzatori. Curvatura dei tubi. L'operazione di mandrinatura. Surriscaldatore e risurriscaldatore. Economizzatore. Riscaldatore d'aria. Pericolo di scoppio dei tubi. Rivestimento esterno (cenni).
- 4. Caldaie a tubi da fumo.** Caratteristiche costruttive. Caratteristiche funzionali.
- 5. Caldaie a fluido diatermico.** Fluidi impiegati. Caratteristiche funzionali e costruttive. Vantaggi e svantaggi nei riguardi dei generatori a tubi d'acqua.
- 6. Combustibili.** Combustibili solidi (cenni). Combustibili liquidi. Combustibili gassosi.
- 7. Combustione.** Bruciatori. Caratteristiche della fiamma. Chimica della combustione. Aria teorica e reale. Gas di combustione. CO_2 e incombusti gassosi. Determinazione sperimentale dell'indice d'aria. Caratteristiche fisiche dell'aria e dei gas di combustione.
- 8. Trasmissione del calore.** Trasmittanza. Differenza media logaritmica di temperatura. Trasmissione del calore nella camera di combustione dei generatori a tubi d'acqua e delle caldaie a fluido diatermico. Adduttanza dell'acqua e del vapore. Adduttanza dei gas di combustione e dell'aria all'interno dei tubi. Trasmissione del calore nel focolare delle caldaie a tubi da fumo. Adduttanza dei gas di combustione e dell'aria che investono un fascio tubiero. Calore irraggiato dai gas di combustione. Calcolo della temperatura di uscita dei gas da un fascio tubiero o da un recuperatore di calore. Confronto fra la disposizione in fila e la disposizione a quinconce.
- 9. Rendimento del generatore.** Definizione del rendimento. Perdite per incombusti. Perdite per calore sensibile. Perdite per irraggiamento esterno. Perdite varie. Determinazione del rendimento.
- 10. Calcolo fluidodinamico.** Perdite di carico distribuite all'interno dei tubi o dei condotti. Perdite di carico concentrate. Perdita di carico attraverso i fasci. Circolazione naturale.
- 11. Materiali impiegati nella costruzione.** Caratteristiche meccaniche a caldo degli acciai. Acciai al carbonio. Acciai debolmente legati. Acciai austenitici. Acciai refrattari. Materiali refrattari e isolanti (cenni).
- 12. Dimensionamento delle parti in pressione.** Norme vigenti in Italia. Criteri generali di verifica. Sollecitazione ammissibile. Cilindri premuti dall'interno. Influenza delle forature. Tensioni dovute al flusso termico (cenni). Fondi bombati e conici. Fondi piani. Focolari delle caldaie a tubi da fumo. Piastre tubiere.
- 13. Strutture, tubazioni esterne, condotti.** Strutture portanti (cenni). Tubazioni esterne (cenni). Condotti (cenni).
- 14. Apparecchiature di misura, controllo, protezione e regolazione.** Apparecchi di misura e controllo. Apparecchiature di protezione, Valvole di sicurezza. Regolazione automatica (cenni).

Esercitazioni

Consistono in calcoli termodinamici di progetto e di verifica di caldaie o parti di caldaia, in calcoli fluidodinamici e in verifiche di resistenza di parti in pressione.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale

Libri di testo

D. Annaratone - Generatori di vapore (2 volumi) - Ed. CLUP.

GEOFISICA APPLICATA**AX0012****Prof. Luigi ZANZI***Programma d'esame*

- 1) **Generalità.** Caratteristiche dei metodi di prospezione; analogie e differenze con i procedimenti della Geofisica. Esplorazioni superficiali e profonde; applicazioni più frequenti a problemi di Ingegneria Civile e di programmazione Territoriale.
- 2) **Richiami di fisica-matematica**, (se necessari). Campi vettoriali; fenomeni oscillatori periodici ed aperiodici; sviluppi in serie ed in integrali di Fourier; spettri di frequenze; filtri analogici e matematici. Equazioni alle derivate parziali. Convoluzione e deconvoluzione.
- 3) **Generalità sulla propagazione delle onde.** Onde sinusoidali; onde di tipo più generale ad una e più dimensioni.
- 4) **Generalità sulle oscillazioni elastiche.** Relazioni fra sforzi e deformazioni nelle onde ad una dimensione; onde di compressione, (longitudinali); onde di scorrimento, (trasversali); relazioni fra costanti elastiche e velocità di propagazione; onde piane e sferiche. Applicazioni e limiti del principio di Huyghens; riflessione, rifrazione e diffrazione delle onde incidenti su superfici di discontinuità. Oscillazioni in tre dimensioni. Teoria dei raggi.
- 5) **Onde sismiche.** Proprietà elastiche e velocità di propagazione di vari tipi di formazioni geologiche; velocità di propagazione e coefficienti di assorbimento in funzione della litologia delle frequenze e della profondità.
- 6) **Propagazione delle onde sismiche in un terreno a stratificazione orizzontale.** Riflessioni semplici e multiple; onde rifratte; dromocrone. Valori più comuni delle frequenze in gioco in funzione di vari parametri.
- 7) **Apparecchiature sismiche.** Sismografi e geofoni; idrofon; amplificatori; filtri; registratori fotografici; registratori magnetici analogici e digitali. Caratteristiche dei geofoni in funzione del tipo di ricerca. Apparecchiature per altissime frequenze e piccoli tempi di registrazione.
- 8) **Metodo sismico a riflessione.** Stendimenti di geofoni; energizzazione del terreno; correzione dei dati registrati; funzione di velocità; calcolo della profondità; e della migrazione. Sezioni film magnetiche e corrette. Metodi di attenuazione del rapporto disturbo/segnale; eliminazione delle riflessioni multiple; deconvoluzione; vantaggi e svantaggi del metodo; potere separatore.
- 9) **Metodo sismico a rifrazione.** Energia rifratta e sue caratteristiche; dromocrone relative a due o più strati orizzontali; strati piani inclinati; velocità apparenti; strati di forma qualunque; metodi di interpretazione per successive approssimazioni. Esempi di applicazione a problemi di ingegneria civile.
- 10) **Resistività elettriche delle rocce.** Campo di variabilità delle resistività elettriche nelle formazioni geologiche; influenza dell'acqua di imbibizione, della litologia e della temperatura. Campi di applicazione dei metodi elettrici.
- 11) **Equazioni di Maxwell in semispazi conduttori;** campi generati ad elettrodi puntiformi posti nel terreno. Tipi differenti di quadripoli per le misure di resistività. Mezzi inomogenei; resistività apparenti; esplorazione orizzontale verticale. Corrente continue, e variabili, periodiche ed aperiodiche. Effetto pelle.
- 12) **Casi di stratificazione orizzontale.** Soluzione della equazione di Laplace in regime di corrente continua; integrali di soluzioni semplici; immagini; calcolo delle curve di resistività apparente nei casi di due, tre e più fasi. Interpretazione dei dati di campagna mediante metodi approssimati. Metodi di interpretazione automatica, Effetto delle variazioni laterali.

- 13) Strutture più complicate della stratificazione orizzontale.** Cenno ai metodi di calcolo per le proiezioni in corrente continua.
- 14) Metodi elettromagnetici.** Profondità di esplorazione in funzione della frequenza e della resistività del sottosuolo; energizzazione mediante elettrodi infissi nel terreno e mediante bobine magnetiche.
- 15) Cenno al metodo magnetotellurico.**
- 16) Carotaggi sismici.** Frequenze usate; misure di velocità nei fori; utilizzazione delle onde superficiali propagantesi lungo la superficie interna dei fori.
- 17) Carotaggi elettrici.** Misure di potenziali spontanei; misure di resistività; sonde normali sonde laterali e microsonde. Uso di carotaggi elettrici nelle ricerche di vario tipo.
- 18) Carotaggi radioattivi.** Carotaggi basati sull'uso di raggi gamma; carotaggio neutronico.

Libri consigliati

Dispense redatte dall'ing. Luigi Zanzi

P. Kearey and M. Brooks: An Introduction to Geophysical Explorations, Blackwell Scientific Publications.

GEOLOGIA APPLICATA**AY0010**

(per allievi in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio e Ingegneria Civile (con esclusione dell'ind. idraulico))

Prof. Vincenzo FRANCANI*Programma d'esame*

- 1. Geologia generale (elementi di litologia e geologia).**
 - 1.1 Costituzione della terra
 - 1.2 Fenomeni endogeni principali
 - 1.3 Minerali delle rocce, riconoscimento, utilizzi
 - 1.4 Terre e rocce, riconoscimento, proprietà tecniche, utilizzi
 - 1.5 Elementi fondamentali di tettonica, stratigrafia, geomorfologia
- 2. Prospezione Geologica.**
 - 2.1 Il rilevamento geologico di superficie
 - 2.2 Fotogeologia
 - 2.3 Sezioni geognostiche
 - 2.4 Carte geologiche e geotematiche
 - 2.5 Studio geologico delle pianure alluvionali, delle aree moreniche, dei suoli, delle aree montuose, delle aree desertiche, delle zone vulcaniche, delle coste marine
 - 2.6 Nozioni sulle prospezioni geoelettriche, geosismiche e gravimetriche e sui loro impieghi
 - 2.7 Correlazioni, elementi di geocronologia, datazione assoluta
 - 2.8 Perforazioni a percussione e rotazione
 - 2.9 Impieghi e costi delle perforazioni nella prospezione geologica, scelta dei metodi di perforazione
 - 2.10 Campagne di sondaggi, impostazione delle prospezioni geologiche di dettaglio, studi di laboratorio, elaborazioni finali
- 3. Idrogeologia generale.**
 - 3.1 Le acque nelle terre sciolte
 - 3.2 Le acque nelle rocce
 - 3.3 Sorgenti: tipologia, ricerca e protezione
- 4. Idrogeologia applicata.**
 - 4.1 Ricerca idrica nelle pianure alluvionali e aree moreniche
 - 4.2 Ricerca idrica nelle valli alpine e appenniniche, nelle zone montuose
 - 4.3 Problemi idrogeologici delle zone costiere
 - 4.4 Problemi idrogeologici delle aree desertiche
 - 4.5 Idrochimica applicata agli studi idrogeologici
 - 4.6 Studi idrogeologici per gli inquinamenti e per i progetti di smaltimento dei rifiuti inquinanti
 - 4.7 Studi idrogeologici nei progetti per serbatoi artificiali
 - 4.8 Problemi idrogeologici delle aree paludose

- 4.9 Problemi idrogeologici delle aree urbane e industriali; ricarica degli acquiferi
5. **Geologia tecnica.**
- 5.1 Influenza dell'evoluzione geologica, del clima, delle acque superficiali e sotterranee, sulle proprietà tecniche di rocce e terre
- 5.2 Neotettonica
- 5.3 Dinamica ed evoluzione dei versanti, dei litorali, delle aree lacustri e vulcaniche, di fiumi e ghiacciai
- 5.4 Studi geologici per l'individuazione e la cartografia dei dissesti
- 5.5 Studio geologico delle frane e dei fenomeni di instabilità
- 5.6 Indagini geologiche per progetti di sistemazione dei versanti
- 5.7 Indagini geologiche per la progettazione di edifici e per studi di fondazioni
- 5.8 Studi geologici nell'ambito di progetti urbanistici
- 5.9 Prospezione per cave e miniere; studi per la soluzione dei problemi ambientali connessi
- 5.10 Indagini geologiche per la costruzione di strade e per ferrovie e aeroporti.
- 5.11 Studi geologici per gallerie
- 5.12 Studi geologici per la progettazione di opere marine, fluviali e ponti
6. **Geologia ambientale.**
- 6.1 Indagini geologiche per la previsione dell'impatto ambientale di progetti urbanistici ed opere civili in aree di elevato interesse ecologico
- 6.2 Indagini geologiche per la protezione di aree esposte a calamità naturali (terremoti e alluvioni)

Esercitazioni

Riconoscimento pratico dei minerali litogeni e delle rocce. Problemi di stratimetria, rilevamento geologico e stesura di carte e sezioni geologiche. Esame sul terreno di aspetti e problemi geologico-applicativi. Stesura di relazioni su problemi geologico-applicativi

Modalità d'esame

Al termine delle esercitazioni, verrà svolta una prova pratica che comporta il riconoscimento di rocce e la stesura di sezioni geologiche; tale prova fornirà, insieme al colloquio d'esame, gli elementi per il giudizio finale.

Libri consigliati

A. Bini, L. Scesi: Geologia applicata 1: Minerali, rocce e loro proprietà tecniche, ed. CLUP Milano.
 O. Vecchia: Geologia applicata 2: Sismologia geologica, ed. CLUP Milano.
 A. Bini, L. Scesi: Geologia applicata 3: Geologia generale e cartografia geologica, ed. CLUP Milano.
 M. Pellegrini: Geologia Applicata, ed. Pitagora Bologna.

GEOLOGIA APPLICATA

(per gli allievi di Ingegneria Civile)

Prof. Giovanni Pietro BERETTA

BN0002

Programma d'esame

1. **Geologia generale (elementi di litologia e geologia).**
 - 1.1 Costituzione interna della terra
 - 1.2 Fenomeni endogeni principali
 - 1.3 Minerali delle rocce: riconoscimento e utilizzi
 - 1.4 Principali rocce: riconoscimento e utilizzi, proprietà tecniche
 - 1.5 Elementi di geomorfologia
 - 1.6 Elementi di stratigrafia, tettonica e neotettonica
 - 1.7 Elementi di stratimetria
2. **Prospezione Geologica.**
 - 2.1 Il rilevamento geologico di superficie
 - 2.2 Fotogeologia
 - 2.3 Carte geologiche e geotematiche
 - 2.4 Prospezioni dirette: sondaggi meccanici in terreni e rocce
 - 2.5 Principali tipi di prove in sito: prove penetrometriche, prove di carico, prove di permeabilità

- 2.6 Prospezioni indirette: prospezione geofisica ed elettrica
- 2.7 Cenni ad altri tipi di prospezioni geofisiche
- 2.8 Prove di laboratorio su terreni e rocce
- 2.9 Impostazione di una campagna di prospezioni geognostiche
- 3. **Il rilevamento geologico-tecnico.**
- 3.1 Parametri e prove per la classificazione della qualità delle rocce
- 3.2 Diagrammi strutturali
- 3.3 Classificazioni della qualità delle rocce di Bieniawski e Barton
- 4. **Idrogeologia generale.**
- 4.1 La circolazione idrica sotterranea nei terreni e nelle rocce
- 4.2 Principali leggi dell'idraulica sotterranea e condizioni di regime stazionario e transitorio
- 4.3 Tipi di falde
- 4.4 Il flusso idrico nel mezzo non saturo
- 4.5 Modalità di afflusso delle acque alle trincee e ai pozzi: leggi di Dupuit e Theis
- 4.6 Cartografia idrogeologica
- 4.7 Elementi di geostatistica applicata all'idrogeologia
- 4.8 Principali sistemi acquiferi e modalità di captazione delle acque
- 4.9 Classificazioni delle sorgenti
- 5. **Idrogeologia applicata.**
- 5.1 Ricerca idrica nelle pianure alluvionali e in aree moreniche
- 5.2 Ricerca idrica nelle valli alpine e appenniniche, nelle zone montuose
- 5.3 Problemi idrogeologici delle aree costiere
- 5.4 Problemi idrogeologici delle aree desertiche
- 5.5 Problemi idrogeologici delle aree urbane e sovrasfruttamento degli acquiferi
- 5.6 Effetti di subsidenza indotti dall'estrazione di fluidi dal sottosuolo
- 5.7 Principali parametri idrogeologici e loro determinazione con prove di pompaggio in relazione alla struttura idrogeologica (metodi di Jacob, Theis, Hantush-Walton, Boulton)
- 5.8 Impostazione ed utilizzo di modelli idrogeologici di flusso
- 6. **Studi geologici per gli interventi di tutela della qualità delle acque sotterranee.**
- 6.1 Principali facies idrochimiche delle acque in relazione alla tipologia degli acquiferi
- 6.2 Modalità di contaminazione delle acque sotterranee
- 6.3 Inquinamenti puntuali delle acque sotterranee: legge della dispersione idrodinamica
- 6.4 Principali parametri idrodispersivi e loro determinazione
- 6.5 Inquinamenti non puntuali delle acque sotterranee
- 6.6 Impostazione ed utilizzo di modelli idrogeologici di trasporto
- 6.7 Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento e protezioni delle opere di captazione
- 6.8 Studi idrogeologici per gli interventi di disinquinamento e bonifica
- 6.9 Reti di controllo e loro ottimizzazione
- 7. **Pozzi per acqua.**
- 7.1 Criteri geologici di scelta della perforazione dei pozzi per acqua
- 7.2 Completamento e sviluppo dei pozzi
- 7.3 Prove di portata, perdite di carico ed efficienza dei pozzi
- 7.4 Norme per la protezione delle acque prelevate dai pozzi
- 8. **Geologia tecnica.**
- 8.1 Dissesto idrogeologico e frane: classificazione delle frane
- 8.2 Studi geologici per l'individuazione e cartografia dei dissesti
- 8.3 Cenni alle verifiche di stabilità in terreni e rocce
- 8.4 Indagini geologiche per la sistemazione dei versanti
- 8.5 Indagini geologiche per la progettazione dei drenaggi superficiali e profondi
- 8.6 Il monitoraggio delle frane
- 8.7 La cartografia geologico-tecnica
- 9. **Geologia applicata alla costruzione di grandi opere.**
- 9.1 Principali tipi di dighe e problematiche geologiche connesse alla loro localizzazione e indagini geologiche: condizioni di stabilità della soglia e del bacino sotteso dalle dighe, interventi di impermeabilizzazione e consolidamento, cenni all'impatto ambientale.
- 9.2 Studi geologici per i vari tipi di fondazione, capacità portante delle fondazioni superficiali in terreni e rocce, compressibilità di terreni e loro miglioramento, studi geologici per microzonazione sismica.

- 9.3 Studi geologici per le opere in sottoterraneo: classi di qualità della roccia e metodi di avanzamento e rivestimento, gallerie parietali, superficiali e profonde, previsione delle venute d'acqua in galleria, consolidamenti.
- 9.4 Problemi geologici nella costruzione delle strade: proprietà tecniche delle terre, prove su sottofondi stradali, principali requisiti dei materiali utilizzati nella costruzione di sottofondi stradali, cenni all'impatto ambientale.
- 9.5 Problemi geologici nella localizzazione delle discariche di rifiuti: tipologie di discariche e sistemi di impermeabilizzazione e di drenaggio, sistemi di controllo e di risanamento delle discariche.

Esercitazioni

Riconoscimento pratico dei minerali e rocce. Lettura ed interpretazione di carte geologiche e stesura di sezioni geologiche. Problemi di stratimetria. Esame sul terreno di aspetti e problemi geologico-applicativi. Stesura di relazioni su problemi geologico-applicativi

Modalità d'esame

Al termine delle esercitazioni, verrà svolta una prova pratica che comporta il riconoscimento di rocce e la stesura di sezioni geologiche; dovrà inoltre essere consegnato un elaborato su uno specifico argomento assegnato durante le esercitazioni. Tali prove forniranno, assieme al colloquio d'esame, gli elementi per il giudizio finale.

Libri consigliati

G.P. Beretta: Idrogeologia per il disinquinamento delle acque sotterranee, Pitagora Editrice, Bologna
 A. Bini, L. Scesi: Geologia applicata 1: Minerali, rocce e loro proprietà tecniche, ed. CLUP Milano.
 A. Bini, L. Scesi: Geologia applicata 3: Geologia generale e cartografia geologica, ed. CLUP Milano.
 P. Celico: Prospezioni idrogeologiche, Liguori Editore, Napoli
 E. Custodio, M.R. Llamas: Hidrologia subterránea, ed. Omega, Barcelona.
 V. Francani: Geologia applicata 4: Idrogeologia generale, ed. CLUP, Milano
 E.Hoeck, J. Bray: Rock Slope Engineering, Institution of Mining and Metallurgy, London.
 F. Ippolito, P. Nicotera, P. Lucini, M. Civita, R. de Riso: Geologia tecnica per ingegneri e geologi, ISEDI, Milano.

Il corso si propone la finalità di fornire le conoscenze di base e le metodologie di indagine per la risoluzione dei principali problemi geologico applicativi, nel campo di attività dell'ingegneria idraulica.

Una prima parte del corso è riservata all'acquisizione di informazioni di geologia generale utili per il riconoscimento delle rocce e per l'interpretazione della cartografia geologica. Sono poi descritte le metodologie di indagine in sito mediante prospezioni dirette e indirette, specificandone i campi di impiego e l'utilità, e le prove di laboratorio atte a definire il comportamento di terreni e rocce.

Vengono espone le modalità del flusso idrico sotterraneo nelle principali strutture idrogeologiche e nei sistemi acquiferi, con riferimento alla ricerca idrica e alle modalità di captazione delle acque (pozzi e sorgenti); vengono successivamente descritti i problemi connessi agli aspetti qualitativi delle risorse idriche sotterranee e più importanti interventi di tutela e disinquinamento. La dinamica dei versanti viene considerata in base al riconoscimento della tipologia dei movimenti franosi, per i quali sono descritti i metodi di indagini, le verifiche di stabilità, gli interventi di sistemazione e di monitoraggio.

Sono infine affrontati gli studi e le indagini da effettuare in relazione alla costruzione di importanti opere pubbliche quali dighe, ponti, opere in sottoterraneo, strade e discariche, anche in relazione al loro impatto ambientale.

GEOMETRIA

AP0008

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il territorio, Civile ed Edile)

Prof. Renato BETTI, Maria Luisa VERONESI

Programma d'esame

Algebra lineare:

Elementi di calcolo combinatorio. Matrici, determinanti, sistemi di equazioni lineari; teoremi di

Cramer e di Rouchè-Capelli: somma e prodotto di matrici, matrice inversa; equazione caratteristica, autovalori ed autovettori di una matrice quadrata; matrici simili, diagonalizzabili, ortogonali, simmetriche reali; trasformazioni ortogonali, forme quadratiche, teorema di Cayley-Hamilton. Cenni sugli spazi vettoriali.

Geometria analitica del piano:

Il piano complesso; rappresentazioni analitiche delle rette; cambiamenti del sistema di riferimento. Rappresentazioni analitiche delle curve piane: cenni sulle curve algebriche, esempi di curve trascendenti, circonferenza, ellisse, iperbole, parabola. Riduzione a forma canonica dell'equazione di una conica. Elementi impropri, coordinate omogenee, fasci di coniche; polarità piana.

Geometria analitica dello spazio:

Rappresentazioni analitiche di piani e rette; cambiamenti del sistema di riferimento. Rappresentazioni analitiche di curve e superfici: cenni alle superfici algebriche, sfera, cilindri, coni, superfici di rotazione. Quadriche, riduzione a forma canonica dell'equazione di una quadrica.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta. Le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

E. Marchionna, U. Gasapina: Appunti ed esercizi di Geometria. Voll. I e II, Masson, Milano.

U. Gasapina: Algebra delle matrici, Masson, Milano.

E. Dedò, A. Varisco: Algebra lineare, II ed., CittàStudi, Milano.

A. Varisco: Temi d'esame di geometria, II ed., CittàStudi, Milano.

GEOMETRIA

AP0008

(per allievi di Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni)

Proff. Jolanda GALBIATI, Luigi GRASSELLI, Rodolfo TALAMO, Ada VARISCO

Programma d'esame

Cenni di calcolo combinatorio. Strutture algebriche. Matrici. Operazioni sulle matrici. Determinante di una matrice quadrata. Matrice inversa. Rango di una matrice. Spazi vettoriali ed applicazioni lineari. Nucleo ed immagine. Sistemi lineari. Teoremi di Cramer e di Rouchè-Capelli.

Polinomio caratteristico, autovalori ed autovettori. Polinomio minimo.

Matrici simili. Diagonalizzazione e triangolarizzazione di una matrice quadrata. Teorema di Cayley-Hamilton ed applicazioni.

Matrici di Jordan.

Matrici ortogonali e sistemi ortonormali.

Forme quadratiche. Riduzione a forma canonica di una forma quadratica.

Primi elementi di geometria analitica del piano. Fasci di rette. Curve piane. Curve algebriche e loro principali proprietà. Coniche dal punto di vista elementare: equazioni canoniche, eccentricità, proprietà focali. Riduzione dell'equazione di una conica a forma canonica. Classificazione delle coniche. Coordinate omogenee e punti impropri. Coniche nel piano proiettivo. Riconoscimento delle coniche. Polarità piana e sue principali proprietà. Elementi coniugati rispetto ad una conica. Centro e diametri. Condizioni lineari sui coefficienti di una conica. Fasci e reti di coniche. Triangoli autopolari. Birappporto. Quaterne armoniche. Corrispondenze bilineari. Proiettività, involuzione e loro rappresentazione analitica. Involuzione dei punti reciproci. Involuzione delle rette reciproche. Costruzioni grafiche.

Primi elementi di geometria analitica dello spazio. Equazioni di piani e di rette. Fascio di piani. Angoli di rette e piani. Equazioni di rette e piani orientati. Distanza di un punto da un piano. Minima distanza di due rette sghembe. Trasformazioni di coordinate cartesiane ortogonali. Superfici, linee e loro rappresentazioni analitiche. Sfere, cilindri, coni. Superfici di rotazione. Superfici rigate.

Coordinate omogenee e punti impropri. Superfici algebriche. Tangenti e piano tangente. Quadriche. Riduzione a forma canonica della equazione di una quadrica. Classificazione delle quadriche. Riconoscimento delle quadriche.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta.

Libri consigliati

- E. Dedò, A. Varisco: Algebra lineare. Elementi ed esercizi, III Ed., CittàStudi, Milano.
 U. Gasapina: Algebra delle matrici, Masson, Milano.
 E. Marchionna, U. Gasapina: Appunti ed esercizi di geometria, Masson, Milano.
 A. G. Kuros: Corso di algebra superiore, Editori Riuniti, Roma.
 C. Gagliardi, L. Grasselli: Algebra lineare e geometria, Esculapio, Bologna.
 A. Varisco: Temi d'esame di Geometria, II ed., CittàStudi, Milano.
 A. Varisco: Appunti di Geometria Proiettiva, CittàStudi, Milano
 A. Varisco: Curve e Superfici, Esculapio, Bologna.

GEOMETRIA (1/2 annualità)**AP0100**

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica)

Prof. Sorin DRAGOMIR

*Programma d'esame***Algebra delle matrici.**

Matrici, determinanti e relative proprietà. Sistemi di equazioni lineari. Algebra delle matrici: somma e prodotto di matrici, prodotto di una matrice per uno scalare, inversa e trasposta di una matrice; equazione caratteristica, autovalori ed autovettori di una matrice quadrata; matrici simili, diagonalizzabili, ortogonali; matrici reali e simmetriche; forme quadratiche. Trasformazioni ortogonali. Teorema di Cayley-Hamilton.

Geometria analitica.

Coordinate cartesiane ortogonali ed oblique nel piano, coordinate polari. Equazione della retta. Trasformazioni di coordinate. Curve piane e loro rappresentazione analitica. Curve algebriche. Piano complesso. Intersezione di curve. Intersezione di una curva algebrica con una retta. Esempi di curve trascendenti. Equazioni e proprietà di cerchi, ellissi, iperboli e parabole. Forma canonica dell'equazione di una conica.

Coordinate cartesiane, polari e cilindriche nello spazio. Equazione di un piano, equazioni di una retta. Superficie, curve e loro rappresentazione analitica. Spazio complesso. Superficie algebriche. Sfere, cilindri, coni e superfici di rotazione. Principali proprietà delle quadriche.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

- E. Marchionna, U. Gasapina: Appunti ed esercizi di Geometria. Parte I, Masson, Milano.
 U. Gasapina: Algebra delle matrici. Masson, Milano.
 E. Dedò, A. Varisco: Algebra lineare, II ed., CittàStudi, Milano.

GEOMETRIA (1/2 annualità)**AP0100**

(per allievi in Ingegneria Gestionale e dei Materiali)

Proff. Claudio PERELLI CIPPO, Raffaele SCAPELLATO*Programma d'esame***Relazioni e strutture algebriche.**

Operazioni tra insiemi, relazioni, funzioni, relazioni d'equivalenza, partizioni; operazioni e strutture algebriche, gruppi, anelli, campi; anello dei polinomi.

Matrici e determinanti.

Matrici, operazioni sulle matrici, anello delle matrici quadrate, matrici ortogonali; permutazioni, determinanti, riduzione a forma triangolare, teorema di Laplace.

Spazi vettoriali.

Spazi vettoriali (esempi: n-ple, matrici, polinomi), sottospazi; generatori, dipendenza lineare, basi, dimensione; componenti d'un vettore, intersezione e somma, relazione di Grassmann.

Trasformazioni lineari.

Trasformazioni lineari, nucleo e immagine; matrici associate, rango, cambiamenti di base.

Sistemi lineari.

Sottospazi affini, sistemi lineari, teoremi di Cramer e di Rouchè-Capelli; rappresentazione cartesiana e parametrica dei sottospazi affini.

Autovalori e diagonalizzabilità.

Similitudine tra matrici, polinomio caratteristico, autovalori e autovettori, molteplicità algebrica e geometrica, matrici diagonalizzabili.

Spazi affini.

Vettori liberi, sottospazi affini e giacitura, parallelismo; affinità, sistemi di riferimento affini, cambiamenti di riferimento affine; condizioni di parallelismo, fasci d'iperpiani.

Spazi euclidei.

Distanza, norma, prodotti scalari, spazi vettoriali euclidei; basi ortonormali, cambiamenti di riferimento ortogonali, ortogonalità tra sottospazi.

Curve e superfici.

Generalità; punti impropri e coordinate omogenee, punti immaginari; varietà algebriche, coniche, quadriche.

Modalità d'esame

L'esame è basato su una prova scritta e una prova orale.

Libri consigliati

B. Ricetti Zucchetti, G. Tazzi Cantalupi: Algebra lineare e geometria analitica, La Goliardica Pavese, 1992.

E. Dedò, A. Varisco: Algebra lineare, 3^a ed. CittàStudi 1994.

C. Gagliardi, L. Grasselli: Algebra lineare e geometria, Volumi 1 e 2, ed Esculapio, 1992.

W. Pacco, R. Scapellato: Appunti di Geometria, CittàStudi 1993.

A. Varisco: Temi d'esame di geometria, CittàStudi, Milano.

A. Varisco: Curve e superfici, (dispense).

GEOMETRIA (1/2 annualità)**AP0100**

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Proff. Eziamaria ARAGNO, Ernesto DEDO'*Programma d'esame***Algebra delle matrici.**

Generalità sulle matrici. Matrice trasposta, matrice simmetrica ed emisimmetrica. Somma e prodotto di matrici, prodotto di una matrice per uno scalare. Combinazioni lineari di matrici. Determinante e rango. Inversa di una matrice quadrata. Sistemi di equazioni lineari. Equazione caratteristica, autovalori ed autovettori di una matrice quadrata. Teorema di Cayley-Hamilton. Matrici simili. Matrici diagonalizzabili. Matrici ortogonali. Diagonalizzazione ortogonale. Forme quadratiche,

trasformazioni lineari. Riduzione a forma canonica di una forma quadratica.

Spazi vettoriali.

Spazi vettoriali su un campo. Sottospazi. Dipendenza lineare di vettori. Basi e dimensione. Applicazioni lineari tra spazi vettoriali e matrici associate.

Geometria analitica del piano.

Coordinate cartesiane e oblique nel piano, equazione della retta. Trasformazioni di coordinate. Curve piane e loro rappresentazione analitica. Curve algebriche, intersezione di curve. Equazioni e proprietà di: circonferenze, ellissi, parabole, iperboli. Forma canonica dell'equazione di una conica. Classificazione delle coniche. Condizioni che individuano una conica. Fasci di coniche.

Geometria analitica dello spazio.

Coordinate cartesiane nello spazio. Coseni direttori di una retta e di un piano. Equazione generale del piano. Fascio di piani. Equazioni della retta. Curve e superfici: loro rappresentazione analitica. Spazio complesso, superfici algebriche. Sfere, cilindri, coni. Superfici di rotazione. Quadriche: classificazione e principali proprietà.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta seguita da una prova orale.

Libri consigliati

E. Dedò, A. Varisco: Algebra lineare, CittàStudi, Milano.

E. Dedò: Spazi vettoriali (dispense). Vol. I, Masson, Milano.

B. Ricetti Zucchetti, G. Tazzi Cantalupi: Algebra lineare - Geometria analitica - Lezioni, La Goliardica Pavese

B. Ricetti Zucchetti, G. Tazzi Cantalupi: Algebra lineare - Geometria analitica - Esercizi, La Goliardica Pavese

A. Varisco: Temi d'esame di geometria, CittàStudi, Milano.

A. Varisco: Curve e superfici, (Dispense).

GEOMETRIA E ALGEBRA

AP0101

Prof. Gabriella CANTALUPI TAZZI, Norma ZAGAGLIA SALVI

Programma d'esame

GEOMETRIA ANALITICA DEL PIANO E DELLO SPAZIO: segmenti orientati; relazioni segmentarie. Angolo di due rette; relazioni angolari. Proiezioni. Ascisse sulla retta; trasformazioni di ascisse. Ascisse angolari; coordinate tangenti in un fascio. Coordinate cartesiane nel piano e nello spazio. Distanza di due punti sulla retta, sul piano e nello spazio. Coseni direttori di una retta nel piano e nello spazio; angolo di due direzioni. Vettori liberi ed applicati; componenti di un vettore; somma di vettori; multiplo di un vettore; vettori componenti. Trasformazione di coordinate. Prodotto scalare e vettoriale di due vettori; prodotto misto di tre vettori. Equazione generale ed equazione normale di una retta nel piano; altre forme dell'equazione di una retta; distanza di un punto da una retta; questioni riguardanti una coppia di rette; fasci di rette. Rappresentazione di un piano nello spazio; questioni riguardanti una coppia di piani. Rappresentazione di una retta nello spazio; passaggio dalle equazioni generali alle normali. Distanza di un punto da un piano. Fasci e stelle di piani. Coordinate polari nel piano; coordinate cilindriche e polari nello spazio. Studio di alcuni luoghi geometrici nel piano; circonferenza; ellisse; iperbole; parabola; equazioni polari dell'ellisse, dell'iperbole, della parabola. Curve algebriche e trascendenti. Curve diagramma. Alcuni tipi notevoli di equazioni. Superfici e curve nello spazio; coni; cilindri; superfici di rotazione. Riduzione a forma canonica e classificazione delle coniche. Riduzione a forma canonica e classificazione delle quadriche.

ALGEBRA LINEARE: Principali strutture algebriche. Spazi vettoriali; sottospazi; spazi intersezione; somma e somma diretta di sottospazi. Spazio vettoriale delle matrici; prodotto di matrici; matrici diagonali, scalari, triangolari, ortogonali. Matrici a blocchi. Dipendenza ed indipendenza lineare. Basi e dimensione di uno spazio vettoriale; cambiamento di base. Rango di una matrice. Applicazioni lineari tra spazi vettoriali e matrici associate; matrici equivalenti e matrici simili. Determinante di una matrice; proprietà dei determinanti; calcolo con l'uso dei determinanti del rango di una matrice. Matrici invertibili. Sistemi lineari; metodo di eliminazione di Gauss. Polinomio caratteristico di una

matrice; autovalori ed autovettori. Diagonalizzazione delle matrici. Spazi vettoriali euclidei; basi ortogonali ed ortonormali; procedimento di ortogonalizzazione di Gram-Schmidt. Spazi vettoriali unitari; matrici hermitiane ed unitarie. Operatori normali e teorema spettrale. Diagonalizzazione di una matrice reale simmetrica. Espressione canonica delle forme bilineari reali simmetriche e delle forme quadratiche. Forme reali quadratiche definite positive, negative e semidefinite.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta.

Libri consigliati

B. Ricetti Zucchetti, G. Tazzi Cantalupi: Algebra Lineare - Geometria Analitica - Lezioni, Edizioni La Goliardica Pavese, Pavia.

B. Ricetti Zucchetti, G. Tazzi Cantalupi: Algebra Lineare - Geometria Analitica - Esercizi, Edizioni La Goliardica Pavese, Pavia.

E. Dedò, A. Varisco: Algebra Lineare, Elementi ed Esercizi, CLUP, CittàStudi.

GEOTECNICA

AN0016

(per gli allievi di Ingegneria Civile: indirizzi Geotecnica e Strutture e per gli allievi di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio)

Prof. Roberto NOVA

Programma d'esame

1. **Osservazioni introduttive:** formazione e classificazione delle terre, trasmissione dello sforzo, principio degli sforzi efficaci, redistribuzione dello stato di sforzo tra fase solida e fase liquida.
2. **Impostazione dei problemi al contorno in meccanica delle terre:** equazioni di equilibrio, congruenza, sforzi-deformazioni e continuità. Forma incrementale del legame costitutivo per le terre. Forze di filtrazione. Legge di Darcy. Disaccoppiamento del problema statico da quello idraulico.
3. **Moti di filtrazione:** equazione di flusso a regime, reticolo di flusso, materiale anisotropo, materiale non omogeneo, determinazione sperimentale della permeabilità, gradiente critico, sicurezza al sifonamento.
4. **Consolidazione:** consolidazione normale e sovraconsolidazione, coefficiente di compressibilità volumetrica, equazione della consolidazione per flusso unidirezionale, soluzione esatta della consolidazione in un edometro, determinazione sperimentale del coefficiente di consolidazione, consolidazione secondaria.
5. **Resistenza e deformabilità delle terre:** sforzi e deformazioni; apparecchio triassiale, concetto di stress path; coefficiente K_v , pressiometro, la prova edometrica come prova triassiale di consolidazione ad espansione laterale impedita; prove drenate e non drenate per sabbie, argille normalmente consolidate ed argille sovraconsolidate; concetto di linea dello stato critico; parametri per la determinazione della pressione neutra, apparecchiature per la determinazione della resistenza delle terre diverse dall'apparecchio triassiale. Dipendenza di angolo di attrito e coesione non drenata dal tipo di prova effettuata per determinarli. Determinazione di c_u e f' in sito.
6. **Interpretazione dei risultati sperimentali:** il modello di Cam Clay.
7. **Teoria della plasticità e meccanica delle terre:** concetto generale di analisi limite per materiali standard e non standard; metodo di Coulomb, metodo di Rankine. spinte attive e passive, discontinuità dello stato di sforzo, influenza dell'attrito terra-muro, metodo delle linee caratteristiche, metodo dei campi associati, espressione della capacità portante di una fondazione.
8. **Applicazioni della teoria della plasticità:** spinte sui muri di sostegno (caso generale), influenza di opere di drenaggio sulle spinte, muri a gravità, diaframmi, tiranti; scavi, altezza limite di uno scavo, scavi sbadacchiati; stabilità di scarpate di lunghezza indefinita, stabilità di rilevati di altezza limitata, metodo di Bishop; capacità portante di fondazioni superficiali, carico eccentrico e carico inclinato, fondazioni profonde e pali; discussione generale sulla definizione del coefficiente di sicurezza e sui parametri sperimentali da utilizzare nei calcoli.
9. **Teoria dell'elasticità e meccanica delle terre:** elasticità lineare, distribuzione dello stato di

sforzo sotto un carico concentrato e sotto un carico distribuito uniformemente, interazione terreno-struttura, elasticità non lineare, uso degli elementi finiti.

- 10. Applicazioni della teoria dell'elasticità:** cedimenti di fondazioni superficiali; terreni argillosi, cedimento immediato, cedimento dovuto alla consolidazione, metodo di Skempton e Bjerrum, metodo dello stress path; cedimenti di fondazioni su sabbia, determinazione del modulo elastico in sito, metodo di Schmertmann; velocità di cedimento, prevenzione dei cedimenti, cedimenti di fondazioni profonde.

Modalità d'esame

Per essere ammesso all'esame orale il candidato deve superare una prova scritta.

Libri consigliati

Colombo P.: Elementi di Geotecnica, Zanichelli, 1974.

Craig R.F.: Soil Mechanics, Van Nostrand Reinhold, 1974.

Lambe T.W., Whitman R.V.: Soil Mechanics, Wiley, 1968.

Lancellotta R.: Geotecnica, Zanichelli, 1991.

Simons N.E. - Menzies B.K., A Short Course in Foundation Engineering, Newnes-Butterworth, 1977.

Sono inoltre disponibili presso la CLUP le dispense del corso curate dal docente.

GEOTECNICA

AN0047

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Civile: indirizzo non Strutturistico e in Ingegneria Edile)

Prof.ssa Annamaria CIVIDINI

Programma d'esame

Osservazioni introduttive.

Definizioni generali e richiami di geologia sulla formazione dei terreni.

Identificazione e classificazione dei terreni.

Sistemi plurifase.

Principio degli sforzi efficaci. Tensioni geostatiche.

Condizioni drenate e non drenate.

Problemi al contorno in meccanica delle terre. Sistemi monofase e bifase in campo elastico, lineare.

Problema disaccoppiato di flusso. Moti di filtrazione in regime confinato e non confinato. Effetti del moto di filtrazione sullo stato tensionale.

Analisi dello stato di sforzo e di deformazione. Richiami di teoria dell'elasticità. Problema di Boussinesq. Stati tensionali per carichi concentrati e uniformemente distribuiti.

La consolidazione quale problema di deformazione e flusso. Mezzo bifase continuo elastico in regime di deformazione piana: analisi di tipo disaccoppiato e cenni per l'approccio accoppiato.

Comportamento meccanico delle terre ed interazione col fluido interstiziale.

Deformabilità dei terreni coesivi e non coesivi: compressibilità volumetrica ed edometrica. Effetti viscosi e compressibilità secondaria. Resistenza al taglio in condizioni drenate e non drenate.

Parametri per la definizione delle pressioni interstiziali.

Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri di deformabilità e di resistenza. Prove edometriche. Prove triassiali e di taglio diretto.

Determinazione sperimentale del coefficiente di permeabilità. Prove dirette e prove indirette.

Teoria della plasticità in meccanica delle terre.

Stati limite attivo e passivo. Metodi dell'analisi limite. Metodi delle linee caratteristiche, etc.

Indagini geotecniche in situ.

Sondaggi e campionamento. Misura delle pressioni neutre. Prove di permeabilità in situ. Prove penetrometriche statiche e dinamiche. Prove scissometriche. Programmazione di indagini geotecniche.

Problemi applicativi.

Scavi sostenuti e no. Influenza dell'attrito terra—parete e delle opere di drenaggio sulle spinte. Opere di sostegno rigide. Cenni per le opere di sostegno flessibili. Stabilità dei versanti naturali ed artificiali.

Scelta dei parametri da introdurre nel calcolo e definizione del coefficiente di sicurezza.

Fondazioni superficiali. Valutazione della capacità portante. Calcolo dei cedimenti in terreni coesivi e non coesivi. Scelta dei parametri da introdurre nel calcolo e definizione del coefficiente di sicurezza. Pali di fondazione. Valutazione della capacità portante limite. Prove di carico. Scelta dei parametri da introdurre nel calcolo e definizione del coefficiente di sicurezza. Cenni sulle tecniche di trattamento e consolidamento dei terreni.

Modalità d'esame

Per essere ammessi all'esame orale è necessario aver superato una prova scritta da sostenersi nel medesimo appello.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni verranno sviluppati e discussi esercizi ed applicazioni degli argomenti trattati a lezione. Saranno anche effettuate alcune visite in laboratorio.

Libri consigliati

A chi desiderasse approfondire gli argomenti trattati nelle lezioni si consiglia la consultazione dei seguenti testi:

K. Terzaghi e R.B. Peck: *Geotecnica*. U.T.E.T., 1975 (in edizione originale: *Soil Mechanics in Engineering Practice* - J. Wiley, 1967).

T.W. Lambe e R.V. Whitman: *Soil Mechanics*. J. Wiley, 1980.

GEOTECNICA NELLA DIFESA DEL TERRITORIO

AN0108

Prof. Andrea CANCELLI

Programma d'esame

- A. Stabilità dei pendii in terra ed in roccia.** Le frane: classificazione, meccanismi, indagini. Richiami dei metodi di calcolo tradizionali. Metodi di calcolo automatico per problemi bi- e tridimensionali. Ricerca della superficie di scorrimento di maggior pericolo. Analisi dei moti di filtrazione con superficie libera. Influenza della distribuzione della pressione neutra sulla stabilità di pendii. Stabilità di argini e di dighe in terra. Opere di stabilizzazione delle frane. Analisi di casi di interesse pratico. Opere di difesa dei versanti: controllo delle acque superficiali, sistemazione idraulica forestale, sistemazione dei calanchi.
- B. Neve e valanghe.** Comportamento meccanico della neve. Fenomeni di valanga. Valutazione del rischio e opere di difesa dalle valanghe.
- C. Fenomeni di subsidenza.** Richiami della teoria della consolidazione. Metodi numerici per l'analisi della consolidazione. Subsidenza dovuta alla variazione monotona o ciclica del livello di falda. Subsidenza causata dallo sfruttamento di depositi naturali sotterranei. Altre cause di subsidenza. Modelli analogici per la subsidenza di grandi aree. Discussione di casi di interesse pratico.
- D. Protezione dall'inquinamento.** Percolazione di scorie chimiche da discariche. Determinazione della permeabilità del terreno ad agenti chimici. Prove in sito ed in laboratorio. Opere di protezione delle discariche. Uso di scorie solide per la costruzione di opere geotecniche.
- E. Comportamento meccanico del terreno in presenza di carichi ciclici.** Discussione di dati sperimentali. Prove in sito ed in laboratorio. Leggi costitutive. Fenomeno della liquefazione. Determinazione dei parametri meccanici di interesse progettuale.
- F. Opere geotecniche per la protezione dell'ambiente.** Cenni sulle dighe in terra e sulle dighe foranee, argini, diaframmi plastici, opere di stabilizzazione.
- G. Analisi dell'idoneità di grandi aree ad ospitare insediamenti.** Carte geotecniche. Indagini in sito. Scelta del numero e della ubicazione ottimali dei sondaggi. Analisi statistica delle prove in sito. Identificazione delle caratteristiche medie dei depositi. Ricerca delle zone di pericolosità. Problemi geotecnicici degli antichi centri abitati e dei monumenti.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni verranno ripresi alcuni argomenti tratti nel corso delle lezioni e verrà sviluppata una tesina a carattere progettuale.

Libri consigliati

Lancellotta: Geotecnica, Zanichelli.

Lambe-Whitman: Soil Mechanics, John Wiley, New York. Hoek-Bray: Rock Slope Engineering, Inst. Mining & Metallurgy, London.

Schuster-Krizek: Landslides Analysis and Control, Nat. Academy of Sciences, Washington D.C.

Perla-Martinelli: Manuale delle valanghe, Reg. Veneto, Dip. Foreste (Centro Sperimentale di Arabba).

Soranzo-Menegus: Criteri per il dimensionamento di opere di difesa dai massi e dalle valanghe, Reg. Veneto, Dip. Foreste (Centro Sperimentale di Arabba).

Christensen, Cossu & Stegmann (eds.): Sanitary Lanfilling: Process, Technology and Environmental Impact, Academic Press, London.

Durante il corso verranno forniti appunti nonchè indicazioni bibliografiche sui singoli argomenti.

GESTIONE AZIENDALE**AQ0006**

(per gli allievi del Vecchio Ordinamento di Ingegneria Elettronica, Elettrica e Nucleare; per gli allievi del Nuovo ordinamento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica)

Prof. Emilio BARTEZZAGHI*Programma d'esame***PARTE PRIMA: I PROCESSI DECISIONALE E DI PIANIFICAZIONE.****1) Il processo decisionale e la modellizzazione dei problemi gestionali.**

Le fasi del processo decisionale. Razionalità completa e razionalità limitata. La decisione come processo di controllo. Le modalità di coordinamento e controllo. L'utilizzo dello schema del processo decisionale come metodologia di analisi dei problemi gestionali. La modellizzazione e la tipologia dei modelli. I modelli previsionali (serie temporali e previsione tecnologica). I modelli di simulazione.

2) Il processo di pianificazione strategica.

Strategia e pianificazione strategica. Economie di scala e di esperienza.

La definizione della strategia di business. Analisi competitiva. Catena del valore e strategie competitive di base.

La definizione della strategia corporate: concetti fondamentali; matrici di portafoglio; PIMS.

La definizione delle strategie funzionali: quadro degli obbiettivi di prestazione e delle leve delle strategie di marketing, finanza, produzione e logistica, tecnologia, personale.

PARTE SECONDA: SVILUPPO DI ALCUNI TEMI FUNZIONALI.**3) Produzione e Logistica.**

Strategia della produzione. Prestazioni e compiti critici del sistema produttivo e logistico. Quadro delle decisioni produttive. Tipologia dei sistemi produttivi e logistici. Coerenza delle decisioni produttive e focalizzazione.

L'approccio Just-in-time.

La gestione dei materiali. Natura delle scorte e degli immobilizzi. Gestione dei materiali a domanda indipendente. Sistemi di gestione delle scorte: Q-System, P-System. Sistemi di pianificazione delle scorte (metodi fasati nel tempo). Gestione dei materiali a domanda dipendente. Pianificazione dei fabbisogni di materiali (MRP). Sistemi di riordino "pull".

Programmazione e controllo della produzione. Concetti generali. Livelli temporali della programmazione. Schema generale della programmazione della produzione (MRP II). Programmazione aggregata e piano principale di produzione. Programmazione operativa.

4) Finanza.

Quadro delle decisioni finanziarie (cenni).

Scelta degli investimenti. Attualizzazione e formule di calcolo degli interessi. Criteri di valutazione dei progetti di investimento e confronti fra i criteri. Calcolo dei flussi di cassa. Analisi di rischio e costo del capitale.

PARTE TERZA: L'INTEGRAZIONE DEI PROCESSI E DELLE FUNZIONI.**5) Il Project Management.**

I principi di base del project management. La pianificazione e il controllo dei progetti. Strumenti operativi: diagrammi di Gantt e la programmazione reticolare.

6) La qualità totale e la gestione per processi.

Qualità di prodotto, qualità di processo e qualità totale. Qualità totale e gestione per processi: obiettivi di prestazione e principi di progettazione. La modellizzazione del lead-time dei processi: tipologie di modelli, componenti e determinanti. I fattori strutturali e le scelte organizzative e manageriali nell'ambito della gestione per processi.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono considerate il naturale complemento delle lezioni e tratteranno esempi e studi di casi specifici.

Modalità d'esame

L'esame comprende una prova scritta e una orale. La prova orale è centrata sullo svolgimento di un argomento a scelta da parte del candidato. E' prevista la possibilità di portare un elaborato, consistente nell'approfondimento bibliografico o nello svolgimento di un caso, in relazione a uno o più argomenti del programma del corso.

Libri consigliati

- A. De Maio, E. Bartezzaghi, O. Brivio, G. Zanarini: Informatica e processi decisionali, F. Angeli, 1982.
 E. Bartezzaghi: Introduzione alla Systems Dynamics, Dispense CLUP, 1981.
 B. Twiss e M. Goodridge: Managing the Technology for Competitive Advantage, Pitman, London, 1989.
 E. Vollmann, W.L. Berry, D.C. Whybark: Manufacturing Planning and control systems, Dow Jones-Irwin, 1988.
 D.F. Abell, J.S. Hammond: Strategic Market Planning: Problems and Analytical Approaches, Prentice-Hall, 1979.
 A.C. Hax e N.S. Majluf: La gestione strategica dell'impresa, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 1991.
 E. Bartezzaghi: Il sistema produttivo, dispensa, 1989.
 E.S. Buffa, J.G. Miller: Production and Inventory Systems-Planning and Control, Irwin, 1979.
 R.W. Schmenner: Produzione. Scelte strategiche e gestione operativa, Ed. Sole24Ore, 1987.
 J.J. Clark, T.J. Hindelang, R.E. Pritchard: Capital Budgeting, Planning and control of capital expenditures, Prentice-Hall, 1989.
 J.R. Meredith e Mantel S.J. : Project Management: a Managerial approach, John Wiley & Sons, New York, 1989.
 G.A. Rummler e A.P. Brache: Come migliorare i risultati in azienda, F. Angeli, 1992.

Un programma dettagliato, con l'indicazione dei riferimenti bibliografici per ogni argomento, è disponibile presso la segreteria didattica del Dipartimento di Elettronica e Informazione.

GESTIONE AZIENDALE
 (per gli allievi di Ingegneria Gestionale)
Prof. Adriano DE MAIO

AQ0006*Programma d'esame***1) Il processo decisionale.**

L'azienda come sistema. I processi aziendali. Il sistema di governo dei processi. Il processo decisionale: lo schema logico. Il ruolo dei diversi attori. Il processo decisionale a più attori (cenni alla teoria dei giochi). Sistemi gestionali di governo in anello aperto, in feedback ed in feedforward. L'apprendimento.

2) Il processo di pianificazione strategica.

Il processo di pianificazione strategica. L'oggetto della pianificazione con particolare riguardo alle variabili tecnologiche. Principi di base logico-organizzativi. I modelli di Ackoff e di Vancil-Lorange. Il SOR. Strumenti, metodi e tecniche di supporto.

3) La variabile tecnologica come leva competitiva.

Metodi di analisi interna delle capacità innovative. Metodi di analisi esterna dei fabbisogni tecnologici e previsione degli sviluppi della tecnologia. Il modello di Von Hippel; Tecniche e principi per stimolare la generazione di alternative tecnologiche e la creatività. Cenni ai metodi per la valutazione di investimenti in tecnologie innovative. Le forme organizzative interne ed esterne per la gestione della tecnologia. L'innovazione di prodotto e l'innovazione di processo.

4) L'integrazione di competenze e funzioni.

I processi operativi: elementi costitutivi. Il problema della scomposizione degli obiettivi aziendali: differenziazione disciplinare, segmentazione dei processi e integrazione. Gli approcci alla gestione ed il livello di turbolenza ambientale: dalle strutture, ai processi, alle risorse. Il rapporto fornitore-fruttore come elemento di analisi e progettazione dei processi. Le prestazioni dei processi; il concetto di lead time. Le interazioni fra le strategie funzionali lungo il processo logico-produttivo. Le interazioni fra le strategie funzionali lungo il processo di sviluppo di nuovi prodotti.

5) La gestione di interventi specifici di innovazione.

Innovazione continua e innovazione da impulso. La concezione di progetti di innovazione (identificazione degli obiettivi e dei confini). Cenni alle metodologie di analisi dei processi e criteri di riprogettazione. Il ruolo svolto dalla tecnologia nell'innovazione dei processi. I principi di base del Project Management. La gestione delle relazioni fra progetti di innovazione specifici e pianificazione strategica durante lo svolgimento del progetto. L'apprendimento nei processi di innovazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono momento di approfondimento e di integrazione delle tematiche affrontate nell'ambito delle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame è composto da una prova scritta ed una prova orale. Ulteriori informazioni sulle modalità d'esame unitamente a copie dei temi d'esame passati sono disponibili presso la segreteria didattica del dipartimento.

Libri consigliati

P Lorange: Corporate Planning, Prentice-Hall, 1980.

R.L. Ackoff: Creating the corporate future, John Wiley, 1981.

R.A. Burgelman, M.A. Maidique: Strategic Management of Technology and Innovation, Irwin, 1988.

E. Von Hippel: Le fonti dell'innovazione, McGraw-Hill, 1990.

A. De Maio, E. Maggiore: Organizzare per Innovare. Rapporti evoluti clienti-fornitori. ETAS, Milano, 1992.

E. Bartezzaghi, G. Spina, R. Verganti: Nuovi modelli d'impresa e tecnologie d'integrazione, Franco Angeli, Milano, 1994.

J.R. Meredith, S.J. Mantel: Project Management. A Managerial Approach Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1989.

K.B. Clark, T. Fujimoto: Product Development Performance, Harvard Business School Press, Cambridge MA, 1991.

H.I. Ansoff Management Strategico, ETAS, 1980.

Durante lo svolgimento del corso sono fornite indicazioni bibliografiche specifiche e viene distribuito altro materiale didattico di supporto preparato dal docente.

GESTIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

AQ0007

Prof. Antonio ROVERSI

Programma d'esame

1. La progettazione del sistema operativo.

a) Definizione dei diversi stadi di sviluppo del prodotto, del processo, degli impianti, della struttura organizzativa.

- b) Necessità di congruenza tra l'impianto produttivo, il processo prescelto, la struttura organizzativa, lo stadio del ciclo di vita del prodotto.
 - c) Analisi dello scenario in cui l'Azienda opera: analisi prodotto mercato. Segmentazione del mercato. Curve di esperienza. Analisi del portafoglio prodotti.
 - d) La definizione della missione produttiva: la strategia aziendale e sua congruenza con il sistema operativo. La organizzazione della funzione produzione.
- 2. La gestione del sistema operativo.**
- a) La identificazione degli oggetti: materie prime, semilavorati, prodotti finiti, impianti e macchinari. Analisi delle possibili strutture di codifica.
 - b) Tipologia produttiva: produzione a catalogo, produzione su specifica commessa del cliente.
 - c) La gestione delle scorte nel caso di domanda indipendente: lotto economico di acquisto, scorta di sicurezza, punto di riordino. Criteri previsionali.
 - d) Pianificazione dei fabbisogni. La distinta base. L'esplosione ai diversi livelli. La nettificazione dei fabbisogni. Le procedure per la determinazione del flusso dei materiali in Azienda. La programmazione della produzione: determinazione dei lotti ottimali, criteri di sequencing, la saturazione delle risorse produttive.
 - e) Il controllo dei risultati: la misura della produttività globale. La contabilità industriale: a costi pieni, direct costing; a costi consuntivi, preventivi, a costi standard. Il controllo di gestione: la misura degli scostamenti di quantità e prezzo. Il problema degli scarti. L'approccio "Activity Based".
 - f) La manutenzione ed il rinnovo degli impianti industriali. Teoria dell'affidabilità. Sostituzioni preventive. Valutazione delle diverse politiche di manutenzione: preventiva, su condizione. L'individuazione e la gestione dei ricambi industriali.
 - g) I modelli di produzione eccellenti: l'approccio JIT, TQM, TPM. Il miglioramento continuo. La massimazione del rendimento globale degli impianti: La produzione "tesa".

Modalità d'esame

Gli allievi presenteranno gli approfondimenti di argomento gestionale sviluppati durante le esercitazioni. Tali approfondimenti saranno esaminati e discussi solo dopo che l'allievo avrà dimostrato la conoscenza degli argomenti trattati nel programma di esame, attraverso il completamento di una prova scritta o mediante un esame orale.

Libri consigliati

Dispense del corso

- A. Roversi e altri: Manuale delle manutenzioni degli impianti industriali - F. Angeli Ed.
- A. Roversi e altri: I sistemi produttivi - ed. ISEDI
- Bonazzi: Il tubo di cristallo, ed. il Mulino.
- Ros e altri: La macchina che ha cambiato il mondo, Rizzoli

GESTIONE DEI PROGETTI DI IMPIANTO

AR0120

Prof. Franco CARON

Programma d'esame

- Il *Project Management* come filosofia gestionale: scopi e aree applicative.
- Il "progetto" di impianto: definizione, caratteristiche, tipologia, attori. Interazioni tra il ciclo di vita dell'investimento, del progetto, dell'impianto.
- Le società di Engineering e Contracting. L'iter di acquisizione e realizzazione del progetto. Aspetti operativi, tecnici, organizzativi, economici, finanziari, contrattuali, assicurativi.
- L'architettura del progetto. L'approccio sistemico. Criteri di pianificazione del progetto e delle strutture permanenti. Tecniche di preventivazione. Tecniche di analisi e gestione dei rischi.
- L'articolazione del progetto in voci di controllo. Regole di definizione della Work Breakdown Structure. La WBS nelle società di ingegneria e nella società manifatturiere.
- La programmazione del progetto. Le tecniche di programmazione reticolare (richiami ed approfondimenti). Le tecniche di schedulazione delle risorse.
- Le tecniche di controllo del progetto. La misura dell'avanzamento ed il controllo integrato tempi/

- costi. Le curve ad S. Analisi degli scostamenti ed azioni correttive. La stima a finire. Il controllo del progetto in ambiente multiprogetto. La gestione delle varianti di progetto. La valutazione delle prestazioni economico-finanziarie del progetto.
- Le fasi caratteristiche del progetto: ingegneria, approvvigionamenti e costruzione. Caratteristiche operative, aspetti critici e approcci gestionali.
 - Aspetti organizzativi del Project Management. Strutture temporanee e strutture permanenti. Le alternative organizzative. I ruoli organizzativi.
 - Software applicativo per il Project Management. Esempi applicativi. Criteri di valutazione e scelta.
 - Analisi di casi applicativi relativi alla progettazione e realizzazione di impianti complessi (esercitazioni).

Esercitazioni

Esercizi applicativi e sviluppo di casi didattici sugli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da una prova scritta.

Libri consigliati

Dispense del corso. Letture e testi integrativi saranno segnalati durante lo svolgimento del corso.
 Rossi: Project Management: le tecniche di gestione dei progetti, ISEDI, 1986.
 Meredith-Mantel: Project Management: a managerial approach, John Wiley & Sons, 1989.

GESTIONE DELL'INFORMAZIONE AZIENDALE **Prof. Piercarlo MAGGIOLINI**

AQ0102

Programma d'esame

- I. SISTEMI INFORMATIVI E TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE NELLE ORGANIZZAZIONI ECONOMICHE.**
 1. Concetti di base
 2. Il ruolo dell'informazione nelle organizzazioni economiche
 3. Tipologie di sistemi informativi
 4. Progettazione congiunta di sistemi informativi e organizzazione
 5. Le Tecnologie dell'informazione nelle imprese e nel mercato
- II. ANALISI DEI BISOGNI INFORMATIVI DELL'AZIENDA.**
 1. Analisi delle risorse e processi aziendali
 2. Analisi dei fattori Critici di Successo
 3. Analisi delle varianze
 4. Analisi delle transazioni economiche e organizzative
- III. LA PIANIFICAZIONE DELL'INFORMATICA AZIENDALE.**
 1. Problemi generali della pianificazione
 2. Informatica e strategia dell'impresa
 3. La pianificazione strategica dei sistemi informativi
 4. I sistemi informativi strategici
- IV. GESTIONE DELL'INFORMAZIONE AZIENDALE.**
 1. Logiche di progettazione
 2. Le varie informatiche: aziendale, individuale, di gruppo
 3. Accentrato/decentramento dei sistemi informativi
 4. Modalità di acquisizione/sviluppo delle applicazioni e criteri di scelta
- V. GESTIONE DEI PROGETTI DI INFORMAZIONE.**
 1. Gestione del rischio dei progetti di informazione: cause e rimedi al fallimento dei sistemi informativi.
 2. Il ruolo e la partecipazione degli utenti
 3. La gestione del cambiamento organizzativo
- VI. LA VALUTAZIONE ECONOMICA DELL'INFORMATIZZAZIONE.**
 1. Approcci alla valutazione economica dei sistemi informativi

2. Analisi dei benefici
 3. Analisi dei costi
 4. Analisi degli investimenti in informatica
 5. Casi di analisi costi-benefici
 6. Investimenti in Tecnologie dell'Informazione e performance aziendale
- VII. I FATTORI UMANI E SOCIALI.**
VIII. L'AUTOMAZIONE DEL LAVORO D'UFFICIO E L'END USER COMPUTING.
IX. L'INFORMATICA A SUPPORTO DEL LAVORO DI GRUPPO: IL GROUPWARE.
X. LA TELEMATICA AZIENDALE.
XI. SISTEMI INFORMATIVI E QUALITÀ TOTALE.
XII. L'INFORMATICA NELLE IMPRESE INDUSTRIALI E DI SERVIZI: CASI.
XIII. L'INFORMATICA NELLE AMMINISTRAZIONI PUBBLICHE: IL CASO DEI COMUNI.
XIV. VERSO UNA CITTÀ DELL'INFORMAZIONE?

Alcuni casi aziendali e l'esemplificazione di alcune metodologie di pianificazione, progettazione e valutazione verranno trattati in esercitazioni, anche col contributo di persone esterne.

Libri consigliati

P.C. Maggiolini, Costi e benefici di un sistema informativo, ETAS Libri, Milano, 1981
 G. Bracchi (a cura di): Automazione del lavoro d'ufficio, ETAS Libri, 1984.
 Dispense a cura del docente

GESTIONE DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE
Prof. Armando BRANDOLESE

AQ0008

Programma d'esame

La concezione del sistema produttivo:

- tipologia dei sistemi produttivi e principali problemi di dimensionamento;
- le principali grandezze da misurare in relazione alla gestione del sistema produttivo: potenzialità produttiva, flessibilità, produttività, efficacia;
- le leve di controllo per la progettazione del sistema produttivo in relazione ai compiti critici.

Il processo di industrializzazione:

- le fasi, gli enti coinvolti, la scelta dei metodi; la fissazione dei tempi.

Il processo di pianificazione, programmazione e controllo avanzamento della produzione:

- la problematica in relazione alle principali tipologie produttive;
- piano principale di produzione;
- programmazione aggregata;
- gestione materiali a scorta e fabbisogno;
- lo scheduling per le diverse tipologie produttive.

L'approccio logistico alla gestione della produzione:

- politica di dislocazione delle scorte;
- il just-in-time nella gestione dei materiali dai fornitori ai clienti.

Libri consigliati

Lezioni:

A. Brandolese, A. Pozzetti, A. Sianesi: Gestione della produzione industriale, Hoepli, 1991.

Esercitazioni:

A. Grando, A. Sianesi: Casi di Gestione della Produzione Industriale, EGEA, 1990.

Esercitazioni

Verranno svolte alcune esercitazioni pratiche di formulazione e gestione di piani di produzione.

GESTIONE E MANUTENZIONE DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE
Prof. Savino RINELLI**BN0009***Programma d'esame*

1. **Nozioni generali** - Ordinamenti amministrativi. Normative italiane e straniere di riferimento. Legislazione e regolamenti per la progettazione e la conduzione dei lavori. Operazioni catastali e espropriative. Il nuovo codice della strada e la segnaletica.
2. **Valutazione economica dei progetti di infrastrutture viarie** - Previsioni di traffico. Schematizzazioni delle reti. Modelli di valutazione. Analisi di fattibilità di un progetto stradale. Confronto di tracciati alternativi. L'impatto ambientale nella progettazione stradale: individuazione del tracciato e processo di minimizzazione, classificazione degli impatti, esempi di interventi di mitigazione, barriere vegetali. Normativa per le analisi benefici-costi e per la VIA.
3. **Terminali delle vie di comunicazione e vie speciali** - Interporti e autoporti. Stazioni ferroviarie. Cenni sulla regolazione del traffico aereo e idroviario. Aerostazioni. Porti. Canali navigabili.
4. **Opere in terra** - Il terreno e le sue caratteristiche generali. Comprensibilità delle terre e costipamento. Portanza di sottofondi e delle soprastrutture stradali. Instabilità riguardanti il corpo stradale ed opere relative.
5. **Soprastrutture viarie** - Materiali stradali. Pavimentazioni stradali: tipi, caratteristiche e metodi di calcolo delle pavimentazioni flessibili e rigide. Manti bituminosi di tipo speciale. Pavimentazioni ad elementi e in macadam cementato. Apparecchiature e mezzi di prova sui manti e sulle soprastrutture stradali. Pavimentazioni aeroportuali (piste e piazzali): tipi, caratteristiche e criteri di calcolo delle pavimentazioni rigide e flessibili in zona critica e non critica, calcolo in base al numero LCN. Calcolo della rotaia e della soprastruttura ferroviaria.
6. **Organizzazione del cantiere, macchine e impianti per la costruzione delle infrastrutture viarie** - Progetto, gestione, pianificazione e programmazione del lavoro in un cantiere stradale. Macchine per i movimenti e il trasporto di terra. Impianti per la frantumazione e la vagliatura degli inerti. Impianti per la stabilizzazione delle terre. Impianti per la confezione dei conglomerati di cemento e bituminosi. Impianti di sollevamento. Macchine per la esecuzione della pavimentazione in conglomerato cementizio e bituminoso.
7. **Manutenzione delle infrastrutture viarie** - Manutenzione ordinaria, straordinaria, programmata. Controllo delle opere d'arte e delle pavimentazioni. Controllo del binario. Criteri e attrezzature di rilevamento.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella redazione, con la guida dei docenti, del progetto esecutivo di un tratto stradale, che andrà consegnato - completo in ogni sua parte - almeno una settimana prima della data dell'esame, nonché nella esecuzione di una serie di prove pratiche di laboratorio.

Libri consigliati

Ferrari - Giannini: Ingegneria stradale, Vol. 2 - ISEDI-Milano, 1978.

F. Serafini: Il manuale per la progettazione e costruzione delle strade, Geo Graph-Segrate

GESTIONE INDUSTRIALE DELLA QUALITA'
Prof. Quirico SEMERARO**AR0102***Programma d'esame*

1. **Introduzione.**
Concetti e definizioni di qualità. Valore e costo della qualità. Qualità e produttività. Garanzia di qualità.
2. **Progettazione e sviluppo del prodotto.**
Definizione delle specifiche. Variabilità dei parametri di specifica e relazioni con i costi. La definizione ottimale delle specifiche. Applicazioni alla definizione della geometria del prodotto: le tolleranze dimensionali e di forma.
3. **Metodi per il controllo statistico del processo.**
Introduzione alle carte di controllo. Basi statistiche delle carte di controllo. Carte di controllo per

caratteristiche esprimibili come variabili e come attributi. Carte CUSUM ed EWMA. Carte per produzioni di piccola serie. Scelta della numerosità e della frequenza del controllo campionario. Progetto economico delle carte di controllo.

4. Metodi di miglioramento del processo.

Analisi della capability del processo. ANOVA - Analisi della varianza. Pianificazione degli esperimenti. Piani fattoriali 2^k e piani ridotti. Metodo Taguchi.

5. Controllo di accettazione.

Il problema dell'accettazione, piani di campionamento singolo, doppio, sequenziale. Le curve caratteristiche operative dei piani di campionamento. La scelta della numerosità del campione nel controllo di accettazione. Le norme per la definizione dei piani di campionamento. Piani di campionamento per variabili.

6. Aspetti normativi del controllo qualità.

Scopi della normazione. Vantaggi della normazione. La normazione e i suoi attori. Le norme riguardanti la qualità. Le ISO 9000. Principi della certificazione. I vantaggi della certificazione. I costi della certificazione. Il processo della certificazione. Quadro internazionale della certificazione.

Esercitazioni

Richiami di statistica: analisi dei dati, distribuzione di frequenza, misura della tendenza centrale, istogramma, regressioni e correlazioni, campione e popolazione, probabilità, intervallo di confidenza, test statistici.

Esercizi di supporto agli argomenti sviluppati nelle lezioni.

Strumenti di controllo delle caratteristiche dimensionali e di forma.

Libri consigliati

Dispense del corso

Douglas C. Montgomery: Introduction to Statistical Quality Control 2nd ed., John Wiley & Sons, 1991.

G. Mattana: Qualità, Affidabilità, Certificazione, Franco Angeli, 1992.

IDENTIFICAZIONE DEI MODELLI E ANALISI DEI DATI
Prof. Sergio BITTANTI

AG0208

Programma d'esame

1. Dai dati al modello: problemi e metodi.

Leggi e modelli nell'ingegneria e nelle scienze. Accuratezza dei modelli e loro complessità. Stima da osservazioni sperimentali. Modelli per la predizione, il controllo, la simulazione, la gestione e l'interpretazione. Tecniche trattamento dati.

2. Modelli dinamici di processi stazionari, analisi spettrale e predizione.

Modelli ingresso/uscita per serie temporali e relazioni causa/effetto (modelli a tempo continuo e a tempo discreto, modelli AR, MA, ARMA, ARX, ARMAX, ARIMAX). Modelli non lineari (Hammerstein, NARMA). Analisi di correlazione e analisi spettrale. Scomposizione di Wold. Teoria della predizione alla Kolmogorov-Wiener.

3. Identificazione di modelli a parametri costanti.

Problemi e tecniche di stima. Il problema dell'identificazione. Identificazione a partire da prove sperimentali semplici. Identificazione a Minimi Quadrati e a Massima Verosimiglianza. Identificazione di modelli AR, MA, ARMA, ARMAX. Identificazione ricorsiva (RLS, ELS, RML, LMS, ecc.). Scelta della complessità (AIC, MDL, ecc.). Equazioni di Yule-Walker e algoritmo di Durbin-Levinson. Stima dello spettro.

4. Algoritmi adattativi di predizione, controllo e apprendimento.

Predizione adattativa. Tecniche di controllo predittivo. Controllo a minima varianza e a minima varianza generalizzata. Controllo predittivo generalizzato. Controllo ad autosintonia. PID ad autosintonia. Assegnamento poli adattativo. Adattabilità e apprendimento. Sistemi neuronali.

5. Filtraggio e predizione alla Kalman.

Modelli stocastici di stato. Filtraggio, predizione e regolarizzazione. Filtro di Kalman. Filtro di

regime. Rappresentazione di innovazione. Filtro di Kalman esteso. Impiego del filtro di Kalman nell'identificazione di modelli.

6. Applicazioni.

Controllo adattativo di impianti da laboratorio. Identificazione di modelli per l'automazione di veicoli e robot mobili. Identificazione di serie temporali econometriche, biologiche, naturali. Problemi di filtraggio e identificazione nei circuiti elettronici. Analisi di dati di impianti per la produzione di wafer di silicio. Simulazione stocastica.

7. Esercitazioni al calcolatore.

Sarà disponibile un package con cui gli allievi potranno familiarizzarsi con gli algoritmi di identificazione, predizione e filtraggio.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale. Durante l'anno verranno proposte alcune prove scritte facoltative che, se svolte con esito favorevole, costituiranno elemento di giudizio per l'assegnazione del voto.

Libri consigliati

S. Bittanti: Identificazione dei Modelli e Controllo Adattativo, Pitagora Editrice, Bologna, 1990.

S. Bittanti: Teoria della Predizione e del Filtraggio, Pitagora Editrice, Bologna, 1993.

Ulteriori complementi si trovano in Identificazione Parametrica, CittàStudi, Milano 1981 e in Sistemi Incerti, CittàStudi, Milano, 1977.

Per gli esercizi e uno studio di caso articolato:

S. Bittanti, M.Campi: Identificazione, filtraggio, controllo predittivo, Pitagora Editrice, Bologna 1993.

Per uno studio di caso, l'allievo interessato può inoltre consultare:

S. Bittanti: Simulazione, Identificazione, Controllo - Il caso di uno scambiatore di calore, Pitagora Editrice, Bologna, 1985.

IDRAULICA

AU0002

(per gli allievi di Ingegneria Ambientale e Civile (idr))

Prof. Enrico ORSI

Programma d'esame

- 1. I fluidi e il loro movimento.** - Definizione di fluido - I fluidi come sistemi continui - Grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura - Sforzi nei sistemi continui - Densità e peso specifico - Comprimibilità - Tensione superficiale - Viscosità - Fluidi non newtoniani - Assorbimento dei gas - Regimi movimento.
- 2. Statica dei fluidi.** - Sforzi interni nei fluidi in quiete - Equazione indefinita della statica dei fluidi - Equazione globale dell'equilibrio statico - Statica dei fluidi pesanti incompressibili - Spinta sopra corpi immersi - Fluidi di piccolo peso specifico - Statica dei fluidi pesanti comprimibili - Equilibrio relativo - Galleggiamento.
- 3. Cinematica dei fluidi.** - Velocità e accelerazione - Elementi caratteristici del moto - Tipi di movimento - Equazione di continuità.
- 4. Equazioni fondamentali della dinamica dei fluidi.** - Equazione indefinita del movimento - Equazione globale dell'equilibrio dinamico.
- 5. Il teorema di Bernoulli.** - Distribuzione della pressione nel piano normale - Correnti lineari - Il teorema di Bernoulli - Interpretazione geometrica ed energetica - Applicazioni - Estensione del moto vario - Estensione ai fluidi reali - Potenza di una corrente in una sezione. Estensione del teorema di Bernoulli a una corrente - Scambio di energia fra una corrente e una macchina - Teorema di Bernoulli per fluidi comprimibili.
- 6. Equazione del moto dei fluidi reali.** - Le equazioni di Navier per i fluidi viscosi - Equazione globale di equilibrio - Azione di trascinamento di una corrente.
- 7. Correnti in pressione.** - Generalità sul moto uniforme - Moto laminare - Lubrificazione - Caratteristiche generali del moto turbolento; grandezze turbolente e valori medi - Sforzi tangenziali viscosi e turbolenti - Ricerche sul moto uniforme turbolento - Analisi dimensionale - Moto nei tubi scabbi - Formule pratiche - Perdite di carico localizzate - Brusco allungamento -

- Perdite di sbocco, di imbocco, di brusco restringimento - Convergenti e divergenti - Altri tipi di perdite. Dispositivi di strozzamento - Calcolo idraulico di una condotta - Correnti in depressione - Moto di un gas in un tubo cilindrico - Moto laminare - Moto turbolento.
8. **Problemi pratici relativi alle lunghe condotte.** - Generalità - Verifica del funzionamento dei sistemi di condotte - Dimensionamento dei sistemi di condotte - Costo di una condotta - Costi di esercizio - Impianti di sollevamento - Condotte forzate degli impianti idroelettrici - Possibili tracciati altimetrici.
 9. **Moto vario delle correnti in pressione.** - Generalità - Esempi pratici di moto vario - Moto vario di un liquido elastico in un condotto deformabile (colpo d'ariete). Equazioni differenziali del movimento - Manovre istantanee dell'otturatore - Celerità della perturbazione - Esame generale del processo di movimento - Le condizioni al contorno negli impianti idroelettrici e di sollevamento - Equazioni concatenate di Allievi (cenni) - Sistemi di condotte - Metodo delle caratteristiche (cenni) - Oscillazioni di massa - Pozzi piezometrici - Casse d'aria.
 10. **Correnti a superficie libera.** - Caratteri generali - Moto uniforme - Caratteristiche energetiche in una sezione - Alvei a debole e forte pendenza - Caratteri cinematici delle correnti - Profili di moto permanente; tracciamento dei profili in alvei cilindrici - Passaggio attraverso lo stato critico - Passaggio di una corrente attraverso tronchi ristretti - Esempi applicativi.
 11. **Foronomia.** - Luci a battente e luci a stramazzo - Processi di moto vario.
 12. **Cenni sui moti di filtrazione.** - Legge di Darcy - Permeabilità - Falde artesiane e freatiche - Pozzi e trincee drenanti.
 13. **Cenni sulla teoria dello strato limite.** - Nozione di strato limite - Spessore dello strato limite - Strato limite su lastra piana - Strato limite in un tubo circolare - Strato limite lungo un ostacolo di forma qualunque: distacco dello strato limite e formazione della scia.

Esercitazioni

Le esercitazioni, non obbligatorie ma vivamente consigliate, riguardano lo sviluppo di esercizi sulla materia svolta nelle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da una prova scritta; le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

- D. Citrini, G. Nosedà: *Idraulica* - Ed. CEA, Milano.
 D. Zampaglione: *Strato limite: appunti dalle lezioni*, (per il capitolo 13).
 G. Alfonsi, E. Orsi: *Problemi di idraulica e meccanica dei fluidi* - Ed. CEA, Milano

IDRAULICA

AU0002

(per gli allievi di Ingegneria Edile e Civile, (escluso idr))

Prof. Enrico LARCAN

Programma d'esame

1. **I fluidi e il loro movimento.** - Definizione di fluido - I fluidi come sistemi continui - Grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura - Sforzi nei sistemi continui - Densità e peso specifico - Comprimibilità - Tensione superficiale - Viscosità - Fluidi non newtoniani - Assorbimento dei gas - Regimi movimento.
2. **Statica dei fluidi.** - Sforzi interni nei fluidi in quiete - Equazione indefinita della statica dei fluidi - Equazione globale dell'equilibrio statico - Statica dei fluidi pesanti incompressibili - Spinta sopra corpi immersi - Fluidi di piccolo peso specifico - Statica dei fluidi pesanti comprimibili - Equilibrio relativo - Galleggiamento.
3. **Cinematica dei fluidi.** - Velocità e accelerazione - Elementi caratteristici del moto - Tipi di movimento - Equazione di continuità.
4. **Equazioni fondamentali della dinamica dei fluidi.** - Equazione indefinita del movimento - Equazione globale dell'equilibrio dinamico.
5. **Il teorema di Bernoulli.** - Distribuzione della pressione nel piano normale - Correnti lineari - Il

- teorema di Bernoulli - Interpretazione geometrica ed energetica - Applicazioni - Estensione al moto vario - Estensione ai fluidi reali - Potenza di una corrente in una sezione. Estensione del teorema di Bernoulli a una corrente - Scambio di energia fra una corrente e una macchina - Teorema di Bernoulli per fluidi comprimibili.
6. **Equazione del moto dei fluidi reali.** - Le equazioni di Navier per i fluidi viscosi - Equazione globale di equilibrio - Azione di trascinamento di una corrente.
 7. **Correnti in pressione.** - Generalità sul moto uniforme - Moto laminare - Lubrificazione - Caratteristiche generali del moto turbolento; grandezze turbolente e valori medi - Sforzi tangenziali viscosi e turbolenti - Ricerche sul moto uniforme turbolento - Analisi dimensionale - Moto nei tubi scabri - Formule pratiche - Perdite di carico localizzate - Brusco allargamento - Perdite di sbocco, di imbocco, di brusco restringimento - Convergenti e divergenti - Altri tipi di perdite. Dispositivi di strozzamento - Calcolo idraulico di una condotta - Correnti in depressione - Moto di un gas in un tubo cilindrico: moto laminare e turbolento.
 8. **Problemi pratici relativi alle lunghe condotte.** - Generalità - Verifica del funzionamento dei sistemi di condotte - Dimensionamento dei sistemi di condotte - Costo di una condotta - Costi di esercizio - Impianti di sollevamento - Condotte forzate degli impianti idroelettrici - Possibili tracciati altimetrici.
 9. **Moto vario delle correnti in pressione.** - Generalità - Esempi pratici di moto vario - Moto vario di un liquido elastico in un condotto deformabile (colpo d'ariete). Equazioni differenziali del movimento - Manovre istantanee dell'otturatore - Celerità della perturbazione - Esame generale del processo di movimento - Le condizioni al contorno negli impianti idroelettrici e di sollevamento - Equazioni concatenate di Allievi (cenni) - Sistemi di condotte - Metodo delle caratteristiche (cenni) - Oscillazioni di massa - Pozzi piezometrici - Casse d'aria.
 10. **Correnti a superficie libera.** - Caratteri generali - Moto uniforme - Caratteristiche energetiche in una sezione - Alvei a debole e forte pendenza - Caratteri cinematici delle correnti - Profili di moto permanente; tracciamento dei profili in alvei cilindrici - Passaggio attraverso lo stato critico - Passaggio di una corrente attraverso tronchi ristretti - Esempi applicativi.
 11. **Foronomia.** - Luci a battente e luci a stramazzo - Processi di moto vario.
 12. **Cenni sui moti di filtrazione.** - Legge di Darcy - Permeabilità - Falde artesiane e freatiche - Pozzi e trincee drenanti.
 13. **Cenni sulla teoria dello strato limite.** - Nozione di strato limite - Spessore dello strato limite - Strato limite su lastra piana - Strato limite in un tubo circolare - Strato limite lungo un ostacolo di forma qualunque: distacco dello strato limite e formazione della scia.

Esercitazioni

Le esercitazioni, non obbligatorie ma vivamente consigliate, riguardano lo sviluppo di esercizi sulla materia svolta nelle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da una prova scritta: le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

D. Citrini, G. Nosedà: Idraulica - Ed. CEA, Milano.

D. Zampaglione: Strato limite: appunti dalle lezioni, (per il capitolo 13).

G. Alfonsi, E. Orsi: Problemi di idraulica e meccanica dei fluidi - Ed. CEA, Milano.

IDRAULICA

(per gli allievi di Ingegneria Elettrica)

Prof. Enrico ORSI

AU0004

Programma d'esame

PARTE GENERALE.

1. **I fluidi e il loro movimento.** - Definizione di fluido - Grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura - Sforzi nei sistemi continui - Regimi di movimento.

2. **Statica dei fluidi.** - Sforzi interni nei fluidi in quiete - Equazione indefinita della statica dei fluidi - Equazione globale dell'equilibrio statico - Statica dei fluidi pesanti incompressibili.
3. **Cinematica dei fluidi.** - Velocità e accelerazione - Elementi caratteristici del moto - Tipi di movimento - Equazione di continuità.
4. **Equazioni fondamentali** della dinamica dei fluidi. - Equazione indefinita del movimento - Equazione globale dell'equilibrio dinamico.
5. **Il teorema di Bernoulli.** - Distribuzione della pressione nel piano normale - Correnti lineari - Il teorema di Bernoulli - Interpretazione geometrica ed energetica - Applicazioni - Estensione al moto vario - Estensione ai fluidi reali - Potenza di una corrente in una sezione - Estensione del teorema di Bernoulli a una corrente - Scambio di energia fra una corrente e una macchina.
6. **Correnti in pressione.** - Generalità sul moto uniforme - Moto laminare - Caratteristiche generali del moto turbolento - Moto nei tubi scabri - Formule pratiche - Perdite di carico localizzate - Calcolo idraulico di una condotta - Problemi pratici relativi alle lunghe condotte - Dimensionamento e verifica dei sistemi di condotte - Criteri economici.
7. **Moto vario delle correnti in pressione.** - Generalità - Esempi pratici di moto vario - Moto vario di un liquido elastico in un condotto deformabile (colpo d'ariete) - Manovre istantanee dell'otturatore - Celerità della perturbazione - Esame generale del processo di movimento - Le condizioni al contorno negli impianti di sollevamento - Oscillazioni di massa - Pozzi piezometrici - Casse d'aria.
8. **Correnti a superficie libera.** - Caratteri generali - Moto uniforme - Caratteristiche energetiche in una sezione - Alvei a debole e forte pendenza - Caratteri cinematici delle correnti - Profili di moto permanente; tracciamento dei profili in alvei cilindrici - Passaggio attraverso lo stato critico - Esempi applicativi - Moto vario nelle correnti a superficie libera.
9. **Elementi di idrometria.** - Luci a battente e a stramazzo - Misure di portata e velocità nelle correnti in pressione e a superficie libera.

IMPIANTI.

10. **Tipologia degli impianti idroelettrici** e relativi manufatti caratteristici. Nomenclatura specifica.

11. **Tipologia degli sbarramenti** e Regolamento Dighe.

12. **Il servizio Idrografico Italiano.** Reperimento dei dati idrologici ed elaborazioni di base.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguardano applicazioni sulla materia svolta nelle lezioni e argomenti complementari che rientrano nel programma d'esame.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

D. Citrini, G. Nosedà: *Idraulica* - Ed. CEA, Milano.

G. Alfonsi, E. Orsi: *Problemi di idraulica e meccanica dei fluidi* - Ed. CEA, Milano.

Appunti delle lezioni.

IDRAULICA II

Prof. Silvio FRANZETTI

AI0005

Programma d'esame

1. **Correnti in pressione.** - Richiami dei problemi di moto uniforme - Sistemi di condotte: problemi di verifica e problemi di progetto (cenni) - Condotte a portata variabile.
2. **Correnti a superficie libera.** - Richiami sul moto uniforme e sui profili di moto permanente per alvei cilindrici - Tracciamento pratico dei profili - Correnti permanenti con portata costante in alvei non cilindrici - Correnti permanenti con portata variabile - Fenomeni ondosi - Onde di traslazione - Onde di piena - Cenni di idraulica fluviale: trasporto solido, erosioni, sistemazioni.
3. **Similitudine e modelli.** - Legge di similitudine di Reynolds - Legge di similitudine di Froude - Altre leggi di similitudine - Modelli fisici analogici e matematici (cenni).
4. **Idraulica sotterranea.** Il mezzo poroso: proprietà e scale di osservazione - Acquifero confinato e non confinato - Approccio del continuo - Porosità e velocità di filtrazione - Proprietà

geometriche e meccaniche della matrice solida - Proprietà fisiche del fluido interstiziale - Introduzione alle teorie stocastiche nello studio della filtrazione in mezzi porosi naturali - REV e scale di eterogeneità - Scala integrale di un processo random - Media spaziale - Microscala e scala del REV - Conduttività idraulica e Legge di Darcy - L'equazione di continuità - Il carico idraulico - Permeabilità direzionale: ellissoide di anisotropia - Potenziale della velocità di filtrazione: moti irrotazionali e rotazionali - Anisotropia: il tensore di permeabilità - Generalizzazioni della legge di Darcy - Misure di permeabilità - Equazioni deterministiche del flusso - Equazione di diffusione per falda non confinata - L'ipotesi di Dupuit - Immagazzinamento o Storativity - Flusso 2D in acquifero confinato - Condizioni iniziali ed al contorno - Posizione di un modello matematico completo di filtrazione - Filtrazione in formazioni naturali con un approccio stocastico - Logconduttività e funzione di Covarianza - Problema diretto alla scala locale - Conduttività Idraulica Equivalente: Flusso uniforme stazionario - Analisi stocastica per il caso 1D e 3D - L'equazione media deterministica del flusso - Linee di corrente e funzione di corrente - Serie di Fourier e Trasformate (cenni) - Filtrazione in pressione in presenza di opere idrauliche - Portate - Criteri di stabilità - Pozzi artesiani - Tipologia - Sistemi a più pozzi - Problemi progettuali - Transitori - Filtrazione a superficie libera - Dighe in terra - Argini fluviali - Canali in terra - Pozzi freatici - Tipologia - Sistemi a più pozzi - Problemi progettuali - Abbassamenti di falda nella pratica costruttiva - Drenaggi - Transitori - Metodi approssimati di soluzione - Modelli in scala ridotta - Metodi elettrici - Hele Shaw - Metodi grafici: rete idodinamica - Metodi numerici: differenze finite ed elementi finiti - L'uso dell'elaboratore elettronico - Flusso dell'acqua in mezzi non saturi - Generalità - Capacità di infiltrazione - Suzione ed umidità - Loro misure - Equazione di Darcy modificata - Cenni di infiltrazione - Bilancio idrologico di una falda - Trasporto di soluti in mezzi porosi (cenni).

5. Strato limite e resistenze di forma. Cenni.

Esercitazioni

Studi di fattibilità. Progetti elementari ed esempi numerici. Il tutto forma oggetto d'esame.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

D. Citrini G. Nosedà: Idraulica Ed. CEA, Milano.

G. Nosedà: Correnti permanenti a portata variabile lungo il percorso, Ed. Istituto di Idraulica e Costr. Idrauliche.

G. Nosedà: Problemi di moto vario, Ed. Istituto di Idraulica e Costr. Idrauliche.

G. De Marchi: Nozioni di Idraulica, Ed. Edagricole, Milano.

G. Schneebeli: Hydraulique souterraine, Ed. Eyrolles, Paris.

J.L. Sherard et al.: Earth and Earth Rock Dams, John Wiley and Sons.

Aravin, Numerov: Theory of Fluid Flow in Undeformable Porous Media, Israel Progr for Scientific Transl., Jerusalem.

F. Contessini: Dighe e traverse, Editrice Politecnica Tamburini, Milano

G. de Marsily: Quantitative Hydrogeology, Academic Press Inc.

IDROLOGIA SOTTERRANEA + IDROLOGIA TECNICA II **Prof. Renzo ROSSO, Maria Giovanna TANDA**

AI0013

Programma d'esame

A. Teoria stocastica dei processi idrologici. (Parte comune ai due insegnamenti).

- 1) Definizioni.
- 2) Significato teorico e tecnico delle ipotesi di ergodicità, stazionarietà e ciclostazionarietà.
- 3) Analisi del secondo ordine e tecniche di stima.
- 4) Criteri di formulazione dei modelli a parametro continuo e discreto, aggregazione e disaggregazione.
- 5) Modelli lineari a parametro discreto.
- 6) Modelli lineari a parametro continuo.

- 7) Modelli geostatistici.
- 8) Applicazione della teoria dei processi puntuali ai fenomeni intermittenti.
- 9) Identificazione della scala di Taylor e fenomeni di invarianza di scala.
- 10) Cenni sulle cascate aleatorie. (12 ore).
- B. Reti di monitoraggio idrometeorologico.** (Parte comune ai due insegnamenti).
 - 1) Misure idrometeorologiche e sensori.
 - 2) Reti di interesse regionale, nazionale ed internazionale.
 - 3) Configurazione ottimale delle reti (meteo-climatiche, pluviometriche, nivometriche, idrometriche, torbidometriche, freaticometriche).
 - 4) Monitoraggio radar delle precipitazioni.
 - 5) Monitoraggio satellitare delle precipitazioni e della nivometria.
 - 6) Integrazione delle misure multisensore.
 - 7) Campagne di misura. (8 ore).
- C. Modelli dei campi di precipitazione.** (Parte relativa all'insegnamento di Idrologia Tecnica II).
 - 1) Richiami di idrometeorologia della mesoscala.
 - 2) Modelli temporali di tipo poissoniano e cluster (schemi di Neyman-Scott e Bartlett-Lewis).
 - 3) Interpolazione spaziale per via geostatistica.
 - 4) Cenni ai modelli spaziali mono- e multi-frattali ed ai modelli spazio-temporali. (10 ore).
- D. Modelli delle acque sotterranee.** (Parte relativa all'insegnamento di Idrologia Sotterranea).
 - 1) Richiami sull'idraulica dei mezzi porosi.
 - 2) Caratterizzazione delle proprietà degli acquiferi.
 - 3) Metodi numerici di soluzione delle equazioni (metodo euleriano e lagrangiano, tecniche alle differenze finite e agli elementi finiti).
 - 4) Scelta delle scale spaziali e temporali e delle condizioni al contorno.
 - 5) Interazione tra falda e rete idrografica (16 ore).
- E. Modelli di diffusione e dispersione degli inquinanti in falda.** (Parte relativa all'insegnamento di Idrologia Sotterranea).
 - 1) Richiami sui processi di reazione precipitazione/dissoluzione, di assorbimento, di trasformazione microbiologica, di diffusione molecolare e di dispersione meccanica.
 - 2) Equazioni fondamentali di trasporto.
 - 3) Soluzioni analitiche e numeriche.
 - 4) Applicazione agli acquiferi con eterogeneità naturale.
 - 5) Teorie stocastiche del trasporto degli inquinanti in campi eterogenei.
 - 6) Inquinamento da sorgenti puntuali e diffuse.
 - 7) Individuazione della sorgente di inquinante. (16 ore).
- F. Tecniche di analisi e restituzione spaziale.** (Parte relativa all'insegnamento di Idrologia Sotterranea).
 - 1) Variabilità spaziale dei processi idrologici ed effetti topografici.
 - 2) Sistemi informativi territoriali (GIS) orientati allo sviluppo di strumenti di analisi e sintesi idrologica.
 - 3) Esempi di realizzazioni. (8 ore).

Libri consigliati

- J. Bear: Dynamics of fluids in porous media, American Elsevier, New York, 1972.
 J. Bear, A. Verruijt: Modeling groundwater flow and pollution, D. Reidel, Dordrecht, 1987.
 N. Kottegoda: Stochastic Water Resources Technology, MacMillan, London, 1980.
 G. de Marsily: Quantitative Hydrogeology, Groundwater Hydrology for Engineers, Academic Press, New York, 1986.
 R. Rosso, A. Peano, I. Becchi & G. Bemporad: Advances in Distributed Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, 1994.
 E. Vanmarcke: Random Fields: Analysis and Synthesis, MIT Press, Cambridge, 1984.

IDROLOGIA SOTTERRANEA + IDROLOGIA TECNICA II
Proff. Renzo ROSSO, Maria Giovanna TANDA
A10013

- A. Teoria stocastica dei processi idrologici+. 1)†Definizioni. 2)†Significato teorico e tecnico delle

- ipotesi di ergodicità, stazionarietà e ciclostazionarietà. 3)†Analisi del secondo ordine e tecniche di stima. 4)†Criteri di formulazione dei modelli a parametro continuo e discreto, aggregazione e disaggregazione. 5)†Modelli lineari a parametro discreto. 6)†Modelli lineari a parametro continuo. 7)†Modelli geostatistici. 8)†Applicazione della teoria dei processi puntuali ai fenomeni intermittenti. 9)†Identificazione della scala di Taylor e fenomeni di invarianza di scala. 10)†Cenni sulle cascate aleatorie. (12 ore)
- B.** Reti di monitoraggio idrometeorologico+. 1)†Misure idrometeorologiche e sensori. 2)†Reti di interesse regionale, nazionale ed internazionale. 3)†Configurazione ottimale delle reti (meteoclimatiche, pluviometriche, nivometriche, idrometriche, torbidometriche, freatiche). 4)†Monitoraggio radar delle precipitazioni. 5)†Monitoraggio satellitare delle precipitazioni e della nivometria. 6)†Integrazione delle misure multisensore. 7)†Campagne di misura. (8 ore)
- C.** Modelli dei campi di precipitazione+++ 1)†Richiami di idrometeorologia della mesoscala. 2)†Modelli temporali di tipo poissoniano e cluster (schemi di Neyman-Scott e Bartlett-Lewis). 3)†Interpolazione spaziale per via geostatistica. 4)†Cenni ai modelli spaziali mono- e multifrattali ed ai modelli spazio-temporali. (10 ore)
- D.** Modelli delle acque sotterranee++. 1)†Richiami sull'idraulica dei mezzi porosi. 2)†Caratterizzazione delle proprietà degli acquiferi. 3)†Metodi numerici di soluzione delle equazioni (metodo euleriano e lagrangiano, tecniche alle differenze finite e agli elementi finiti). 3)†Scelta delle scale spaziali e temporali e delle condizioni al contorno. 4)†Interazione tra falda e rete idrografica (16 ore)
- E.** Modelli di diffusione e dispersione degli inquinanti in falda++. 1)†Richiami sui processi di reazione precipitazione/dissoluzione, di assorbimento, di trasformazione microbiologica, di diffusione molecolare e di dispersione meccanica. 2)†Equazioni fondamentali di trasporto. 3)†Soluzioni analitiche e numeriche. 4)†Applicazione agli acquiferi con eterogeneità naturale. 5)†Teorie stocastiche del trasporto degli inquinanti in campi eterogenei. 6)†Inquinamento da sorgenti puntuali e diffuse. 7)†Individuazione della sorgente di inquinante. (16 ore)
- G.** Tecniche di analisi e restituzione spaziale+++ 1)†Variabilità spaziale dei processi idrologici ed effetti topografici. 2)†Sistemi informativi territoriali (GIS) orientati allo sviluppo di strumenti di analisi e sintesi idrologica. 3)†Esempi di realizzazioni. (8 ore)

Libri consigliati

- J. Bear: Dynamics of fluids in porous media, American Elsevier, New York, 1972.
 J. Bear, A. Verruijt: Modeling groundwater flow and pollution, D. Reidel, Dordrecht, 1987.
 N. Kottegoda: Stochastic Water Resources Technology, MacMillan, London, 1980.
 G. de Marsily, : Quantitative Hydrogeology, Groundwater Hydrology for Engineers, Academic Press, New York, 1986.
 R. Rosso, A. Peano, I. Becchi & G. Bemporad: Advances in Distributed Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, 1994.
 E. Vanmarcke: Random Fields: Analysis and Synthesis, MIT Press, Cambridge, 1984.
 + parte comune ai due insegnamenti.
 +++ parte relativa all'insegnamento di Idrologia Tecnica II.
 ++ parte relativa all'insegnamento di Idrologia Sotterranea.

IDROLOGIA TECNICA Prof. Ugo MAIONE

AU0007

Programma d'esame

- Nozioni di idrologia generale:** definizioni; origine e sviluppo dell'idrologia; le metodologie d'approccio; il ciclo idrologico.
- La metodologia statistica applicata alle indagini idrologiche.** Rappresentazioni delle serie empiriche - Definizioni ed assiomi del calcolo delle probabilità - Distribuzioni probabilistiche (distribuzione normale; log-normale; binomiale; Gumbel, etc.) - Teorema limite centrale; distribuzione del χ^2 . Frequenze empiriche e probabilità - Tests di controllo delle ipotesi statistiche - Formulazione e verifica dell'ipotesi di lavoro - Correlazione e regressione -

- Distribuzioni empiriche di due variabili - Relazioni stocastiche tra due variabili casuali - Interpretazioni di serie empiriche a due variabili - Problemi di correlazione e distribuzione normale a due dimensioni - Distribuzioni marginali e condizionate - Coefficiente di correlazione - Serie temporali - Modelli stocastici. Idrologia sintetica.
3. **Bacini idrografici.** Caratteristiche topografiche, geologiche, glaciologiche e termiche - Evaporazione, traspirazione, evapotraspirazione, infiltrazione - Deficit idrologico - Regimi pluviometrici - Studio del regime dei corsi d'acqua naturali - Bilancio idrologico - Modelli dei deflussi mensili e modelli di trasferimento - Piogge di breve durata e forte intensità - Magre dei corsi d'acqua.
 4. **Le piene fluviali.** Genesi, cause ed effetti delle piene - Caratteristiche dell'idrogramma di piena: portata al colmo, volume e durata - Studio statistico delle portate di piena di colmo - Metodi deterministici e stocastici per il calcolo delle onde di piena - Idrogramma unitario - Propagazione delle piene nei corsi d'acqua.
 5. **Cenni di gestione delle risorse idriche.**

Esercitazioni

Le esercitazioni (obbligatorie) riguarderanno l'elaborazione di serie idrologiche e la costruzione di modelli matematici di deflussi superficiali.

Libri consigliati

- U. Maione, U. Moisello: Elementi di statistica per l'idrologia, ed. La Goliardica Pavese, 1993.
 U. Maione: Appunti di Idrologia, Vol. 3, Le piene fluviali, Ed. La Goliardica Pavese, 1980.
 Ven Te Chow: Handbook of Applied Hydrology, Mc Graw-Hill Book Company.
 G. Remenieras: L'hydrologie de l'ingénieur, Eyrolles Editeur, Paris 1965.
 M. Roche: Hydrologie de surface, Gauthier-Villars Editeur, Paris 1963.
 Durante le lezioni verranno distribuiti appunti.

IMPIANTI AERONAUTICI **Prof. Luigi PUCCINELLI**

AL0107

Programma d'esame

1. Generalità sullo sviluppo del progetto di un impianto di bordo.

Specifiche generali, progetto di massima e definizione dello schema, dimensionamento dei componenti, emissione delle specifiche relative, scelta dei componenti, verifiche di funzionamento. Affidabilità, sicurezza, manutenibilità; analisi delle conseguenze dei guasti e verifica in condizioni emergenza; norme e collaudi.

2. Impianti per la conversione e distribuzione di energia.

2.1 Analisi dei carichi e determinazione delle potenze necessarie.

2.2 Impianti oleodinamici: principi di funzionamento, generazione della potenza, utilizzatori, distribuzione, regolazione, accessori, schemi tipici.

2.3 Impianti elettrici: requisiti generali, impianti a corrente continua ed alternata, generazione, utilizzatori, distribuzione, regolazione, accessori, schemi tipici.

2.4 Impianti pneumatici: requisiti generali, generazione, utilizzatori, distribuzione, regolazione, accessori, schemi tipici.

3. Installazioni tipiche.

3.1 Organi di decollo ed atterraggio: configurazione generale, pneumatici, ruote, freni, ammortizzatori, dispositivi e cinematismi per la retrazione.

3.2 Comandi di volo: trasmissioni meccaniche, servopotenziate, sistemi fly-by-wire.

3.3 Impianto combustibile: cenni sui combustibili, esigenze e caratteristiche dell'alimentazione, accessori vari, schemi tipici.

3.4 Impianti di respirazione, condizionamento dell'aria e pressurizzazione: condizioni di vita dell'uomo in quota, impianti ossigeno, requisiti generali per il condizionamento e pressurizzazione, impianti di condizionamento, regolazione della pressurizzazione, schemi tipici.

3.5 Installazione antighiaccio: condizioni di formazione del ghiaccio, sistemi di prevenzione, sistemi di eliminazione, schemi tipici.

3.6 Installazione antiincendio: zone di pericolo e di incendio, mezzi preventivi, mezzi repressivi,

agenti e schemi tipici.

- 3.7 Dispositivi di sicurezza e di emergenza: predisposizioni generali di sicurezza, seggiolini eiettabili, cabine sganciabili.
4. **Strumenti:** strumenti manometrici, strumenti di misura della temperatura, strumenti a gravità o ad inerzia, strumenti giroscopici, bussole, strumenti di controllo dei motori, ripetitori elettrici di posizione.
5. **Cenni alla navigazione:** radar, assistenza al volo, navigazione, strumentazione per la navigazione, strumentazione per le comunicazioni, strumentazioni integrate.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni gli allievi avranno la possibilità di sviluppare vari aspetti del progetto di impianti di bordo e di loro componenti.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale, comprendente la discussione di un elaborato svolto sulla traccia delle esercitazioni.

Libri consigliati

P.D.T. O'Connor: Practical reliability engineering, J. Wiley.
 W.L. Green: Aircraft hydraulic systems, J. Wiley.
 H. E. Merrit: Hydraulic control systems, J. Wiley.
 E.H.I. Pallet: Aircraft electrical systems, Pitman.
 N.S. Currey: Aircraft landing gear design.
 Jean Idrac: Instruments de bord, ENSA Parigi.
 E.H.I. Pallet: Aircraft instruments, Pitman.
 G. Grazia: Da un aeroporto all'altro.

IMPIANTI CHIMICI (A) **Prof. Giuseppe BIARDI**

AF0032

Programma d'esame

- 1) **Le operazioni fondamentali:** Funzioni, scopi e azioni elementari delle operazioni fondamentali. Azioni fluidodinamiche, azioni di scambio di materia e di calore, trasformazioni chimiche. Modalità di contatto tra fasi, azioni di scambio attraverso superficie, azioni di scambio per miscelazione. Operazioni con sole azioni meccaniche e fluidodinamiche: miscelazione e dispersione di fasi, modificazione di dimensioni di solidi, separazioni di fasi. Ricomposizione delle azioni elementari, operazioni a stadi e ad azione continua. Tipologia degli apparati e configurazione degli impianti.
- 2) **L'equilibrio fra fasi:** Regola delle fasi per sistemi ad uno, due e molti componenti. Caratterizzazione dello stato termodinamico di una fase fluida, equazioni di stato per composti puri e per miscele, in particolare equazioni di stato RKS e del viriale. Miscele ideali e non ideali, calcolo dei coefficienti di fugacità, calcolo dei coefficienti di attività. Equilibrio liquido-vapore e liquido-gas. Leggi di Raoult e di Henry. Equilibrio liquido-liquido. Equilibrio liquido-solido. Equilibrio gas-solido. Diagrammi di equilibrio per sistemi binari e ternari; metodi di costruzione, problemi di calcolo.
- 3) **Le operazioni ad azione intermittente:** Concetto di stadio e di stadio ideale. Stadi semplici e stadi multipli a flusso incrociato e in controcorrente. Stadi multipli in controcorrente con riflusso. Efficienza di uno stadio. Operazioni di assorbimento e di strappamento semplici. Cascate lineari e risoluzione analitica delle cascate lineari. Cascate non lineari, risoluzione analitica e numerica. Calcolo della portata minima, del numero di stadi teorici e del numero di stadi reali ad efficienza assegnata. Unità di assorbimento e strappamento a molti componenti, gradi di libertà, problemi di progetto e di simulazione di esercizio.
 Metodi di calcolo short-cut e metodi rigorosi per il progetto termodinamico. Operazione di distillazione e rettifica; sistemi binari, nozione di volatilità relativa, costruzione della retta di lavoro col criterio di McCabe e Thiele; calcolo del rapporto di riflusso minimo e del numero di

stadi teorici minimo. Unità di distillazione e rettifica con più di una alimentazione e/o con prelievi laterali, unità di distillazione e rettifica a molti componenti, nozione di componenti chiave, progetto termodinamico con metodi short-cut: Smith-Brinkley e Fenske-Underwood-Gilliland. Metodi rigorosi per il progetto termodinamico e per la verifica di unità di distillazione e rettifica a molti componenti; i casi della distillazione estrattiva ed azeotropica. Operazione di estrazione con solvente, con e senza riflusso, estrazione frazionata. Criteri di progetto termodinamico per l'estrazione liquido-liquido e liquido-solido.

- 4) **Capacità ed efficienza delle unità di contattamento tra fasi:** Tipologia degli apparati, colonne a piatti, a riempimento, a gorgogliamento, a pioggia, unità mixer-settler ecc. Criteri per il progetto fluidodinamico delle unità e degli stadi. Criteri per il calcolo dell'entità del trasferimento di materia, di calore e quantità di moto fra le fasi. Problemi costruttivi delle colonne a piatti ed elementi per il progetto meccanico-strutturale.
- 5) **Operazioni di miscelazione:** Generalità e scopi dell'operazione di miscelazione, classificazione dei processi di miscelazione in base allo stato di aggregazione. Analisi dei meccanismi della miscelazione e criteri di progetto e di verifica degli apparati.
- 6) **Le operazioni ad azione continua:** Operazioni di trasferimento di materia ad azione continua; assorbimento, strappamento, distillazione e rettifica. Progetto termodinamico e fluidodinamico, altezza dell'unità di trasporto e numero di unità di trasporto, diametro e altezza di unità a corpi di riempimento. Operazioni di scambio termico: funzioni e tipologia degli apparati: scambiatori di calore sensibile, condensatori, ribollitori, evaporatori e forni. Meccanismi di trasporto e criteri di valutazione dei coefficienti di scambio liminari e globali. Progetto termico e fluidodinamico di unità di scambio di calore, elementi per il progetto meccanico strutturale.
- 7) **Le operazioni discontinue:** Criteri di studio e di calcolo per unità di scambio termico e per unità di distillazione e rettifica discontinua. Campi di impiego.
- 8) **Automazione e regolazione:** Computo dei gradi di libertà di una unità di processo, obiettivi e criteri per la saturazione di tali gradi di libertà. Elementi di misura, trasduttori, amplificatori e regolatori. Costruzione di uno schema di regolazione e controllo. Regolazione in anteazione e in retroazione. Cenni sull'analisi e sulla sintesi di un sistema con anelli semplici e concatenati. Schemi di regolazione impiegati per unità tipiche dei processi chimici.
- 9) **Elementi di cost engineering:** Calcoli economici associati a unità di processo; costi di investimento, costi di esercizio, loro confronto su base temporale. Funzioni di costo; problemi di ottimo in sede di progetto e in sede di conduzione.

Esercitazioni

Durante l'anno vengono svolte esercitazioni di calcolo a illustrazione degli argomenti e dei problemi trattati nel corso. Di esse verrà dato di volta in volta il testo scritto. Gli argomenti trattati durante le esercitazioni costituiscono programma di esame. Saranno proposte, altresì, delle esercitazioni scritte agli allievi la cui risoluzione, con esito positivo, potrà esonerare dalla prova scritta di esame.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta, avente come oggetto un problema del tipo di quelli trattati durante le Esercitazioni, integrata da un colloquio orale (vedi anche sotto Esercitazioni).

Libri consigliati

- G. Biardi: Operazioni unitarie di impianti chimici, Vol. 1, CittàStudi (1993).
 è consigliata la consultazione dei testi sottocitati, disponibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria Chimica.
 A. Foust et al.: Principles of unit operations, 2nd Ed., J. Wiley (1980)
 R. Treybal Mass transfer operations, 3rd Ed., McGraw Hill (1980)
 E.J. Henley J.D. Seader Equilibrium-Stage Separation Operations in Chemical Engineering J. Wiley (1981)
 P. Thibaut Brian Staged cascades in chemical processing Prentice-Hall (1972)
 Kern Process Heat Transfer McGraw Hill (1950)
 M.S. Peters, K. Timmerhaus Plant design and economics for chemical engineers 3rd Ed. McGraw Hill (1980)
 P. Harriot Process control McGraw Hill (1964).
 G. Stephanopoulos: Chemical Process Control: an Introduction to Theory and Practice, Prentice Hall, 1984

IMPIANTI CHIMICI (B)
Prof. Armando MORPURGO

AF0011

*Programma d'esame***Considerazioni preliminari.**

Bilanci materiali, energetici, di quantità di moto. Analisi exergetica. Efficienze. Costo del prodotto. Alternative di investimento. Ottimizzazione di progetto, di esercizio. Servoazione, controllo, autoregolazione, stabilità energetica. Schemi di controllo.

Elementi per la progettazione di impianti.

Lay-out di stabilimento. Servizi centralizzati.

Configurazioni degli impianti.

Operazioni fondamentali.

Unificazioni e normative tecniche.

Descrizione di principio e selezione di apparecchiature.

Elementi per la progettazione di apparecchiature.

Progettazione termodinamica, fluidodinamica, meccanica.

Generazione e modificazione delle proprietà di fase gassosa, liquida, solida.

Miscelazione, dispersione, convogliamento, contatto, separazione di fasi.

Azioni elementari. Meccanismi di trasporto. Trasformazioni chimiche.

Coefficienti di scambio liminari e globali.

Apparecchiature a stadi, a contatto continuo.

Operazioni a flusso incrociato, equicorrente, controcorrente, con riflusso.

Altezza e numero delle unità di trasporto.

Efficienza termodinamica locale, di stadio, di apparecchiatura.

Dimensionamento, costruzione, collaudo.

Operazioni fondamentali (discontinue, cicliche, continue).

Scambio termico con/senza cambiamento di fase; con/senza reazione chimica.

Adsorbimento, deadsorbimento, iperadsorbimento, assorbimento, deassorbimento, assorbimento

frazionato, estrazione liquido-liquido, estrazione liquido-solido, estrazione con due solventi, estrazione

frazionata, distillazione semplice, distillazione frazionata, rettifica binaria, rettifica azeotropica,

rettifica estrattiva, rettifica multicomponenti.

Esercitazioni

Le lezioni teoriche saranno completate da esemplificazioni e intervallate da esercitazioni numeriche.

Modalità d'esame

La valutazione viene effettuata sulla base di una prova scritta, integrata da un colloquio orale.

Libri consigliati

Saranno fornite dispense da fotocopiare, contenenti l'indicazione di testi per un eventuale approfondimento di alcuni argomenti.

IMPIANTI CHIMICI II
Prof. Sauro PIERUCCI

AF0012

*Programma d'esame***Umidificatore e deumidificatore dei gas.**

Definizioni. La temperatura del termometro a bulbo umido. La temperatura di saturazione adiabatica.

La relazione di Lewis. Diagramma T-U. Diagramma H-x e le regole per la previsione del senso di evoluzione dei sistemi in contro ed equicorrente. Diagramma H-T e dimensionamento degli apparati.

Essiccamento dei solidi.

Solidi igroscopici e non igroscopici. Andamento del fenomeno di essiccamento e sua velocità.

Descrizione dei tipi costruttivi principali e criteri per la loro scelta.

Concentrazione delle soluzioni.

Riscaldamento diretto ed indiretto. Evaporazione sotto vuoto. T ebullioscopio. Salto termico ed utile.

Evaporazione a multiplo effetto ed a termocompressione. Tipi costruttivi e criteri per la loro scelta.
Cristallizzazione.

Diagramma T-C e scelta del procedimento. Sovrasaturazione. Tipi costruttivi.

Separazione dei solidi dai fluidi.

Perdita di carico nel deflusso attraverso aggregati di solidi, loro porosità. Legame concettuale fra filtrazione, fluidificazione, trasporto pneumatico, decantazione, flooding nelle torri a riempimento. Filtrazione, decantazione e centrifugazione: cenni teorici e descrizione dei tipi costruttivi. Filtrazione dei gas: separatore a ciclone.

Miscelazione dei fluidi.

Tipi di moto da realizzare per miscelare fluidi o sospendere i solidi nei fluidi. Tipi costruttivi e criteri di scelta. Correlazioni sulla potenza dissipata.

Trasporto dei fluidi.

Pn e DN - Classi di tubi. Tipi di flange unificate. Organi di regolazione ed intercettazione. Macchine per la compressione dei fluidi comprimibili ed incomprimibili: criteri di scelta.

Regolazione automatica delle variabili operative.

Misure di portata, temperatura, pressione, livello. La catena di regolazione. I vari modi di operare dei controllori automatici. Valvole di regolazione per controllo automatico. Esempio di regolazione di un apparato complesso.

Materiali ferrosi più usati nella costruzione di apparati.

Acciai al C: proprietà meccaniche desiderabili, trattamenti termici, saldabilità, classificazione UNI, fragilità a freddo, acciai colmati.

Influenza del Ni sul diagramma Fe-C.

Acciai per basse temperature.

Influenza del Cr sul diagramma Fe-C.

Acciai resistenti alla corrosione. Influenza del Mo sulle caratteristiche meccaniche a caldo.

Acciai al Cr-Ni, e derivati.

Precipitazione dei carburi e stabilizzazione.

Libri consigliati

Dispense del corso.

Brown: Unit Operation. Ed. Wiley.

IMPIANTI CHIMICI NUCLEARI

AV0017

Prof. Alessandro FACCHINI

Programma d'esame

1. Il ciclo del combustibile dei reattori a fissione.

1.1. Il combustibile nucleare e relativi cicli. Evoluzione tecnologica del combustibile nucleare utilizzato in reattori termici e veloci. Cicli praticati: cicli senza e con riciclo dell'uranio e del plutonio per i reattori termici, ciclo del combustibile per i reattori veloci. Valutazione dei fabbisogni di servizi del ciclo del combustibile nei tre casi studiati. Elementi di costo.

1.2. Studio dei processi e degli impianti utilizzati nei vari servizi del ciclo:

1.2.a. Lavorazione del minerale: dall'estrazione dell'uranio mediante lisciviazione acida o alcalina, alla preconcentrazione mediante scambio ionico e quindi alla precipitazione dello "yellow-cake".

1.2.b. Depurazione dell'uranio mediante estrazione liquido-liquido, preparazione del "sale verde" (UF₄), produzione dell'uranio metallico o dell'esaffluoruro.

1.2.c. Fabbricazione delle pastiglie di biossido di uranio e di ossidi misti di uranio e plutonio. Metallurgia delle polveri e processi "sol-gel". Cenni alla produzione dei carburi e dei carbonitridi di uranio e plutonio.

1.2.d. Gestione del combustibile irradiato. Sistemi di immagazzinamento temporaneo a umido e a secco. Parametri atti a caratterizzare un combustibile irraggiato e impostazione dei calcoli per la valutazione delle sue proprietà quali: attività parziali e totale, potenza di decadimento, rapporti di avvelenamento dovuti a nuclidi specifici, isotopi fissili residui, attinidi formati, ecc. Codici di calcolo (ad es. ORIGEN) e metodi semplificati.

1.2.e. Ritratamento del combustibile irradiato. Sue finalità e strategie possibili e attuali. Calcolo del

- fattore di decontaminazione in funzione dei parametri di irraggiamento. Tempo di raffreddamento minimo di un combustibile irraggiato. Trasporto e aspetti generali di un impianto di ritrattamento. Dissoluzione e abbattimento dei gas prodotti: aspetti chimici e apparecchiature usate. Il processo Purex (cenni sul processo Redox) di separazione e purificazione dell'uranio e del plutonio: aspetti chimici e di processo. Trasferimento di materia in un sistema bifasico liquido-liquido: deduzione delle equazioni differenziali di bilancio; apparecchiature impiegate: miscelatori-decantatori e colonne pulsate. Loro dimensionamento e studio del loro comportamento fluidodinamico ed estrattivo. Considerazioni generali sui componenti di un impianto di ritrattamento: mezzi di trasferimento dei liquidi, strumentazione, ecc. Cenni sulla simulazione parametrica di impianti di ritrattamento e di loro unità operative mediante calcolatori.
- 1.2.f. Gestione dei rifiuti radioattivi: Loro produzione nei vari servizi del ciclo. Criteri di gestione: "diluisce e disperdi" o "separa ed isola"; ricettività di un sito, formule di scarico. Metodi di trattamento e di condizionamento della fase concentrata in calcestruzzi, bitume, polimeri, vetri. Isolamento in strutture geologiche profonde: sale (domi salini), graniti, argille. Cenni sulla separazione degli attinidi e loro gestione (trasmutazione nucleare, ecc.).
 - 1.3. Dimensionamento di schermi gamma in geometrie semplici.
 - 1.4. Controllo di criticità. Sua collocazione nel "Rapporto di sicurezza" di un impianto nucleare. Concetti generali sulla verifica per geometria e per massa. Mezzi e metodi usati. "Curva di criticità" in geometria sferica dei principali isotopi fissili: analisi e discussione.
 2. **Ciclo del combustibile dei reattori a fusione D/T.**
 - 2.1. Schema generale, componenti principali e peculiarità dinamiche.
 - 2.2. Magazzinaggio principale e sistemi di alimentazione del deuterio e del tritio.
 - 2.3. Magazzinaggio intermedio per la preparazione della miscela appropriata di D/T e sua iniezione nel toro.
 - 2.4. Rigenerazione del "plasma esausto": a) = separazione delle impurezze (C, O, N, ..., He) dall'idrogeno; b) separazione isotopica degli isotopi di idrogeno e ripristino della miscela D/T.
 - 2.5. Sistema di separazione T/Li per il recupero del tritio generato nel mantello di litio (Pb-Li).

Esercitazioni

Durante il corso vengono svolte esercitazioni sui seguenti argomenti:

- Discussione di flow-sheets di processi inerenti impianti del ciclo del combustibile;
- Calcoli relativi alle proprietà di combustibili nucleari irradiati;
- Determinazione del numero di stadi o di unità di trasferimento di apparecchiature di estrazione liquido-liquido;
- Calcolo degli spessori di schermature gamma.

Modalità d'esame

L'esame (solo orale) comporta l'impostazione di un calcolo su uno degli argomenti svolti durante il corso e una o due domande atte a dimostrare il grado di conoscenza e maturità raggiunto dall'allievo. Durante lo svolgimento del calcolo l'allievo può valutare autonomamente la sua preparazione e decidere di conseguenza l'opportunità di procedere nella prova.

Libri consigliati

Appunti delle lezioni del corso (distribuiti periodicamente).

A. Facchini: Ciclo del combustibile dei reattori nucleari a fissione, ed. CUSL, 1987.

M. Benedict e T. Pigford: Nuclear Chemical Engineering, McGraw-Hill, New York, 1981.

J.T. Long: Engineering for Nuclear Fuel Reprocessing, Gordon and Breach Science Publ. 1967.

Jean Sauteron: Les Combustibles Nucléaires. Herman, Paris, 1965.

I suddetti testi sono consultabili nelle biblioteche centrale e del CESNEF.

IMPIANTI DI ELABORAZIONE (A)
Prof. Giuseppe SERAZZI

AG0252

Programma d'esame

Viene descritta l'architettura dei sistemi di elaborazione prendendone in considerazione i principali

componenti funzionali. Si studia la loro evoluzione dalla struttura di Von Neumann ai sistemi paralleli. Per ogni componente viene analizzata la motivazione che ha portato alla sua attuale struttura e viene effettuato uno studio modellistico per valutare l'impatto sulle prestazioni.

Nel corso vengono descritti i concetti di base e le tecniche per realizzare modelli a reti di code dei sistemi di impianti di elaborazione e di rete. Verranno effettuati studi di dimensionamento, tuning e capacity planning di impianti informatici.

Contenuto del Corso

PARTE I

1. Architettura di un sistema (cap. 1).

- Componenti fondamentali; Struttura di Von Neumann; Evoluzione tecnologica

2. Il Ruolo delle Prestazioni (cap. 2).

- Indici di prestazione (CIP, MIPS, ...); Misurazioni; Relazioni tra le varie metriche

3. Il Processore (cap. 5).

- Implementazione (5.1); Esecuzione istruzione e flusso dei dati (5.2); Algoritmi di schedulazione

4. Incremento delle prestazioni con il pipelining (cap. 6).

- Stages nell'esecuzione delle istruzioni (6.1, 6.2); Controllo della pipeline (6.3)

5. Gerarchie di Memorie (cap. 7).

- Cache; Memoria Virtuale; Gestione dei miss; Algoritmi di allocazione; Prestazioni

6. Interfaccia tra Processori e Periferiche (cap. 8).

- Metriche per l'I/O; Caratteristiche delle Apparecchiature di I/O; Tipi di bus

- Interfacce tra I/O, memoria, processore e sistemi operativi.

7. Sistemi paralleli (cap. 9).

- Sistemi SIMD e MIMD; Tipi di architetture MIMD; Evoluzione delle architetture.

8. Reti di Sistemi.

- Il modello ISO/OSI; Topologie; Reti locali; I protocolli (Ethernet, Internet Protocol Suite)

PARTE II

9. Cenni di teoria della probabilità.

- Variabili casuali (geometrica, esponenziale, normale, Erlang-K, iperesponenziali)

- Il processo di Poisson; Processi di nascita e morte; Stazioni con coda; M/M/1; M/M/1/k.

10. I modelli a reti di code.

- Centri di servizio, Tecniche di analisi, Caratterizzazione del carico, Analisi di sensitività.

11. Le Leggi fondamentali.

- Utilizzo, Little, Flusso forzato, Bilanciamento del flusso, ...

12. I parametri di ingresso e di uscita.

- Descrizione dei job e dei centri di servizio: Richieste di servizio

- Utilizzo; Tempo di residenza; throughput; Lunghezza della coda

13. Analisi dei valori limite (bounds).

- Limiti asintotici; Identificazione dei bottleneck; Balanced job bound (BJB)

14. I modelli a classe singola.

- Tecniche risolutive, Modelli aperti e chiusi, MVA esatto e approssimato

15. I modelli multiclasse.

- Tecniche risolutive; Modelli aperti, chiusi e misti; MVA esatto e approssimato

16. Un simulatore di modelli a reti di code.

- Organizzazione delle code; Scheduling; Tipi di stazioni; Tempi di servizio; Routing; Priorità

17. Case studies.

- Un modello di sistema time-sharing

- Un modello di Ethernet

Esercitazioni

Verranno applicate praticamente le tecniche di analisi delle prestazioni e di dimensionamento dei sistemi utilizzando un simulatore disponibile presso il Centro di Calcolo del Politecnico.

Libri di testo

D.A. Patterson, J.L. Hennessy: Computer Organization & Design: The Hardware/Software Interface, Morgan Kaufmann, 1994. (per la PARTE I)

E.D. Lazowska, J. Zahorjan, G.S. Graham, K. Sevcik: Quantitative System Performance, Prentice Hall, 1984. (per la PARTE II)
Dispense distribuite in corso d'anno.

Libri consigliati

G. Buonanno, N. Scarabottolo: Temi d'esame di Impianti di Elaborazione, Esculapio Editore, Gennaio 1993.

D. Ferrari, G. Serazzi, A. Zeigner: Measurement and Tuning of Computer Systems, Prentice Hall, 1983.

Modalità d'esame

L'esame consta di:

- verifica del livello di conoscenza delle nozioni relative al programma sopra descritto;
- risoluzione di problemi di valutazione delle prestazioni e dimensionamento di un impianti informatici

IMPIANTI DI ELABORAZIONE (C) **Prof.ssa Barbara PERNICI**

AG0239

Programma d'esame

1. Architettura degli impianti di elaborazione.

Architettura di base: set di istruzione pipeline; gerarchia di memoria; valutazione delle prestazioni.

2. Richiami di Sistemi Operativi.

Funzioni e struttura a strati di un Sistema Operativo; concetto di processo; gestione dei processi; elaborazione concorrente: primitive di sincronizzazione in ambiente globale e in ambiente distribuito (semafori, monitor, scambio di messaggi); gestione della memoria; gestione dell'Unità Centrale; gestione degli archivi; gestione delle periferiche.

3. Ingegneria del software.

Il ciclo di vita del Software; fattori di qualità del Software, problemi, errori nella stima; raccolta dei requisiti; specifica dei requisiti; progettazione in grande e progettazione in piccolo; verifica dei programmi: tecniche "black box" e tecniche "white box"; costruzione dei dati per il testing dei programmi; modularità nel Software; gestione dei progetti.

4. Progetto di Sistemi Informativi.

Introduzione alla progettazione dei Sistemi Informativi: progetto dei processi e progetto dei dati; metodologie di progetto: primitive e strategie di progettazione; analisi strutturata dei sistemi; progetto concettuale di basi di dati: il modello Entità-Relazioni; progettazione congiunta di dati e processi; cenni alla progettazione logica della base di dati; i sistemi di interrogazione delle basi di dati; nuove tendenze dei sistemi e delle tecniche di progettazione.

5. Reti di calcolatori.

Modello di riferimento ISO-OSI; mezzi e tecniche di trasmissione: supporti fisici, modulazione di segnali, condivisione di canali di comunicazione, tecniche di commutazione; protocolli, tecniche di routing, controllo delle congestioni; le reti geografiche; le reti locali; caratteristiche e protocolli principali; criteri di scelta dei sistemi di elaborazione nei diversi contesti applicativi; metodi di analisi delle prestazioni.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni di integrazione degli argomenti trattati nel corso, in particolare sulle metodologie di analisi dei sistemi informativi.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta sull'analisi dei sistemi informativi e in una prova orale.

Libri consigliati

1: D.A. Patterson, H.J. Hennessy: Computer Organization & Design, Morgan Kaufmann, 1994.

2: F. Tisato, R. Zicari: Sistemi Operativi: Architettura e Progetto, CLUP, 1985.

- 3: C. Ghezzi et al.: Ingegneria del Software, Mondadori Informatica, Milano, 1991.
 4: a) C. Batini, S. Ceri., S. Navathe: Conceptual database Design: an Entity-Relationship approach, Benjamin Cummings, 1991.
 b) C. Francalanci, F.A. Schreiber, L. Tanca: Progetto di Dati e Funzioni, Progetto Leonardo, Bologna 1993.
 c) R. Elmazzi, S. Navathe: Fundamentals of Database Systems, 2nd ed., Benjamin Cummings, 1994.
 d) E. Yourdon: Analisi Strutturata dei Sistemi, ed. Jackson, Milano.
 5: A.S. Tanenbaum: Computer Networks, Prentice Hall, 1988.

IMPIANTI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA Prof. Paolo MARANNINO

AH0112

Programma d'esame

- 1) **Elementi di economia nella produzione dell'energia elettrica.** Fonti primarie; fabbisogni di energia elettrica, bilanci energetici. Diagrammi di carico tipici, loro copertura; costi di produzione e tarifficazione.
- 2) **Centrali idroelettriche.** Nozioni di idrologia. Tipi principali ed elementi costitutivi. Macchinario elettrico e schemi tipici.
- 3) **Centrali termoelettriche.** Combustibili. Centrali tradizionali a vapore: elementi costitutivi e relativi modelli, macchinario elettrico e schemi tipici. Centrali con turbine a contropressione per produzione combinata di energia elettrica e vapore. Centrali geotermiche. Centrali nucleotermoelettriche. Centrali con turbine gas e a cicli combinati, o con gruppi Diesel.
- 4) **Regolazione della frequenza.** Regolazione di un gruppo generatore; regolatori di velocità; regolazione primaria e secondaria. Regolazione della frequenza in rete; ripartizione del carico tra i vari gruppi e tra i vari sistemi interconnessi (v. anche 5); regolazione frequenza-potenza.
- 5) **Dispacciamento ottimo delle potenze generate.** Sistemi a generazione idroelettrica e/o termoelettrica. Dispacciamento a eguali costi incrementali (senza perdite) o a eguali costi incrementali corretti con fattori di penalità delle perdite. Metodi esatti e iterativi per la soluzione matematica del dispacciamento ottimo. Fattori di partecipazione. Cenno alla formula delle perdite.

Esercitazioni

Le esercitazioni saranno prevalentemente tenute da professionisti e dirigenti dell'ENEL (nell'ambito di una convenzione tra ENEL e Politecnico), che porteranno il contributo dell'industria elettrica alla presentazione di temi applicativi di loro diretta competenza.

Libri consigliati

Per le parti 1 - 3:

Zanchi: Centrali elettriche, Tamburini, Milano

Per le parti 4 - 5:

Marini, Valtorta: Trasmissione e interconnessione, CEDAM, Padova.

Wood, Wallenberg: Power Generation, Operation and Control, J. Wiley, New York.

IMPIANTI DI SEPARAZIONE ISOTOPICA, (1/2 annualità) Prof. Bruno BRIGOLI

AV0126

Programma d'esame

- 1) **Teoria delle cascate.**
 Equazioni delle cascate simmetriche (generica, ideale, quadrata e a gradini). Funzione valore e potere separante. Ottimizzazione della cascata quadrata e di quella a gradini. Regime transitorio delle cascate.
- 2) **Impianti di separazione isotopica (reattori a fusione).**
 2.1 - Separazione del deuterio.

Proprietà chimico-fisiche delle diverse specie molecolari dell'idrogeno e dell'acqua. Fenomenologia e fattore di separazione dei principali processi separativi applicati per la separazione del deuterio.

Impianti di produzione dell'acqua pesante: separazione del deuterio per distillazione dell'acqua e dell'idrogeno, reazioni di scambio isotopico, processi monotermini e bitermini.

2.2 - Separazione del tritio.

Ritrattamento del gas esausto utilizzato nei reattori a fusione: purificazione e separazione del deuterio e del tritio con processi distillativi, di diffusione termica, di cromatografia in fase gassosa.

Fenomenologia e fattore di separazione dei processi separativi applicati per la separazione del tritio. Cenni sulla separazione isotopica del litio per la produzione di tritio nei reattori a fusione.

3) Impianti di separazione isotopica (reattori a fissione).

Fenomenologia e fattore di separazione dei processi separativi applicati per la separazione isotopica dell'uranio. Arricchimento dell'uranio mediante diffusione gassosa, centrifugazione e separazione fotoassistita; illustrazione dei componenti non convenzionali degli impianti, problemi pratici ed operativi.

Libri consigliati

S. Villani: Separazione degli isotopi, ed. CNEN, 1975.

H. London: Isotope separation, Newness, London, 1962.

M. Benedict, T.H. Pigford, H.W. Levi: Nuclear chemical engineering, McGraw Hill, New York, 1981.

S. Villani ed: Uranium enrichment, Topics in Applied Physics, vol. 35, Springer-Verlag, Berlin, 1979.

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI GASSOSI

AI0006

Prof. Michele GIUGLIANO

Programma d'esame

1. Problemi d'inquinamento atmosferico.

Scala spaziale e temporale dei fenomeni di alterazione della qualità dell'aria. Alterazioni acute su piccola scala in aree urbane ed industriali. Alterazioni su grande scala nella bassa ed alta atmosfera. Il problema della CO_2 , del metano, dell'ozono e dell'acidità delle precipitazioni. Meccanismi generali di produzione, trasformazione e rimozione di sostanze nell'atmosfera.

2. Valutazioni delle grandi fonti di inquinamento.

Generalità sulla combustione. Meccanismi di formazione di inquinanti per combustione incompleta, per reazioni secondarie e per impurezze dei combustibili. Le emissioni da processi di combustione fissa: utenze civili e industriali, centrali termoelettriche, inceneritori di rifiuti e combustibili derivati. Le emissioni da processi di combustione mobile: tipo e regime di utilizzo del motore, emissioni allo scarico ed emissioni per evaporazioni. Le emissioni da processi industriali: chimica e petrolchimica, siderurgia, materiali da costruzione ed altri processi industriali. Fattori e modelli di calcolo delle emissioni.

3. Il trasporto, la diffusione, trasformazione e la rimozione degli inquinanti.

Caratteristiche termiche e dinamiche dello strato limite planetario. Elementi di meteorologia e climatologia. Modelli d'innalzamento dei pennacchi. Modello gaussiano per la distribuzione degli inquinanti emessi da sorgenti puntuali, lineari ed areali. Versione climatologica e per atmosfere non omogenee del modello gaussiano. Cenni ad altri tipi di modelli.

4. Tecniche di controllo delle emissioni inquinanti.

Generalità dei sistemi di prevenzione e controllo. Granulometria del particolato ed efficienza dei depolveratori. Modelli elementari di captazione del particolato. Depolveratori meccanici. Filtri elettrostatici. Filtri a manica, Depolveratori ad umido. Sistemi di assorbimento ad umido, secco e semisecco delle emissioni gassose. Sistemi di adsorbimento. Conversione termica e catalitica. Sistemi combinati. Confronto fra sistemi e cenni ai costi di impianto e di esercizio.

5. Problemi di gestione della qualità dell'aria.

Sistemi informativi. Inventario delle emissioni. Reti di rilevamento. Criteri per gli standards di emissioni e di qualità dell'aria. Filosofia degli interventi. Cenni alla normativa nazionale e internazionale.

Esercitazioni

Le esercitazioni si svolgono presso il Centro di Calcolo con l'utilizzo di software appositamente messo a punto per il Corso. Si valutano con modelli di calcolo le emissioni da grandi fonti di inquinamento, l'efficienza di controllo richiesta dalle normative, l'approccio al dimensionamento degli impianti di depurazione e la distribuzione degli inquinanti nell'area.

Libri consigliati

- Dispense e materiale distribuito durante il corso.

J. H. Seinfeld: Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution John Wiley and Sons, 1986.

S. Calvert, Il M. Englund (Ed.): Handbook of Air Pollution Tecnology, 1984.

A.G. Buonicore, W.T. Davis (edits): Air Pollution Engineering Manual, Van Nostrand Reinhold, New York (USA), 1992.

R.C. Flagan, J.H. Seinfeld: Fundamentals of Air Pollution Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York (USA), 1988.

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI INQUINANTI **Prof. Falco SINISCALCO**

AE0101

Programma d'esame

0. Importanza del contenimento dell'impatto ambientale prodotto dallo svolgimento delle diverse attività economiche.
1. Concetti generali.
- 1.1. Principi di ecologia. Ecologia speciale. Caratteristiche dell'ambiente ed indicatori ambientali. Alterazioni delle caratteristiche dell'ambiente provocate da un impatto. Rischi di danni alla salute pubblica.
- 1.2. Cenni sulle metodologie di rilevamento dello stato dell'ambiente.
- 1.3. Elementi di normativa comunitaria, nazionale e regionale.
2. Interventi per il contenimento dell'impatto ambientale. Principi di ingegneria ambientale.
- 2.1. Genesi delle perturbazioni ambientali.
- 2.2. Provvedimenti disponibili per ridurre l'entità di un impatto.
- 2.3. Operazioni elementari dell'ingegneria ambientale.
- 2.4. Metodologie utilizzabili per ottimizzare l'immissione nell'ambiente dei fattori di impatto.
- 2.5. Principali sistemi di bonifica ambientale.
- 2.6. Cenni sui rischi ambientali.
3. L'inquinamento degli ambienti interni.
- 3.1. Classificazione dei principali inquinanti ambientali (chimici e fisici).
- 3.2. Limiti di riferimento per la salvaguardia delle condizioni lavorative.
- 3.3. Metodi di valutazione dei dati ambientali.
- 3.4. Identificazione delle sorgenti inquinanti.
- 3.5. Provvedimenti per il contenimento degli inquinanti.
- 3.6. Relazione tra ambiente interno ed ambiente esterno.
4. L'inquinamento dell'atmosfera.
- 4.1. Classificazione dei principali inquinanti atmosferici.
- 4.2. Elementi per la valutazione dell'esposizione agli inquinanti dei cittadini e degli addetti alle lavorazioni ed alle altre attività economiche.
- 4.3. Impianti di trattamento degli effluenti aeriformi in sistemi polifasici.
- 4.4. Impianti di trattamento degli effluenti aeriformi in fase omogenea.
- 4.5. Valutazione della dispersione degli inquinanti da fonti concentrate e da fonti diffuse.
5. L'inquinamento dell'idrosfera.
- 5.1. Classificazione dei principali inquinanti idrici.
- 5.2. Problemi igienico-sanitari.
- 5.3. Impianti di trattamento degli effluenti idrici in sistemi polifasici.
- 5.4. Impianti di trattamento degli effluenti idrici in fase omogenea.
- 5.5. Impianti tipici di depurazione delle acque.
- 5.6. Valutazione della dispersione degli inquinanti idrici.

6. L'inquinamento del suolo.
- 6.1. Classificazione dei principali inquinanti del suolo.
- 6.2. Problemi igienico-sanitari.
- 6.3. Impianti di trattamento dei rifiuti.
- 6.4. Strutture di confinamento dei rifiuti.
7. Altre forme di inquinamento.
8. Principali problemi che si incontrano nella realizzazione degli interventi di disinquinamento.
9. Trattazione dei concetti esposti nel Corso su una o più tipologie lavorative scelte di anno in anno.

Esercitazioni

Sono previste alcune visite di studio presso impianti ed industrie.

Libri consigliati

Nel corso delle lezioni verranno segnalati libri e riviste che possono essere consultati nella biblioteca del Dipartimento.

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI APPROVVIGIONAMENTO AI0007 **Prof. Costantino NURIZZO**

Programma d'esame

Le acque di approvvigionamento (richiami e complementi) - Definizione di acque di approvvigionamento - Fonti di approvvigionamento idrico (convenzionali e non) - Caratteri delle acque naturali: caratteri fisici, organolettici, chimici e biologici, analisi delle acque. Requisiti delle acque per uso potabile, per usi industriali, per usi agricoli - Fabbisogni e stato dell'approvvigionamento idrico in Italia. Aspetti normativi.

Finalità dei trattamenti delle acque di approvvigionamento.

Le operazioni fondamentali dei trattamenti delle acque di approvvigionamento - Accumulo. Grigliatura, staccatura. Dosaggio ed aggiunta di reattivi. Miscelazione. Coagulazione - flocculazione. Sedimentazione. Filtrazione: rapida (a gravità ed in pressione) e lenta. Aerazione. Adsorbimento. Metodi a membrana. Scambio ionico. Evaporazione. Precipitazione.

Principali trattamenti delle acque di approvvigionamento - Generalità. Rimozione del colore e della torbidità. Disinfezione: disinfezione a mezzo di agenti chimici e fisici. Controllo dei caratteri organolettici. Rimozione del ferro e del manganese. Rimozione dell'idrogeno solforato. Addolcimento chimico. Neutralizzazione. Demineralizzazione. Dissalazione. Condizionamento e trattamento dell'acqua di alimentazione dei generatori di vapore. Trattamento delle acque per piscine. Rimozione di composti dell'azoto. Controllo e rimozione dei microinquinanti.

Prodotti residuati dei trattamenti delle acque di approvvigionamento - Caratteristiche e trattamento dei fanghi.

Il recupero ed il riciclo delle acque usate.

L'ingegneria degli impianti di trattamento delle acque di approvvigionamento - Scelta del ciclo di trattamento. Criteri di progettazione e di esercizio. Valutazioni economiche.

Esercitazioni

L'insegnamento prevede una serie di esercitazioni numeriche e grafiche relative ai calcoli di progetto delle principali fasi di trattamento. Sono inoltre previste: visite tecniche, conferenze, seminari.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale che si svolgerà sulla base del programma di insegnamento e delle esercitazioni svolte.

Libri consigliati

Dispense;

Al Layla et al.: Water Supply Engineering Design,

Barnes et al.: Water and Wastewater Engineering System,

Barnes, Wilson: Chemistry and Unit Operations in Water Treatment,
 Montgomery: Water Treatment - Principles and Design,
 Popel: Lehrbuch für Abwassertechnik und Gewässerschutz,
 Desjardin: Le traitement des eaux.

IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI RIFIUTO Prof. Luca BONOMO

AI0008

Programma d'esame

- 1. Caratteristiche delle acque di rifiuto.** Volume e portata degli scarichi; modalità di misura e di campionamento. Caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche delle acque di rifiuto domestiche ed industriali.
- 2. Fenomeni di inquinamento delle acque.** Richiami e complementi.
- 3. Trattamenti di depurazione.** Generalità sui trattamenti. Grigliatura, triturazione e stacciatura. Dissabbiatura: dissabbiatori a canale, dissabbiatori aerati, altri tipi di dissabbiatori. Disoleatura e flottazione. Sedimentazione: teoria dei processi di sedimentazione e criteri di dimensionamento dei sedimentatori; sedimentazione di massa. Processi biologici aerobici; teoria dei processi biologici aerobici; criteri di scelta tra i diversi processi. Trattamenti a fanghi attivi; processi convenzionali; aerazione prolungata ed impiego dell'ossigeno puro. Filtrazione biologica; letti percolatori a debole ed a forte carico; dischi biologici; relativi criteri di dimensionamento. Stagni biologici ed irrigazione. Problemi particolari per lo scarico in bacini a debole ricambio. Nitrificazione e denitrificazione. Trattamenti di terzo stadio per la rimozione del fosforo. Problemi per lo scarico a mare (cenni). Impianti per piccole comunità e case isolate. Vasche Imhoff. Principali operazioni fondamentali di natura chimica. Neutralizzazione, precipitazione, ossidazione, coagulazione e flocculazione.
- 4. Trattamenti dei fanghi.** Stabilizzazione aerobica. Digestione anaerobica; teoria dei processi biologici anaerobici; digestori ad uno stadio ed a due stadi; dimensionamento dei digestori. Ispessimento. Disidratazione dei fanghi; letti di essiccamento; metodi di disidratazione artificiale; centrifughe, filtri a vuoto, filtri pressa; criteri di scelta. Smaltimento finale dei fanghi.
- 5. Reflui delle principali industrie.** Limitazione dei consumi idrici. Razionalizzazione delle reti di fognatura. Interventi sui cicli e recuperi di sottoprodotti (cenni). Industria alimentare, cartaria, tessile, conciaria, petrolifera, meccanica. Effetti della presenza di scarichi industriali nelle pubbliche fognature. Condizioni di accettabilità in fognatura.
- 6. Costi di impianto e di esercizio e cenni di legislazione.**

Esercitazioni

Nell'ambito del Corso gli allievi, suddivisi in piccole squadre, svolgeranno il progetto di un impianto di depurazione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale sulla base del programma di insegnamento anche con la discussione del progetto svolto durante il corso.

Libri consigliati

Saranno distribuite delle dispense. Sui temi non coperti dalle dispense e per l'approfondimento di argomenti particolari, si suggerisce la consultazione dei testi seguenti:

- L. Bonomo (a cura di): Stabilizzazione, disidratazione e smaltimento dei fanghi di depurazione. Numero speciale della rivista *Ingegneria Ambientale*, n. 3 del 1981.
 L. Masotti: *Depurazione delle Acque*, Ed. Calderini, Bologna, 1987
 Metcalf e Eddy: *Wastewater Engineering*, Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1972.
 R. Vismara: *Depurazione biologica, teoria e processi*, Ed. Heopli, Milano, 1987.

IMPIANTI ELETTRICI

Prof. Enrico TIRONI

AH0113

Programma d'esame

1. Generalità.

Lavoro elettrico, sua generazione e trasporto. Tipi di centrale. Interconnessione. Prospettive sull'utilizzazione di c.c. per il trasporto e la grande distribuzione.

2. Generazione.

N. ore di utilizzazione della potenza e perdite. Costi di produzione. Analisi dei diagrammi e prospettive di un loro miglioramento. Potenza ed energia ricavabili da una centrale. Rendimenti. Elementi che contribuiscono a determinare la tarifficazione. Scelte riguardanti il macchinario elettrico di centrale; N. di gruppi, velocità, potenza, zona di possibile utilizzazione, rapporto di corto circuito, tensione, caratteristiche meccaniche; considerazioni sulla stabilità. Oscillazione del rotore in gruppi diesel-elettrici; variazioni di velocità alla chiusura progressiva della turbina. Eccitazione: tensione nominale, tensione limite, velocità di risposta, potenza; sistemi rotanti e statici, brushless, con convertitori semplici e doppi. Servizi ausiliari e loro alimentazione. Gestione centralizzata degli impianti elettrici. Schemi elettrici di centrali.

3. Generazione con fonti integrative.

Principali fonti disponibili e problemi connessi alla loro utilizzazione, tempo di restituzione energetico, ricerca della soluzione più economica.

In particolare: energia solare fotovoltaica - energia eolica.

Sfruttamento solo locale, con o senza accumuli; possibilità di messa in parallelo sulla rete elettrica.

4. Trasmissione.

Linee elettriche come doppio bipolo. Distribuzione della corrente nei conduttori in c.a.; perdite e resistenza in c.a.. Induttanza delle linee: caso monofase con calcolo diretto, integrale di Neumann, casi trifase binato, trifase qualsiasi; linee trasposte, due terne in parallelo; induttanza omopolare. Capacità: sistemi di equazioni e impostazione generale del calcolo: elastanze, calcolo diretto per due conduttori nello spazio, valutazione di auto e mutua elastanza; caso di due conduttori in presenza della terra, caso trifase sia per linea isolata che in presenza della terra, linea binata, linea trifase sottoposta a tensione omopolare; misura della capacità in cavi trifasi con superficie esterna equipotenziale.

Perdite laterali e conduttanza; effetto corona: tensione critica, perdite, disturbi; sforzi elettrodinamici. Circuiti equivalenti, valutazione delle costanti delle equazioni di funzionamento. Diagrammi di funzionamento e loro utilizzazione. Calcolo delle perdite e loro minimizzazione per le grandi linee; rendimento; diagrammi delle potenze e delle perdite. Studio a parametri distribuiti, per fenomeni impulsivi; propagazione; il fulmine ed i suoi effetti. Propagazione in regime sinusoidale; costante di propagazione, impedenza caratteristica, diagrammi di tensione e di corrente, lunghezza d'onda, potenza naturale.

5. Impianti di terra.

Terre di protezione e di funzionamento; aspetti fisiologici del problema delle fulminazioni. Resistenza di elettrodo emisferico e cilindrico. Impianti separati e non. Tensioni di passo e di contatto. Piastra equipotenziale; dispersori profondi. Metodi di calcolo di reti di terra. Normativa.

6. Stato del neutro, sovratensioni transitorie e coordinamento dell'isolamento.

Definizioni; norme. Influenza delle correnti di corto circuito sulla stabilità, sul riscaldamento dei conduttori, sulla scelta e sul coordinamento delle protezioni, sulle sovratensioni. Neutro direttamente a terra; a terra tramite impedenza; bobina d'estinzione. Neutro isolato: conseguenti valori e distribuzioni delle correnti e delle tensioni in caso di guasto.

Archi intermittenti a terra; ferrorisonanza; interruzione di correnti capacitive; interruzione progressiva o rapida di correnti induttive.

Coordinamento dell'isolamento.

7. Stabilità e regolazione.

Linee di interconnessione e loro problemi. Scambi di potenza attiva e reattiva tra sistemi. Regolazioni trasversali e longitudinali. Uso di condensatori e reattori e loro regolazione. Massima potenza trasmissibile da una linea; fenomeno di autoeccitazione; stabilità di un sistema generatore-trasformatore-linea; stabilità dinamica per brusco aumento di potenza motrice; stabilità dinamica per brusca variazione di impedenza.

8. Distribuzione.

Reti a M.T. e B.T.. Reti radiali ed a maglie. Cabine di sezionamento, smistamento, trasformazione e regolazione. Calcolo delle reti di distribuzione.
Distribuzione cittadina e industriale.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguardano lo sviluppo di progetti di massima con calcoli numerici, schemi e disegni sommari di impianti di produzione, trasmissione, ricezione e distribuzione di lavoro elettrico. Le singole parti saranno illustrate in linea generale all'inizio delle singole esercitazioni. Queste non richiedono necessariamente la presenza fisica dell'allievo che è comunque vivamente consigliata. Chi non avrà svolto in modo soddisfacente i temi assegnati non potrà sostenere l'esame.

Modalità d'esame

L'esame si svolge oralmente.

Gli elaborati delle esercitazioni, già approvati, dovranno essere portati all'esame dove potranno formare oggetto di ulteriore interrogazione; essi dovranno essere presentati anche alla prova di laurea.

Libri consigliati

Appunti al corso di Impianti Elettrici II - CUSL.
F. Illiceto Impianti elettrici vol. I, ed. Pàtron Bologna.

IMPIANTI INDUSTRIALI
Prof. Renato WEGNER
AR0108*Programma d'esame*

- **L'impianto industriale.** Principio economico. Principio del traffico.
- **Lo studio di fattibilità in vista di nuove realizzazioni.** Studio di Mercato. Ubicazione. Scelta del ciclo produttivo. Layout. Definizione dei costi di realizzazione e produzione. Piano economico e finanziario. Valutazione dell'iniziativa.
- **Cenni di analisi economica.** Obiettivi dell'impresa. Il fenomeno delle economie di scale. La struttura dei costi e dei ricavi dell'impresa. Il controllo di esercizio. Tipi di investimenti. Criteri di scelta degli investimenti. Metodi di determinazione della convenienza economica approssimati e basati sul concetto di attualizzazione. La decisione in regime di incertezza.
- **I metodi econometrici e di economia lineare.** L'utilizzo dei modelli lineari come espressione della "funzione di produzione" di un'azienda. Utilizzo dei dati di un modello lineare per assumere decisioni di ristrutturazione di impianti.
- **Metodi quantitativi per le decisioni impiantistiche.** Applicazioni di Ricerca Operativa ai problemi industriali. Simulazione. Programmazione matematica. Teoria delle file di attesa. Modelli combinatori.
- **Strategia di impresa e strategia produttiva.** Obiettivi competitivi di un sistema di produzione: economicità, qualità, flessibilità, servizio. Collegamento tra il sistema produttivo e il ciclo di vita dei prodotti.
- **Scelta della ubicazione,** metodologie generali e riferimenti alla situazione italiana e alle politiche di incentivazione per l'insediamento di nuove iniziative industriali.
- **Lo studio del layout di un impianto di produzione.** Analisi dei prodotti. Analisi delle relazioni e dei flussi di materiali. Costruzione di schemi di un layout di riferimento e valutazione dei vari fattori di modifica. Formulazione delle alternative di layout e criteri di scelta. Determinazione automatica della sistemazione relativa dei reparti. Sviluppo dell'impianto nel tempo. Elasticità. Ampliamento. Pianificazione del layout. Bilanciamento delle linee di produzione.
- **Riflessi sulla progettazione impiantistica delle nuove forme di organizzazione del lavoro.** Nuove impostazioni del layout.
- **Principi generali di progettazione dei servizi di impianto.** Schema generale. I fattori di scelta. Efficienza del servizio. Dimensionamento della centrale.
- **Trasporti e logistica industriale.** Criteri di scelta dei mezzi di trasporto interni degli stabilimenti. Tipi di mezzi di trasporto e criteri di scelta. Containers. Reparti e macchine specializzate per il

confezionamento e imballaggio. Tipi di magazzini e criteri di scelta. L'organizzazione fisica dei vari tipi di magazzini. L'organizzazione della rete di distribuzione.

- Il "project management". Organizzazione dei progetti di impianto.

Esercitazioni

Nell'ambito delle esercitazioni verrà impostato per gli studenti che lo scelgono il progetto di laurea di contenuti impiantistici.

Gli altri allievi che non intendono svolgere un progetto di laurea con adeguati contenuti impiantistici sono tenuti comunque a svolgere un sintetico elaborato attinente gli aspetti progettuali di un sistema di produzione.

Nel corso delle esercitazioni vengono anche discussi casi aziendali attinenti le problematiche di strategia della produzione.

Modalità d'esame

Per essere ammesso all'esame l'allievo deve avere svolto in misura sufficiente il tema di impianto assegnatogli per il progetto o l'elaborato. L'esame consiste in una interrogazione e/o prova scritta sulla materia facente parte del programma delle lezioni. Subordinatamente all'esito sufficiente di tale prova si procederà all'esame e alla discussione degli elaborati e della relazione costituenti il progetto o l'elaborato.

Libri consigliati

- Dispense del corso su: Analisi economica, layout, magazzini, trasporti interni, strategia della produzione.

- B. Martinoli: La simulazione - F. Angeli Editore.

- R. Raimondi: Collana di impiantistica - F. Angeli Editore.

Testi applicativi di ricerca operativa.

IMPIANTI MECCANICI

AQ0009

Proff. Carlo Felice MARCOLLI, Francesco TURCO

Programma d'esame

I) PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI.

1.1) Elementi di economia della produzione industriale.

L'impianto e l'impresa industriale: definizione di impianto industriale; gli obiettivi economici della produzione; gli impianti di servizio.

I costi di produzione: analisi e classificazione; l'ammortamento dei beni strumentali nella contabilità dei costi; la disciplina fiscale dell'ammortamento.

L'utilizzo delle variabili economiche nelle decisioni concernenti gli impianti: il diagramma costi-volumi e il punto di pareggio; il volume ottimale di produzione; il margine di contribuzione e il suo utilizzo; l'influenza del tempo: interesse, capitalizzazione, valore attuale; il costo di impianto, il costo di esercizio e le loro relazioni; i limiti alla durata utile dei beni strumentali; la problematica di rinnovo degli impianti; i criteri di valutazione della redditività degli investimenti industriali.

1.2) Problemi ricorrenti nella progettazione degli impianti.

L'affidabilità e la disponibilità negli impianti industriali: l'affidabilità e la disponibilità di componenti isolati; l'affidabilità e la disponibilità di sistemi complessi: sistemi tipo serie e sistemi tipo parallelo; esempi concreti; considerazioni economiche.

La scelta del grado di centralizzazione nella produzione dei servizi: le economie di scala; l'influenza della affidabilità; l'influenza della variabilità della richiesta; le diseconomie di scala.

Il dimensionamento degli accumulatori-polmone.

1.3) Tecniche di ricerca operativa nella progettazione degli impianti.

La programmazione lineare; la simulazione; la teoria delle code; l'analisi delle decisioni in condizioni di incertezza.

1.4) Il progetto di massima e la realizzazione dell'impianto.

L'analisi di fattibilità; cenni sui problemi di layout; le tecniche per la stima del costo di impianto; la programmazione dei lavori e la tecnica PERT.

2) **GLI IMPIANTI DI SERVIZIO: DESCRIZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE.**

2.1) **Trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica.**

Schemi elettrici; schemi multifilari, unifilari, funzionali; calcolo della potenza installata e scelta della potenza contrattuale; tariffazione dell'energia elettrica; scelta delle tensioni secondarie; schemi di distribuzione in MT e in BT; dimensionamento dei centri di carico; dimensionamento dei conduttori; verifica del fattore di potenza e calcolo della capacità rifasante; calcolo delle correnti di corto circuito; interruttori e sistemi di protezione; protezione contro i contatti accidentali.

2.2) **Produzione e distribuzione dell'energia termica.**

Criteri di scelta del fluido intermediario per la distribuzione dell'energia termica; impianti di generazione ad acqua e a vapore; principali tipi di generatori di vapore; impiego e dimensionamento degli accumulatori di vapore; disegno e dimensionamento delle reti di trasporto del vapore; calcolo delle perdite di energia e delle cadute di pressione; dimensionamento dello spessore isolante; accessori delle reti; impianti di cogenerazione; schemi alternativi, energia producibile, funzionamento in by-pass e in sfioro, economia della cogenerazione.

2.3) **Trasporto dei fluidi e dei materiali solidi.**

Trasporto fluidi: le tubazioni in acciaio; norme, unificazioni, materiali, criteri di dimensionamento; valvole, flange, guarnizioni, sforzi nelle tubazioni derivanti da sollecitazioni termiche; giunti di dilatazione e supporti di tubazioni.

Trasporto dei materiali solidi: elementi componenti il ciclo di trasporto; classificazione e caratteristiche dei mezzi di trasporto; determinazione della capacità di trasporto; costi di trasporto; scelta del mezzo di trasporto.

2.4) **Servizio aria compressa.**

Applicazioni industriali dell'aria compressa; rendimento di un sistema pneumatico; classificazione e caratteristiche dei generatori di potenza pneumatica (compressori); dimensionamento delle reti di distribuzione dell'aria compressa; vibrazioni e formazione di condensa nelle condotte; serbatoi e separatori di condensa.

2.5) **Servizi di controllo delle condizioni ambientali: Condizionamento. Illuminazione.**

Condizionamento: fisica dell'aria umida; determinazione delle condizioni termoigrometriche da mantenere; benessere fisiologico; schema generale di un impianto di condizionamento; ciclo di condizionamento estivo ed invernale; trasformazioni dell'aria: umidificazione, raffreddamento; ciclo frigorifero e torri di raffraddamento; dimensionamento dei canali di ventilazione. Illuminazione: leggi e grandezze principali dell'illuminotecnica; sorgenti luminose e loro caratteristiche; apparecchi illuminanti; prescrizioni generali di un impianto di illuminazione artificiale; calcolo del flusso totale; verifica di illuminamento punto per punto; curve isolux e loro impiego.

2.6) **Approvvigionamento dell'acqua industriale e trattamento delle acque reflue.**

Approvvigionamento dell'acqua: caratteristiche dell'acqua in relazione al suo utilizzo a fini industriali: durezza, alcalinità, sostanze sospese, gas disciolti; reperimento delle acque in natura: fonti superficiali e sotterranee; opere di presa e pompaggio; falde freatiche e loro comportamento; altezza massima di aspirazione delle pompe; principali trattamenti fisici dell'acqua: griglie, filtri, sedimentatori, flocculatori; principali trattamenti chimici dell'acqua: addolcimento, demineralizzazione, trattamento dell'acqua per caldaie.

Trattamento delle acque reflue: impurezze contenute nelle acque reflue: sostanze sospese, sostanze acide e basiche, sostanze tossiche, sostanze oleose, inquinanti organici; raccolta delle acque; dimensionamento delle tubazioni di convogliamento delle acque; scarichi industriali e loro disciplina; BOD e sua misura; impianti di trattamento.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno in elaborati di carattere applicativo, che dovranno essere presentati in sede d'esame.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale, che potrà essere preceduta dalla soluzione scritta di un problema di carattere applicativo.

Libri consigliati

F. Turco: Principi generali di progettazione degli Impianti Industriali, CittàStudi, 1993.

C.F. Marcolli: Impianti Industriali Meccanici - Servizio Elettrico, Servizio Illuminazione, CittàStudi, 1993.

P. Parolini: Impianti Industriali Meccanici - Produzione e distribuzione del calore, Trasporto dei fluidi, CittàStudi, 1993.

AA. VV.: Impianti Meccanici - Estratto (Dispense integrative), CittàStudi Fotocopie.

AA. VV.: Esercitazioni di Impianti Meccanici, CittàStudi, 1994

IMPIANTI NUCLEARI I + PROTEZIONE E SICUREZZA NEGLI IMP. NUCLEARI AVO112 **Proff. Carlo LOMBARDI, Sergio TERRANI**

*Programma d'esame***1. IMPIANTI NUCLEARI I****1.1. Generalità.**

Risorse e consumi energetici. Richiami di fisica nucleare e neutronica. Schema di principio di un reattore nucleare.

1.2. Reattori di potenza.

Reattori a grafite, ad acqua leggera in pressione, ad acqua leggera bollente, ad acqua pesante. Reattori veloci.

1.3. Ciclo del combustibile.

Risorse e domanda di uranio. Utilizzo dei materiali fertili. Riciclo del plutonio. Purificazione ed arricchimento dell'uranio. Fabbricazione dell'elemento di combustibile. Trasporto e trattamento del combustibile esaurito. Immagazzinamento dei rifiuti radioattivi.

1.4. Termomeccanica.

Meccanismi di guasto. Distribuzioni di temperatura in solidi. Sforzi di origine termica. Metodo degli elementi finiti.

1.5. Sicurezza degli impianti nucleare.

Scopi della sicurezza. Potenziali incidenti, sicurezza intrinseca. Sistemi attivi e passivi. Sistema di iniezione di emergenza. Il contenitore. Valutazione del grado di sicurezza. Approccio deterministico e probabilistico. Gli incidenti avvenuti negli impianti nucleari.

1.6. Costi di produzione dell'energia elettronucleare.

Peculiarità dei costi elettronucleari. Costi di produzione. Metodo del valore attuale. Applicazioni.

1.7. Ruolo dell'energia nucleare.

Fattori che ne influenzano lo sviluppo. La proliferazione nucleare. Programmi elettronucleari nel mondo.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni saranno sviluppati complementi alle lezioni ed esercizi.

Libri consigliati

C. Lombardi: Impianti Nucleari, ed. CLUP.

2. PROTEZIONE E SICUREZZA NEGLI IMPIANTI NUCLEARI**2.1. La radioprotezione nell'impegno su larga scala della radiazione.**

Grandezze e unità di misura in R.P. Modalità di irraggiamento dell'individuo - irraggiamento interno ed esterno. Uomo standard. Norme vigenti per la radioprotezione in Italia. Nuovi principi di R.P., la raccomandazione N. 60 dell'ICRP.

2.2. Dosimetria.

Dosimetria ionometrica - Principio di Bragg. Dosimetria calorimetrica. Dosimetria fotografica. Dosimetria a stato solido. Monitori personali. Monitori d'area. Contaminazione superficiale e sue misure. Misura della contaminazione dell'acqua, degli alimenti etc. Misura della contaminazione interna. Metodi particolari di dosimetria per condizioni eccezionali.

2.3. Problemi di protezione nell'esercizio degli impianti nucleari.

Sistemi di protezione del personale addetto agli impianti. Il ciclo del rifiuto radioattivo per

solidi, liquidi, aeriformi. La sicurezza nucleare. Cenni di criteri per stabilire il rischio connesso con un impianto nucleare. La difesa in profondità. Le salvaguardie nucleari. La protezione fisica degli impianti. Piani di emergenza nucleare.

2.4. Problemi di protezione nello smaltimento degli impianti nucleari.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni saranno sviluppati complementi alle lezioni ed esercizi.

Esercitazioni pratiche

Calibrazione di monitori d'area. Calibrazione di monitori personali. Dipendenza dalla energia di monitori a camera di ionizzazione. Calibrazione di dosimetri fotografici. Misura di radioattività dell'aria. Misura di radioattività dell'acqua (tre esercitazioni a scelta del docente).

Libri consigliati

C. Polvani: Elementi di radioprotezione, ENEA 1987.
 J.C. Collins: Radioactive Wasters, their Treatment and Disposal, E.I.F.N. Span Ltd, London 1960.
 T. Jager: Principles of Radiation Protection Engineering, McGraw-Hill, 1965.
 H. Cember: Introduction to health physics, Pergamon Press, London 1969.
 J. Shapiro: Radiation Protection, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1972.
 H. Kiefer, R. Maushart: Radiation Protection Measurement, Pergamon Press, 1972.

IMPIANTI NUCLEARI II **Prof. Carlo LOMBARDI**

AV0111

Programma d'esame

- Caratteristiche generali dei principali tipi di impianti nucleari di potenza
- Descrizione dettagliata di impianti ad acqua leggera, PWR e BWR, ad acqua pesante e a gas ad alta temperatura
- Il reattore veloce
- I reattori "avanzati" e "a sicurezza intrinseca"
- Criteri di progettazione termoidraulica e meccanica dei principali componenti degli impianti di potenza
- Analisi di sicurezza
- Impatto ambientale dei principali elementi del ciclo nucleare
- Tipi di incidente e loro conseguenze. L'incidente di Three Mile Island e quello di Chernobyl
- L'energia elettronucleare nel mondo: evoluzione storica, stato attuale e prospettive nei diversi Paesi
- Valutazioni economiche relative ai costi di produzione dell'energia elettronucleare
- Aspetti di sicurezza nei reattori a fusione

Esercitazioni

Verranno esemplificati i criteri di progettazione termoidraulica e meccanica.

Libri consigliati

C. Lombardi Impianti Nucleari, ed. CLUP, 1987

IMPIANTI SPECIALI (Tecniche di progettazione) **Prof. Carlo NOE'**

AQ0107

Programma d'esame

- 1) **Le problematiche di progettazione e gestione degli impianti industriali.**
- 2) **Definizione e analisi delle prestazioni caratteristiche degli impianti** (capacità, flessibilità, convertibilità, disponibilità, monitorabilità, non degradabilità, integrabilità, ecc.).
- 3) **Tecniche e strumenti per la progettazione di impianti e sistemi di produzione.**

- 3.1) Group Technology
Metodi di classificazione, tipi di codici, automazione delle codifiche.
Applicazione della Group Technology per la definizione del sistema di produzione.
- 3.2) La simulazione dei processi discreti e continui
Richiami di presupposti teorici.
Analisi di codici di simulazione.
Applicazioni.
- 3.3) Metodi quantitativi per l'assicurazione della qualità del processo e del prodotto
Applicazione di modelli per: l'analisi del livello di qualità dei flussi di prodotto lungo il processo di produzione; le scelte per l'attuazione di controlli e monitoraggi.
La determinazione della tolleranza industriale e della capacità del processo.
- 3.4) Metodi quantitativi per la determinazione di disponibilità e affidabilità negli impianti
Risk analysis.
FTA (Fault Tree Analysis).
FMEA e FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis).
Applicazione dei modelli markoviani e delle reti di Petri.
Politiche di manutenzione e loro applicazione.
- 3.5) Metodi di analisi del lavoro diretto
Applicazione delle curve di esperienza: il modello di curva di riferimento ed i criteri per la sua scelta; la determinazione dei relativi parametri caratteristici; l'analisi dell'influenza del tempo sulle scelte adottate; il controllo delle prestazioni.
- 3.6) Tecniche per la Concurrent Engineering
Le interconnessioni progettazione-produzione.
Condizioni e criteri per la parallelizzazione di fasi della progettazione di sistemi.
Il supporto informatico alla Concurrent Engineering.

Esercitazioni

Esercizi e casi didattici sugli argomenti del corso.

Modalità d'esame

Esame orale con discussione delle esercitazioni svolte durante l'anno accademico.

Libri consigliati

Dispense del corso

Altri riferimenti bibliografici segnalati durante lo svolgimento del corso.

A. Carrie: Simulation of manufacturing systems, J. Wiley & sons.

M. Bonfioli, C. Noè, M. Silvestri: Metodo simulativo per il controllo della qualità, ed. F. Angeli.

R. E. Markland, J. Sweigart: Quantitative methods: application to managerial decision making, J. Wiley & sons.

M. P. Groover, E. W. Zimmers jr.: CAD/CAM. Computer Aided Design and manufacturing, Prentice Hall International

IMPIANTI SPECIALI DI CLIMATIZZAZIONE**AK0112****Prof. Cesare Maria JOPPOLO***Programma d'esame*

1. **Aria Umida** - Concetti e leggi fondamentali.
Il diagramma dell'aria umida nella rappresentazione di Mollier Carrier e della ASHRAE.
Le principali trasformazioni dell'aria umida e loro rappresentazioni sui diagrammi.
2. **Le condizioni ambientali per il benessere** - I fattori ambientali e i fattori fisiologici che determinano le condizioni di benessere. La temperatura effettiva. I diagrammi di Fanger e della ASHRAE.
Le condizioni di progettazione.
3. **Il calcolo termico degli impianti di condizionamento** - Il calcolo termico estivo: radiazione solare, trasmissione attraverso tetti e muri, infiltrazioni, carichi termici interni; teoria dell'accu-

- mulo - Il calcolo termico invernale: disperdimenti, infiltrazioni, ponti termici, supplementi. Portata e temperatura dell'aria immessa in ambiente. La norma UNI 7357/74 per il calcolo del fabbisogno termico e i decreti di applicazione delle leggi 373/76 e 10/91 sul risparmio energetico
4. **Il ciclo frigorifero** - Concetti e leggi fondamentali. Il ciclo a compressione. Il ciclo ad assorbimento. La pompa di calore. I refrigeranti per i cicli a compressione e ad assorbimento.
 5. **La produzione dell'energia termica (caldo e freddo)** - Centrali termiche ad acqua calda, ad acqua surriscaldata, a vapore.
 6. **La distribuzione dell'energia termica (caldo e freddo)** - Schemi di impianto - Schemi di distribuzione
 7. **Gli impianti frigoriferi e loro principali componenti** - Compressori alternativi, condensatori, torri evaporative, evaporatori. Centrali frigorifere con compressori centrifughi e con macchine ad assorbimento. La scelta della centrale frigorifera negli impianti di condizionamento dell'aria.
 8. **La regolazione automatica degli impianti frigoriferi** - Tubi capillari, valvole termostatiche, valvole di regolazione del livello del liquido, valvole a solenoide e barostatiche, pressostati, termostati. Loro particolari costruttivi.
 9. **Le centrali di riscaldamento urbano** - Termodinamica dei sistemi a energia totale - Classificazione - Tipologia (caldaie, turbina a vapore, turbina a gas, motori a combustione interna) - Sistemi di accumulo termico - Tipologie e funzioni.
 10. **Reti cittadine di distribuzione del calore** - Schemi ad albero e ad anello - Regolazione della potenza trasmessa mediante variazione della portata e della temperatura del fluido in circolazione.
 11. **I circuiti idraulici** - Generalità. Dimensionamento delle tubazioni e delle pompe di circolazione. L'isolamento. Il trattamento dell'acqua.
 12. **Ventilatori. Canali dell'aria** - Il moto dell'aria nei condotti, ventilatori centrifughi, assiali, diametrali. Ventilatori in serie e in parallelo. La regolazione della portata. Il dimensionamento dei canali di distribuzione dell'aria negli impianti di condizionamento a bassa velocità e ad alta velocità. Metodo a riduzione di velocità, a perdite di carico costante, a recupero di pressione statica. Modalità di costruzione.
 13. **La filtrazione dell'aria.**
 14. **La distribuzione dell'aria.**
 15. **Il funzionamento a carico parziale degli impianti di condizionamento dell'aria** - Suddivisione in zone e tipo di impianto.
 16. **La regolazione automatica degli impianti di condizionamento dell'aria** - Diversi sistemi di regolazione. Modalità di intervento. Tipi di elementi sensibili. Tipi di trasduttori. Tipi di regolatori. Organi finali di regolazione. Regolazione della portata di vapore, di acqua, di aria.
 17. **Caratteristiche e dimensionamento di diversi tipi di impianti di condizionamento dell'aria** - Classificazione degli impianti di condizionamento dell'aria. Impianti a sola aria, ad aria/acqua, a sola acqua, a fluido refrigerante. Impianti multizona, a doppio canale, a induzione (a due, a tre, a quattro tubi), a ventilconvettori (con o senza aria primaria). Confronto tra i vari tipi di impianti di condizionamenti dell'aria e criteri di applicazione.
 18. **Le macchine per il condizionamento dell'aria** - Condizionatori di tipo centrale, ad ugelli, ad induzione. Ventilconvettori, condizionatori autonomi. Condizionatori da finestra. Pompe di calore locali. Cassette miscelatrici. Sistemi di costruzione in uso.
 19. **I recuperatori di calore dell'aria di espulsione.**
 20. **Impianti di condizionamento industriale** - Principi e tipologie.
 21. **Impianti di condizionamento specifici: per i veicoli, aerei, containers, ecc..**

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno principalmente in seminari integrativi al Corso in cui verranno illustrati argomenti complementari ed integrativi dell'insegnamento.

Essi verranno prevalentemente svolti da professionisti particolarmente esperti della materia che apporteranno insieme alle più recenti informazioni tecniche il contributo della loro esperienza.

Le esercitazioni potranno essere integrate da visite a impianti particolarmente significativi.

Libri consigliati

C. Pizzetti: Condizionamento dell'aria e refrigerazione, Masson Italia ed. Milano, 1980.

A. Briganti: Manuale della climatizzazione, ed. Tecniche Nuove, 1992.

Ashrae Guide & Data Book: Fundamentals and Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers. Atlanta (GA) USA, 1989.
 New York Carrier Air Conditioning Company, System Design Manual, McGraw-Hill, New York 1990 e successivi aggiornamenti.
 E. Pedrocchi, M. Silvestri: Introduzione alla termodinamica, CLUP, Milano 1986.

IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI

Prof. Alberto BIANCHI

AU0005

Programma d'esame

Impianti idroelettrici.

- il problema energetico
- il consumo di energia elettrica
- risorse idriche per la produzione di energia elettrica: indagini idrologiche, curve delle durate
- piano di utilizzazione di un bacino: curva idrodinamica, caratteristica idrologica di un'utilizzazione
- tipologia degli impianti idroelettrici
- parti costituenti gli impianti
- aspetti tecnologici particolari degli impianti idroelettrici: condotte forzate, centrali
- turbine: elementi costruttivi di una turbina, cenni di problemi di progettazione, triangolo delle velocità, rendimento, velocità specifica e numero di giri caratteristico, classificazione e tipi di turbine, scelta della turbina, regolazione delle turbine, velocità di fuga dei gruppi

Problemi di moto vario negli impianti idroelettrici.

- richiami di teoria del moto vario, sovrappressione massima, formula di Michaud
- moto vario nel sistema galleria-pozzo piezometrico
- manovre da considerare e risoluzione di alcuni casi particolari
- integrazione alle differenze finite
- tipi di pozzi piezometrici
- cenni al dimensionamento diretto dei pozzi piezometrici
- stabilità del sistema pozzi piezometrici - condotta forzata, formula di Thoma

Impianti di sollevamento.

- pompe centrifughe: grandezze fondamentali e relazioni tra prevalenza, numero di giri, potenza e portata, diagrammi caratteristici delle pompe centrifughe, leggi di affinità, numero di giri specifico, rendimenti e fattori che lo influenzano, NPSH.
- pompe a velocità variabile, pompe reversibili
- curva caratteristica dell'impianto e punto di funzionamento, pompe in serie, pompe in parallelo, stabilità e avviamento dell'impianto
- centrali di pompaggio
- parti costituenti un impianto (condotte, pezzi speciali, accessori), perdite continue e localizzate, tipi di impianti di sollevamento
- classificazione e altri tipi di pompe

Problemi di moto vario degli impianti di sollevamento.

- teoria del moto vario negli impianti di pompaggio: risoluzione col metodo delle linee caratteristiche
- dispositivi di protezione dal colpo di ariete (casce d'aria, volani, by-pass, valvole di sicurezza)
- riempimento di una condotta, degasificazione di una condotta

Impianti di bonifica e irrigazione.

- aspetti giuridico-amministrativi e di assetto territoriale connessi con l'utilizzazione delle acque, bonifica integrale (i nuovi compiti della bonifica e la programmazione territoriale)
- indagini pluviometriche, coefficiente idrometrico, calcolo idraulico delle reti di bonifica
- drenaggio del terreno
- bonifica idraulica per prosciugamento e per colmata, franco di bonifica, bonifiche idrauliche a scolo naturale perenne, a scolo meccanico, di tipo misto, problemi costruttivi e di esercizio delle reti, principali manufatti, impianti idrovori
- bilancio idrologico del terreno agrario, fabbisogni, dotazioni, volumi di adacquamento
- consegna a turno e a domanda, ottimizzazione delle reti irrigue di distribuzione
- irrigazione per espansione

- irrigazione a pioggia
- irrigazione a goccia

Idrometria, telemisure, telecontrollo, automazione.

- unità di misura del Sistema Internazionale
- idrometria: misure di livello, (idrometri, sonde), misure di pressione (manometri, celle di pressione), misure di velocità (mulinelli, Pitot, tachimetro a filo caldo), misure di portata di correnti in pressione (venturimetri, boccagli, diaframmi, misuratori magnetici, contatori), misure di portata di corrente a pelo libero (mulinelli, stramazzi, venturimetro a canale, metodo delle soluzioni saline)
- telemisura e telecontrollo nelle reti in pressione
- telemisura e telecontrollo nelle reti a pelo libero.

Esercitazioni

Gli studenti dovranno elaborare progetti di massima ed esercizi concatenati degli impianti trattati nel corso. Gli elaborati progettuali e le esercitazioni formano oggetto di esame.

Libri consigliati

- A. Bianchi, P. Ghilardi, S. Mambretti: Il moto vario elastico nelle condotte in pressione, CittàStudi, Milano, 1992.
 D. Citrini, G. Nosedà: Idraulica, CEA, Milano, 1975.
 G. Evangelisti: Impianti idroelettrici, Voll. I e II, Patron, Bologna, 1964.
 J. Doorenbos, W.O. Pruitt: Crop water requirements, FAO, Roma, 1977.
 G. Nosedà: Problemi di moto vario, Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Milano.

IMPIEGO INDUSTRIALE DELL'ENERGIA
Prof. Giovanni LOZZA

AK0034

Programma d'esame

1. **I consumi, le riserve e gli utilizzi dell'energia:** Consumi e riserve di energia primaria nel mondo - Utilizzi dell'energia in Italia: dati storici, il bilancio globale, la situazione elettrica, il gas naturale.
2. **I principi fondamentali nello studio delle macchine:** Richiami sul comportamento dei fluidi - La conservazione dell'energia nei sistemi aperti e il lavoro euleriano - Principi di funzionamento e trasformazioni termodinamiche - Caratteristiche progettuali influenti sulle prestazioni - La similitudine nelle turbomacchine.
3. **Analisi delle macchine motrici e operatrici:** Le turbine a fluido comprimibile (tipologie, limiti di velocità periferica, aspetti costruttivi e dimensionali) - I compressori (macchine assiali e centrifughe, curve caratteristiche, problemi di stallo, pompaggio, choking e di regolazione) - Macchine idrauliche.
4. **Studio dei processi mediante il II principio:** Concetti di irreversibilità e distruzione di exergia - Equivalenti meccanici del calore e dei combustibili - Bilanci di II principio e relativi rendimenti - L'analisi delle irreversibilità - Esempi di applicazione a processi reali.
5. **Produzione di energia elettrica (cicli termodinamici):** I cicli a vapore (aspetto termodinamico nelle varie classi di applicazione, limiti su massime pressioni e temperature, condensazione e smaltimento del calore, turbine a vapore) - I cicli a gas (ciclo semplice aperto: le macchine impiegate, i combustori, temperature massime raggiungibili e raffreddamento delle pale, le prestazioni; estensioni del ciclo semplice) - I cicli combinati gas/vapore (aspetto termodinamico, scelta della pressione di evaporizzazione, cicli multipressione, prestazioni; repowering; altri tipi di cicli misti) - Confronto tra le varie tecnologie.
6. **Produzione di energia termica:** Le caldaie a combustione e la tematica dei combustibili utilizzabili - Le pompe di calore - Le macchine frigorifere - Problemi di trasporto e di accumulo di calore.
7. **Produzione combinata di energia elettrica/termica (cogenerazione):** Fondamenti termodinamici - Gli impianti cogenerativi (con macchine a vapore, turbogas, cicli e motori alternativi) - Aspetti economici (le tariffe elettriche, i costi dei combustibili, l'analisi di redditività) e normativi.

8. **Il problema ambientale:** Le emissioni degli impianti industriali e i limiti vigenti - Metodi di riduzione delle emissioni per caldaie a combustione, turbogas e motori alternativi (in particolare denitrificazione e desolforazione).
9. **Tecnologie per il medio termine:** Risparmio energetico e aumento dei rendimenti di conversione - La gassificazione del carbone e degli oli pesanti - Le energie rinnovabili (solare, eolico, geotermico, biomasse).

Esercitazioni

Il corpo comprende alcune esercitazioni di carattere monografico, consistenti in applicazioni numeriche e progettini riguardanti i temi di maggior rilievo trattati nel programma.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale.

Libri consigliati

- E. Macchi: Termodinamica Applicata alle Macchine - CLUP
 - C. Casci: Compressori di gas - Masson
 - C. Casci: Motori a fluido bifase - Masson
 - F. Montevicchi: Turbine a gas - CLUP
 - E. Macchi, P.M. Pellò, E. Sacchi: Cogenerazione e teleriscaldamento - CLUP
- I suddetti testi verranno via via integrati con dispense fornite dal Docente.

INFORMATICA GRAFICA **Prof. Umberto CUGINI**

AG0217

Programma d'esame

- 1. Introduzione alla Computer Graphics.**
- 2. Descrizione funzionale delle periferiche grafiche.**
 - Sistemi di hard copy.
 - Displays grafici.
 - Sistemi di input ed interazione.
- 3. La gestione della rappresentazione grafica.**
 - Rassegna delle tecnologie usate nelle periferiche grafiche e linee evolutive.
 - Funzioni di un software grafico di base.
 - La standardizzazione delle funzionalità grafiche di base e delle modalità di interazione.
- 4. Grafica di base.**
 - Primitive di disegno.
 - Trasformazioni geometriche.
 - Sistemi di coordinate.
 - Windowing e clipping.
 - Viewport.
 - Struttura del display file.
- 5. Standard grafici.**
 - GKS.
 - PHIGS.
 - PEX.
 - X-WINDOWS.
- 6. Tecniche di rendering di modelli geometrici.**
 - Il problema della visualizzazione.
 - Algoritmi per la conversione da vettori a raster.
 - Algoritmi per eliminazione delle linee nascoste.
 - Algoritmi per eliminazione delle superfici nascoste.
 - Algoritmi di rendering realistico.
 - Sintesi di immagini realistiche.
 - Modelli di illuminazione.

- Texture mapping.

7. Storia della Computational Geometry con riferimento a problemi tipici di definizione di superfici e di modellazione geometrica.

8. Modellazione di solidi.

- Schemi di rappresentazione.

- Classificazione dei principali schemi di rappresentazione.

- Schema di rappresentazione CSG.

Schemi di rappresentazione di tipo boundary.

La regola di Eulero per la creazione, la modifica e la memorizzazione di rappresentazioni di tipo boundary.

Gli operatori di Eulero.

- Conversione tra schemi di rappresentazione, valutazione wire-frame, valutazione scan-line, valutazione ray-casting, valutazione B-rep.

- Esempio: un modellatore solido di tipo boundary.

- Esempio: un modellatore solido tipo CSG e visualizzazione realistica.

9. Modellazione di curve e superfici sculturate.

- Introduzione.

- Metodi interpolanti.

Curve spline.

Superfici di Ferguson Coons.

- Metodi approssimanti.

Curve e superfici di Bezier.

Curve e superfici B-spline.

- Intersezioni di superfici.

- Esempio: un modellatore di superfici sculturate ed intersezione di superfici.

10. La progettazione assistita da calcolatore.

- I sistemi CAD e la loro evoluzione.

- Tecnologie di I/O.

- Campi applicativi.

11. Architettura di sistemi CAD.

- Host con più stazioni di lavoro.

- Workstations collegate in rete.

- Personal computers.

12. Riconoscimento di oggetti tridimensionali.

Formulazione matematica del problema.

- Componenti del sistema di riconoscimento di form features.

- Algoritmi di ricostruzione dell'oggetto.

13. Interazione Utente/Sistema.

- Introduzione al problema.

- L'interazione grafica ed interfacce grafiche.

- Metodologie di approccio.

Sistemi di approccio.

- Sistemi di Windows management.

- Strumenti per la generazione e gestione di interfacce utenti.

Toolkits (OSF/Motif, Open Look, etc..).

User interface Management Systems (UIMS).

- Esempio: uno UIMS grafico ed interattivo.

- Esempio: un'applicazione nel settore CAD.

Modalità d'esame

L'esame per il corso di "Informatica Grafica" si compone di due parti:

1. Lavoro d'anno: esercitazione pratica riguardante uno degli argomenti presentati durante le lezioni

2. Discussione del lavoro d'anno ad esame orale

Bibliografia

J Foley, A. Van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes: Computer Graphics Principles and Practice, Second Edition, Addison Wesley, 1990.

- M.E. Mortenson: Modelli Geometrici, McGraw Hill, 1989 (Edizione in italiano).
 M.E. Mortenson: Geometric Modelling, McGraw Hill, 1985 (Edizione in inglese).
 W.M. Newmann, R.F. Sproull: Principi di Computer Graphics, McGraw-Hill, 1987 (Edizione in Italiano).
 W.M. Newmann, R.F. Sproull: Principles of Interactive Computer Graphics, McGraw-Hill, 1979 (Edizione in Inglese).
 M. Mantyla: Introduction to Solid Modeling, Computer Science Press, 1988.
 D.F. Rogers, J.A. Adams: Mathematical Elements for Computer Graphics, McGraw-Hill, 1990.
 G. Farin: Curves and surfaces for Computer Aided Geometric Design, 2nd. Edition, Academic Press, 1990.

INFORMATICA INDUSTRIALE**AG0205**

(per gli allievi di Ingegneria Gestionale e delle Telecomunicazioni)

Prof.ssa Giuseppina GINI*Programma d'esame*

Il Corso ha lo scopo di inquadrare le modalità di applicazione ed i principali mezzi disponibili per l'automazione dei processi industriali, con particolare riguardo ai processi discreti.

- 1) **Processi discreti semplici.** Concetti di input output digitali, reti combinatorie e sequenziali. Realizzazioni di reti logiche con semiconduttori; i controllori a logica programmabile (PLC). Introduzione ai calcolatori digitali; cenni sui sistemi operativi, programmazione per sistemi in tempo reale.
Macchine automatiche industriali a stati finiti, e con gradi di libertà continui. Cenni ai mezzi meccatronici per l'automazione: robot, macchine a CN, AGV.
- 2) **Il flusso di informazioni verso le macchine automatiche:** specifiche funzionali dei sistemi di distribuzione e raccolta delle informazioni.
Le reti di elaboratori: concetti generali, le reti locali.
- 3) **I controllori di area** per la gestione locale dei reparti. Impianti informatici per le linee automatiche di produzione; interfacce tra linee automatiche e il sistema informativo della produzione. Requisiti richiesti al sistema informatico della fabbrica. Flussi informativi, tecnici e gestionali, e flussi fisici nella fabbrica e strumenti per modellarli: IDEF, SADT CASE. Modello ISO della gestione della produzione.
- 4) **Sistemi assistiti dal calcolatore per l'automazione del ciclo produttivo.** I sistemi per la progettazione dei prodotti: sistemi per la descrizione geometrica degli oggetti a due o tre dimensioni e loro uso nei sistemi CAD; CAD specifici. Sistemi per la sintesi e analisi dei progetti meccanici (CAE) ed interfacce verso il CAD. Sistemi per la progettazione dei processi (CAPP) e sistemi per la programmazione automatica delle macchine operatrici (CAM).
- 5) **Integrazione delle attività di progettazione e controllo della produzione;** progettazione, preventivazione, acquisti, controllo produzione; definizione dei relativi data bases. Strutture accentrate e distribuite; uso di reti geografiche (posta elettronica, trasferimento di archivi, accesso remoto); esempi di reti esistenti.
- 6) **Strumenti informatici per la fabbrica basati su intelligenza artificiale.** Metodi di rappresentazione della conoscenza e metodi di problem-solving. I sistemi esperti, e le loro applicazioni nella automazione del ciclo produttivo (progettazione, pianificazione, diagnosi, gestione della produzione, distribuzione e assistenza). I sistemi esperti in tempo reale.
Sistemi per lo sviluppo di sistemi esperti.
- 7) **Introduzione alla robotica;** nozione di robot. Il ruolo dei sensori e degli attuatori nell'interazione artificiale. Criteri di classificazione dei robot: tipi di catene cinematiche, spazio di lavoro, carico utile, livello di ripetibilità. Applicazioni industriali dei robot di tipo manifatturiero e non. Cenni ai robot intelligenti.

Esercitazioni

Consisteranno nella stesura di rapporti relativi alle visite effettuate, e presentazione di casi concreti di applicazioni industriali.

Testi consigliati

Oltre agli appunti del Corso, si consigliano:

- S. Ceri: Architetture dei sistemi informatici, ed. CLUP, 1991.
 M. Groover, E. Zimmers: CAD/CAM - Computer Aided Design and Manufacturing, Prentice Hall, 1984.
 E. Rich: Intelligenza Artificiale, McGraw-Hill, 1991.
 M. Maiocchi: Teoria e applicazione delle macchine calcolatrici, CEA Milano
 W. Meyer: Expert System in factory management - knowledge-based CIM, Ellis Horwood, 1992.
 U. Rembold, R. Dillman: Control and Programming in advanced manufacturing, IFS Springer - Verlag, 1987.
 D. Rolston: Principles of Artificial intelligence and Expert Systems Development, McGraw-Hill Book Compan.
 A. Silberschantz, J. Peterson, P. Galvin: Operating System Concepts, Addison-Wesley
 P. Jackson: Sistemi Esperti, ed. Masson, 1990.

INFORMATICA INDUSTRIALE**AG0268**

(per gli allievi in Ingegneria Informatica)

Prof. Lorenzo MEZZALIRA*Programma d'esame*

- 1) **Aspetti introduttivi** - L'architettura del CIM: caratteristiche ed apparecchiature dei vari livelli gerarchici.
- 2) **Problematiche di base** - Specifiche, modelli e descrizioni: modelli e strumenti descrittivi del comportamento di un sistema e dei requisiti del sottosistema di automazione basato su calcolatori.
 - Problematiche di tempo reale: il tempo e i calcolatori digitali; definizione di tempo reale; descrizione dei requisiti del sistema e delle prestazioni offerte. Il parallelismo fisico e virtuale con tecniche guidate dall'esecuzione, dal tempo o dagli eventi. Problematiche di scheduling, inversione della priorità, sincronizzazione. Componenti temporali: latenze, ritardi, tempi di elaborazione netti e lordi.
 - Modelli implementativi di base: attribuzione di funzioni ad hardware e software, nuclei di sistemi operativi per il supporto di esecuzione, linguaggi di alto livello per la programmazione.
- 3) **Problematiche applicative** - Modelli applicativi a flusso di controllo e a flusso di dati.
 - Segnali e interfacciamento: informazioni di stato e di evento associate a segnali analogici e digitali, in banda base e modulati. Superamento delle disomogeneità fisiche, formali, temporali, attitudinali e spaziali tra calcolatori e "mondo esterno". Problematiche specifiche relative a tipici sensori ed attuatori: encoder, termocoppie, elementi riscaldanti, azionamenti, ecc.
 - Algoritmi di elaborazione: sintetica rassegna di algoritmi tipici delle applicazioni di misura, elaborazione dati, automazione e controllo. Rilievo, segnalazione e gestione di anomalie e allarmi. Tecniche hardware e software per la tolleranza ai guasti.
 - Interfaccia operatore: cenni alle problematiche di interfacciamento uomo-macchina con le diverse figure di progettista, programmatore, installatore, gestore, conduttore e manutentore di un'applicazione.
 - Sistemi esperti e tecniche Fuzzy: cenni alle tecniche di impiego di sistemi a regole precise e sfumate.
 - Sistemi distribuiti: richiami di architetture, collegamenti e protocolli nella prospettiva del tempo reale e delle applicazioni industriali. Bus di campo (fieldbus) e cenni a reti locali per i livelli di raccolta dati ed automazione.
 - Tecniche di debug: problemi e tecniche di verifica, correzione e messa a punto di programmi nei tipici ambienti dell'automazione con calcolatori.
- 4) **Tecnologie applicative** - Controllori Logici Programmabili (PLC): obiettivi, architettura, linguaggi di programmazione e modello di esecuzione. Tendenze evolutive.
 - Pacchetti SCADA: breve rassegna di tipi, caratteristiche e tecniche d'uso di pacchetti per acquisizione dati ed automazione con calcolatori. Esercitazioni

Modalità d'esame

Gli allievi sono invitati a presentare una relazione scritta di rassegna o di approfondimento su tematiche

del corso di loro scelta. L'esame orale consiste nella discussione del lavoro svolto e in domande volte ad accertare la preparazione generale sugli argomenti del corso. Informazioni dettagliate sono disponibili presso la Segreteria didattica del Dipartimento di Elettronica ed Informazione.

Libri consigliati

- Dispense delle lezioni e riferimenti bibliografici forniti durante il corso.
- Burns A., Wellings A. Real-time Systems and their programming Languages, Ed. Addison Wesley Pub. Co. 1989
- Gianguido Piani: Multiprogrammazione e Sistemi di controllo, Ed. Zanichelli, 1988
- H.W. Lawson: Parallel Processing in Industrial Real-time applications, Prentice Hall, 1992
- Roland L. Krutz: Interfacciamento nella progettazione di sistemi digitali, Ed. Jackson 1988

INFORMATICA MEDICA **Prof. Francesco PINCIROLI**

AA0020

Programma d'esame

1. **Informazioni Mediche, Cliniche e Sanitarie.** Vengono descritti i documenti di base solitamente impiegati nei vari ambienti. Vengono messe in luce le differenze e le similitudini sulla base sia delle loro diverse sorgenti sia dei molteplici scopi per i quali le informazioni sono usate. Dati, tracciati ed immagini sono illustrati come esempi paradigmatici di tipi diversi di informazione, che impegnano in modi molto vari i dispositivi di elaborazione dell'informazione e richiedono l'impiego di metodi e tecniche appropriate allo specifico caso. Il modo in cui i differenti tipi di informazione sono usati per prendere decisioni sia diagnostiche sia terapeutiche viene descritto ponendo l'accento su possibili metodi quantitativi.
2. **Basi di dati.** Vengono illustrate le fondamentali definizioni di dato, campo, record, file, base di dati, sistema per la gestione di basi di dati. I principali tipi di dati sono illustrati sull'esempio di un file di personale medico. I tipi di files illustrati sono quelli a pila, sequenziale e sottotipi da esso derivati, multianello, "hashed", gerarchico, ad albero bilanciato. I modelli per la gestione di basi di dati presentati sono il gerarchico, quello della rete, il relazionale e quello entità-relazione. Vengono infine illustrati casi pratici di DBMS, OODBMS ed alcuni casi di pacchetti DBMS preorientati alle applicazioni di Medicina. Particolare attenzione è posta alla gestione di cartelle cliniche orientate temporalmente ed alla formalizzazione di caratteristiche di granularità, oblio e mancanza di significatività di alcune informazioni.
3. **Archivi di Biosegnali.** La disponibilità di archivi di segnali ben costruiti è recentemente diventata molto necessaria per scopi impegnativi, come ad esempio la validazione di algoritmi di classificazione automatica delle aritmie presenti in elettrocardiogrammi di lunga durata. Le tecniche di misura necessaria per descrivere quantitativamente le prestazioni dei rivelatori, dei condizionatori e dei visualizzatori per segnali biomedici sono illustrate sia nel dominio analogico che in quello digitale. Vengono altresì illustrati casi pratici di archivi di segnali: il MIT/BIH e l'AHA Arrhythmia Databases e l'archivio di segnali POLI-Medlav che include segnali sia elettrocardiografici sia respiratori registrati contemporaneamente da soggetti adulti normali.
4. **Supporti alla decisione.** L'automazione del processo decisionale medico è stata una delle aree di applicazione dei calcolatori fin dal loro apparire. I sistemi esperti costituiscono una fase recente di evoluzione del settore e la loro struttura è illustrata con dettaglio. Fatti e regole, reti semantiche e "frames" sono illustrate come tecniche con le quali formalizzare la descrizione della conoscenza. Viene dedicata attenzione sia alla costruzione sia - ed in particolare - alla valutazione di sistemi esperti per la Medicina. Vengono infine illustrati esempi pratici sia di gusci per lo sviluppo di sistemi esperti sia di implementazioni avanzate.
5. **Supporti per l'Insegnamento.** Più che la sostituzione dell'insegnante, ciò che si persegue è la costruzione di nuovi mezzi che egli possa usare in aggiunta agli strumenti dei quali già dispone al fine di migliorare l'efficacia della propria attività. Tutoriali, esercitazioni e pratica, sistemi valutativi, sistemi dedicati alla simulazione sia di caratteristiche ambientali sia di casi clinici, sistemi basati sulla teoria dei giochi: queste sono le principali classi di supporti che vengono illustrate assieme ad alcuni esempi scelti. Il sistema DEKS-Tutor è descritto come studio di un caso. Esso è costituito da tre parti principali. Il DEKG-Trainer che fornisce una simulazione

ambientale. Il Clin-Arrh-Knowledge che è una base di dati relazionale che immagazzina razionalmente le conoscenze di aritmologia clinica orientate all'insegnamento. Il DEKG-Manager che è un prodotto di ingegneria del software che guida la navigazione dello studente quando egli commette errori di interpretazione. Vengono infine illustrati alcuni strumenti orientati all'insegnamento e basati su CD-ROM che sono apparsi di recente. Tra questi vi è l'Oxford Textbook on Medicine on "CD-ROM".

Numero totale di ore di lezione: 60.

Numero totale di sessioni di esercitazione: 20.

Numero totale di sessioni di laboratorio: 20

Modalità d'esame

Nel rispetto del calendario dell'anno scolastico accademico, l'esame - nella sola forma orale - è programmato dopo la fine del corso. Esso usualmente si estende anche alla conoscenza di un insieme di pacchetti e dimostrativi del tipo "free-software-exchange", che viene messo a disposizione degli studenti e aggiornato di anno in anno.

Esercitazioni

Durante l'anno si terranno seminari dedicati all'approfondimento ed all'ampliamento di argomenti pertinenti al corso e si effettueranno visite ad ospedali.

Libri consigliati

F. Pinciroli editor: Informatica di Base per la Medicina, Utet/Uses Publishers in Firenze (Italy), 1991.
M.C. Weinstein, H.V. Fineberg: L'analisi delle decisioni in medicina clinica, Franco Angeli editore, Milano, 1984.

W. Schneider, A.L. Sagvall Hein eds.: Computational Linguistic in Medicine, North Holland Publishing Company, Amsterdam 1977.

Richard F. Walters: Database Principles for Personal Computers, Prentice-Hall inc. - Englewood Cliffs, N.Y., 1987

F. Pinciroli, J. Anderson eds.: Changes in Health Care Instrumentation due to Microprocessor Technology, North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1981.

Harvard University - Massachusetts Institute of Technology, Division of Health Sciences and Technology: MIT-BIH Arrhythmia Database: Tape Directory and Format Specifications Report of the Biomedical Engineering Center for Clinical Instrumentation, MIT, Cambridge, BMEC-TR010, 1980

Geert T. Meester and F. Pinciroli eds.: DataBases for Cardiology Kluwer Academic Publications in Dordrecht (The Netherlands), 1991.

F. Pinciroli, V. Castelli and G. Mosca: Fondamenti sull'uso dell'elaboratore per l'insegnamento ed applicazioni alla medicina, Review paper in the Journal "Medicina e Informatica", vol. 5 n.3, 1988, pgg. 187-210.

J. Anderson, F. Gremy, J.C. Pages eds.: Education in Informatics of Health Personnel, North Holland/American Elsevier, Amsterdam, 1974.

J.C. Pages, A.H. Levy, F. Gremy, J. Anderson eds.: Meeting the Challenge: Informatics and Medical Education, North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1983.

INFORMATICA TEORICA (1/2 annualità, 1 e 2)

AG0227-238

Prof. Dino MANDRIOLI

Programma d'esame

Il corso affronta in maniera sistematica i problemi fondamentali dell'informatica mettendo in evidenza come un approccio rigoroso e basato sui fondamenti teorici della disciplina abbia grande rilevanza nelle applicazioni pratiche.

Il corso è articolato in due semiunità, la prima delle quali fruibile indipendentemente dalla seconda.

Prima semiunità

I modelli dell'informatica.

. Automi a stati finiti, automi a pila, Macchine di Turing

- . Grammatiche e linguaggi
- . Modelli non deterministici
- Teoria della computazione.**
- . Potenza dei modelli di calcolo
- . Tesi di Church
- . Problemi indecidibili

La complessità del calcolo.

- . Richiami di notazioni fondamentali per l'analisi di complessità (notazione asintotica "Big-Theta").
- . I modelli di calcolo e le relazioni tra le loro complessità computazionali (complessità delle Macchine di Turing, complessità delle Macchine a registri: relazioni polinomiali tra le funzioni di complessità).
- . Cenni alla complessità astratta. Gerarchie di complessità. Accelerazione lineare.
- . Problemi intrattabili ed NP-Completezza.

*Seconda semiunità***Richiami di logica matematica.**

- . Calcolo proposizionale
- . Calcolo dei predicati e teorie del prim'ordine
- . Assiomatizzazione dell'aritmetica e funzioni ricorsive
- . Cenni ai teoremi di incompletezza.

La semantica formale.

- . Motivazioni e tecniche di semantica formale
- . La semantica operativa
- . La semantica denotazionale
- . Applicazione della semantica formale a casi reali

Analisi formale di proprietà dei programmi.

- . La semantica assiomatica ed il suo uso per provare la correttezza di programmi
- . Esempi di analisi di correttezza. Valutazione dell'applicazione pratica delle tecniche formali di analisi
- . Cenni all'uso di tecniche di analisi di tipo induttivo (induzione computazionale).

Studio monografico di applicazione di tecniche formali ad un caso reale.

- Questa parte del corso può variare di volta in volta ed essere coordinata con diversi corsi a carattere progettuale. Esempi di argomenti trattabili sono:
- . L'uso di modelli non deterministici per la computazione concorrente ed in tempo reale.
 - . La formazione di metodi di progettazione del software e la progettazione di strumenti ad essi associati.
 - . La formalizzazione di modelli di analisi e progettazione di sistemi informativi.
 - . La teoria relazionale dei dati.
 - . Modelli di computazione ad elevato parallelismo.
 - . Modelli per la progettazione di compilatori.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri di testo

D. Mandrioli, C. Ghezzi: Theoretical Foundations of Computer Science, J. Wiley & Sons, 1987. Disponibile anche in traduzione italiana, editore CLUP, Milano.

Precedenze

La prima semiunità deve essere preceduta da Fondamenti di Informatica I. La seconda semiunità deve essere preceduta dalla prima. Si consiglia inoltre di farla precedere dalla prima semiunità del corso di Algebra.

Lo studente che seguisse entrambe le semiunità potrà scegliere se sostenere un esame per ognuna di esse o un esame unico per entrambe.

INFRASTRUTTURE IDRAULICHE
Prof. Renzo ROSSO**AU0009***Programma d'esame*

- A. Introduzione all'ingegneria delle risorse idriche.** 1) Risorse idriche: quantità e distribuzione delle acque; ciclo idrologico; infrastrutture ed opere di utilizzazione delle risorse idriche e di asservimento idraulico del territorio. 2) Ingegneria idraulica: generalità (scopi, tipologia dei sistemi idrici, requisiti progettuali e gestionali); costruzioni idrauliche (opere di ritenuta, di regimazione e di adduzione delle acque); infrastrutture idrauliche (sistemi di approvvigionamento idrico, sistemi di smaltimento delle acque urbane; sistemi di irrigazione e drenaggio; sistemi di produzione di energia idraulica; sistemi di protezione idraulica del territorio; sistemi di conservazione del suolo). 3) Criteri e metodi della progettazione idraulica; progetto di sistemi idrici; affidabilità e rischio di progetto; tecnica della progettazione idraulica.
- B. Analisi delle risorse idriche e valutazione del rischio idrologico.** 1) Il bacino idrografico: attributi fisici e loro rappresentazione parametrica; osservazioni, misure e dati idrologici; variabili e processi idrologici. 2) Richiami sui modelli probabilistici: modelli di tipo discreto e contatori casuali; modelli di tipo continuo; scale temporali e spaziali di applicazione dei modelli. 3) Il problema della previsione: disponibilità idriche globali e locali; distribuzione temporale della disponibilità; frequenza degli eventi estremi e rischio idrologico.
- C. Analisi economica dei progetti idraulici.** 1) Fattibilità di un progetto: fattibilità economica e finanziaria; obiettivi delle decisioni; criteri di valutazione degli investimenti. 2) Flussi di costi e benefici: tipologie e voci di costo e beneficio nel progetto di infrastrutture idrauliche; valori monetari e non-monetari; flussi temporali e metodi di attualizzazione. 3) Valutazione economica di un progetto: indici economici di valutazione (valore attuale netto, periodo di pareggio attualizzato, tasso interno di rendimento, rapporto costo-beneficio); criteri di valutazione (screening per economicità assoluta, ranking per rendimento finanziario); procedure di valutazione (valutazione di progetto, valutazione di gestione).
- D. Produzione di energia idraulica.** 1) Utilizzazione delle acque a scopo energetico: utilizzazioni di versante; utilizzazioni d'asta torrentizia e fluviale; impianti con regolazione dei deflussi e ad acqua fluente. 2) Pianificazione a scala regionale e di bacino: valutazione delle risorse potenziali; quota tecnicamente utilizzabile; requisiti dei siti di sviluppo. 3) Impianti idroelettrici: tipologie d'impianto (alta, media e bassa caduta); progetto d'impianto (opere civili, macchinario idraulico, impatto ambientale); gestione d'impianto (regole operative, impianti connessi in rete, autoproduzione).
- E. Sistemazione dei bacini idrografici.** 1) Morfologia dei bacini idrografici: i versanti (topografia, litologia, pedologia ed uso del suolo); la rete idrografica (planimetria del reticolo, profilo del corso d'acqua); caratteristiche dinamiche dell'idrografia. 2) Processi erosivi e di trasporto solido: erosione dei versanti; trasporto solido (regime torrentizio, regime fluviale); fenomeni localizzati. 3) Sistemazioni montane: sistemazioni di versante; sistemazioni dei torrenti (protezione longitudinale delle sponde, regolazione dei profili con opere trasversali); effetti sul regime idrografico di valle. 4) Sistemazioni fluviali: difese spondali e arginature; modificazioni del profilo longitudinale a mezzo di opere trasversali; effetti a scala di bacino e sui corpi idrici recipienti. 5) Sistemazioni speciali: controllo dei fenomeni localizzati; difesa delle opere di asservimento; protezione delle opere di utilizzazioni.
- F. Sistemi di drenaggio urbano.** 1) Reti di smaltimento delle acque urbane: scopi, tipologia e struttura topologica; requisiti progettuali e gestionali. 2) Analisi e previsione delle sollecitazioni meteoriche: registrazioni pluviografiche, linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, distribuzione temporale e spaziale della pioggia di progetto. 3) Valutazione dell'assorbimento e dell'afflusso in rete: intercettazione della coltre vegetale, infiltrazione nel terreno (modello analitico, modello hortoniano, computi globali), metodi pratici di calcolo delle portate pluviali. 4) Valutazione del deflusso in rete: descrizione interna dello scorrimento sulle falde versanti (metodo cinematico); descrizione esterna dello scorrimento in rete (teoria lineare e quasi-lineare); modelli globali per il calcolo pratico (formula razionale, metodo della corrivazione, metodo dell'invaso); eventi critici in rete. 5) Problemi di verifica e di progetto delle reti pluviali. 6) Aspetti tecnologici, nella realizzazione e nella gestione dei sistemi di drenaggio urbano.
- G. Sistemi di approvvigionamento idrico.** 1) Valutazione della capacità del sistema: analisi e proiezione della domanda; caratteristiche tipologiche dei consumi; stime analitiche e sintetiche

dei fabbisogni. 2) Fonti di approvvigionamento: a) acque superficiali (quantità e distribuzione temporale della disponibilità, derivazione senza regolazione dei deflussi, derivazione da invasi di regolazione); b) acque sotterranee (richiami di idrogeologia, captazione da sorgenti, da pozzi in falde in pressione o a pelo libero). 3) Opere di adduzione: tipologie (per sollevamento o a gravità, in pressione o a pelo libero); verifica e progetto delle condotte adduttrici (calcolo in moto permanente, effetti delle manovre, tubazioni e pezzi speciali); impianti di sollevamento (pompe e curve caratteristiche, schemi in serie e parallelo, allocazione delle stazioni di pompaggio); piezometriche d'esercizio (statica, a tubi nuovi, a tubi usati, di manovra). 4) Reti d'acquedotto: schemi di distribuzione, criteri di tracciamento e posa delle tubazioni; calcolo idraulico delle reti in pressione (metodo Hardy-Cross); tubazioni per acquedotti (materiali, pressioni di esercizio, dimensioni normali, giunti e pezzi speciali); serbatoi di testata e di estremità (capacità, tipologia, camera di manovra). 5) Impianti privati.

Esercitazioni

Sono stati svolti studi di fattibilità su alcuni dei sistemi trattati nei capitoli del programma.

Modalità d'esame

All'esame sono ammessi tutti gli iscritti che abbiano già superato l'esame di Idraulica. L'esame consiste in una prova orale sulla materia svolta nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.

Libri consigliati

AA. VV.: Sistemi di drenaggio urbano - Ist. di Idraulica del Politecnico di Milano, Milano, 1987
 G. Benini: Sistemazioni Idraulico - Forestali - CLEUP, Padova, 1985.
 G. Evangelisti: Impianti idroelettrici - Voll. I e II - Patron, Bologna, 1964.
 G. M. Fair, J. C. Geyer, D. A. Okun: Water and Wasterwater Engineering - J. Wiley & Sons, New York, 1968.
 M.M. Grishin (ed.): Hydraulic Structures - Voll. I e II. Mir Publishers, Mosca, 1982.
 L.B. Leopold: L'acqua - Zanichelli, Bologna, 1978.
 E. Marchi, A. Rubatta: Meccanica dei fluidi: principi ed applicazioni di idraulica - UTET, Torino, 1981.
 U. Moisello, U. Maione: Appunti di idrologia - Voll. I e III - La Goliardica Pavese, Pavia, 1974.
 G. Supino: Le reti idrauliche - Patron, Bologna, 1965.
 R.K. Linsley, J.B. Franzini, D.L. Feryberg, G. Tchobanoglous: Water resources engineering, 4.th edition, McGraw-Hill, New York, 1992.

INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE **Prof. Paolo CENTOLA**

AF0101

Programma d'esame

Sorgenti di inquinamento nell'industria chimica.

Parametri dell'inquinamento delle acque. COD (chemical oxygen demand), BOD (biological oxygen demand), TOC (total organic carbon), SS (suspended solids), VSS (volatile suspended solids).

Parametri dell'inquinamento dell'aria. SO₂, NO_x, HC (hydrocarbons), CO, polveri.

Parametri dell'inquinamento dei rifiuti solidi. Metalli pesanti, organici clorurati.

Operazioni unitarie nei processi di trattamento delle acque. Equalizzazione dei flussi, grigliatura, sedimentazione, flocculazione, precipitazione chimica, trattamenti biologici (aerobici ed anaerobici), trattamento fanghi.

Operazioni unitarie nei processi di trattamento dell'aria. Lavaggio, precipitatori elettrostatici, cicloni, trattamenti chimici.

Operazioni unitarie nei processi di trattamento dei rifiuti solidi. Condizionamento, stabilizzazione, discarica, termodistruzione, pirolisi.

Problematiche ambientali nell'industria chimica. Strategie per la modifica di processo e per la scelta delle operazioni unitarie in situazioni particolari e significative. Produzioni dell'industria inorganica: cloro-soda, urea. Produzioni dell'industria organica: metanolo, formaldeide, acetaldeide, acrilonitrile, etilbenzene, stirene, anidride ftalica, anidride maleica, fenolo. Le sorgenti di inquinamento e le

strategie di modifica saranno individuate e proposte per ogni processo.
Cenni ai disciplinari legislativi statali e regionali in merito alla tutela dell'acqua, dell'aria e del suolo.
Valutazioni economiche sulle problematiche ambientali.

Esercitazioni

Sono previste durante il corso alcune visite guidate presso impianti che realizzano i processi descritti nel programma.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sulla materia del corso.

Libri consigliati

H.R. Jones: Environmental control in organics and petrolchemical industries, ed. Noyes Data co..
M. Sitting: Air pollution control, ed. Noyes Data co..
Metcaf and Eddy Inc.: Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse, ed. McGraw-Hill book co..
Degremont (Soc. Gen. d'Ep. et d' Ass.): Water treatment handbook, ed. Stephen Austin and Sons Ltd..
M.L. Davis, D.A. Cornwell: Introduction to environmental engineering, ed. McGraw-Hill Int..

INGEGNERIA DEI MATERIALI MACROMOLECOLARI

AF0020

Prof. Andrea PAVAN

Programma d'esame

- 1. Generalità.** Descrizione del ciclo tecnologico di un materiale. Analisi del sistema produzione-trasformazione-utilizzazione-recupero di un materiale; variabili di processo e variabili di prodotto. Finalizzazione del materiale.
- 2. Fondamenti di scienza dei materiali macromolecolari.** Principi metodologici nello studio del comportamento dei materiali. Classificazione dei materiali in base alla struttura ed in base alle proprietà. Concetto integrale di proprietà ed equazioni costitutive. Modelli empirici, strutturali e analogici. Teoria dell'elasticità entropica dei polimeri. Reologia e viscoelasticità. Teoria della viscoelasticità lineare. Equazioni costitutive di tipo differenziale e di tipo integrale; funzioni di memoria; numero di Deborah. Termoviscoelasticità: teoria di equivalenza tempo-temperatura. Teoria del volume libero e viscoelasticità di volume. Proprietà meccaniche limiti dei materiali macromolecolari solidi: meccanismi e criteri di snervamento, meccanica della frattura viscoelastica lineare. Reologia e proprietà meccaniche limiti dei materiali macromolecolari fluidi. Diffusione. Fenomeni superficiali e adesione.
- 3. Principi di ingegneria della trasformazione dei materiali macromolecolari.** Analisi termoreologica dei processi di flusso in stato stazionario ed in caso non-stazionario. Flussi isotermi e non-isotermi. Analisi termocinetica delle trasformazioni volumetriche dei materiali macromolecolari solidi e fluidi: equazioni di stato e fenomeni di invecchiamento fisico. Stabilità dimensionale micro e macroscopia (ritiro). Tensionamenti termici. Mescolazione e dispersione. Attivazione delle superfici. Accoppiamento dei materiali. Materiali compositi.
- 4. Principi di ingegneria delle applicazioni dei materiali macromolecolari.** Analisi della missione di un manufatto. Criteri di selezione del materiale. Definizione di resistenza di un materiale alle sollecitazioni meccaniche, termiche, chimiche ed ambientali. Caratterizzazione del materiale e metodi di misura delle proprietà. Criteri di progettazione, definizione di vita utile, e dimensionamento del manufatto. Prototipizzazione e collaudo del manufatto. Valutazione delle prestazioni e affidabilità.
- 5. Principi di ingegneria dei materiali macromolecolari refusi.** Posizione del problema dei residui industriali e dei rifiuti solidi macromolecolari. Metodi di recupero di materiale (riciclaggio primario e secondario) e di recupero di energia.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono intese ad approfondire alcuni argomenti, attraverso l'applicazione esemplificativa dei principi esposti a lezione, ad alcuni problemi tipici (progettazione di un manufatto in materiale

polimerico termoplastico, analisi dello sviluppo di calore in un elemento in gomma, programmazione del trattamento termico ottimale ai fini della stabilità dimensionale). Le esercitazioni sono integrate da dimostrazioni pratiche di tecniche sperimentali per lo studio di proprietà dei materiali macromolecolari.

Libri consigliati

Conviene seguire gli appunti presi durante le lezioni. Per un eventuale approfondimento si consigliano i seguenti testi:

- P.C. Powell, *Engineering with Polymers*, Chapman and Hall, London, 1983 (cap. 5, 6, 8, 9)
 N.G. McCrum, C.P. Buckley, C.B. Bucknall, *Principles of Polymer Engineering*, Oxford University Press, New York, 1988.
 S. Middleman, *Fundamentals of Polymer Processing*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1977
 F.J. Lockett, *Engineering Design Basis for Plastics Products*, HMSO, 1981
 J. Leidner, *Plastic Waste: Recovery of Economic Value*, M. Dekker AG, Basel, 1981.

INGEGNERIA DEL SOFTWARE

AG0089

Prof. Carlo GHEZZI

Programma d'esame

- 1. Il ciclo di vita del software: aspetti economici, organizzativi e metodologici.**
 - 1.1. Ciclo di vita tradizionale - fasi e attività: analisi dei requisiti; progettazione; realizzazione; collaudo; manutenzione.
 - 1.2. Ripartizione dei costi di sviluppo del software.
 - 1.3. Previsione dei costi di un progetto: fattori di costo; modelli analitici.
 - 1.4. La manutenzione: tipologie e costi; modelli di stima dei costi.
 - 1.5. Pianificazione e gestione del progetto: tecniche di schedulazione dei lavori; tecniche di pianificazione e controllo.
 - 1.6. Modelli flessibili ed evolutivi di ciclo di vita: il modello a spirale; la prototipazione e il coinvolgimento dell'utente; tendenze moderne.
- 2. Specifica dei requisiti.**
 - 2.1. Che cos'è la specifica dei requisiti
 - 2.2. Struttura tipica di un documento per la specifica dei requisiti
 - 2.3. Tipi di applicazioni (sequenziali, concorrenti, real-time) e relative problematiche.
 - 2.4. Tipi di metodi di specifica
 - 2.5. Il modello entità-relazioni (ER) per la specifica dei requisiti.
 - 2.6. I diagrammi di flusso dei dati (DFD).
 - 2.7. Problemi di integrazione dei modelli ER e DFD.
 - 2.8. Le reti di Petri e loro estensioni per la specifica di sistemi concorrenti e real-time
 - 2.9. La logica temporale per la specifica di sistemi concorrenti e real-time.
 - 2.10. Cenni a Z e LOTOS.
- 3. Progettazione.**
 - 3.1. Criteri generali metodologici e metriche per la struttura del software.
 - 3.2. Il principio di "information hiding": interfacce dei moduli e corpi dei moduli; criteri di "information hiding".
 - 3.3. Pseudolinguaggio per la modularizzazione.
 - 3.4. La progettazione "object-oriented".
 - 3.5. Specifiche algebriche.
- 4. Realizzazione: i linguaggi di programmazione.**
 - 4.1. Ruolo dei linguaggi di programmazione nello sviluppo del software.
 - 4.2. Relazioni tra i linguaggi e l'architettura: linguaggi tradizionali e linguaggi "non VonNeumann".
 - 4.3. Semantica operativa dei linguaggi (il modello run-time): il concetto di legame; la gestione della memoria; il passaggio dei parametri.
 - 4.4. I tipi di dati: tipizzazione forte dei linguaggi; tipi di dati astratti; linguaggi "object-oriented"
 - 4.5. Le strutture di controllo: strutture di controllo "in piccolo"; strutture di controllo "in grande"; sottoprogrammi; gestori di eccezioni; coroutines; unità concorrenti e cooperanti.

- 4.6. La programmazione "in grande".
- 4.7. Caratteristiche fondamentali della programmazione funzionale: il linguaggio SML.
- 4.8. Caratteristiche fondamentali della programmazione logica: il linguaggio Prolog.
- 4.9. La programmazione "Object-oriented": i linguaggi C++ e Eiffel
- 5. **Il controllo della qualità.**
 - 5.1. Aspetti generali
 - 5.2. Tecniche sociali di controllo della qualità: "walkthroughs" e ispezioni.
 - 5.3. Analisi statica dei programmi.
 - 5.4. Testing: limiti; criteri; metodi.
 - 5.5. Esecuzione simbolica
 - 5.6. Verifica formale della correttezza: cenni.
 - 5.7. Metriche.
 - 5.8. Standard di qualità.
 - 5.9. Metodologie di miglioramento del processo.
- 6. **Strumenti e ambienti per lo sviluppo del software.**
 - 6.1. I principali strumenti di supporto alle singole fasi dello sviluppo.
 - 6.2. Il sistema UNIX come ambiente di sviluppo e suoi derivati.
 - 6.3. Gli ambienti process-centered.

Modalità d'esame

L'esame è composto da due parti: una discussione del materiale illustrato a lezione e una presentazione di un progetto. La prima parte può essere svolta mediante una prova scritta; la seconda è sempre orale. Il progetto deve essere concordato con il docente e deve essere sviluppato a gruppi; il suo obiettivo è quello di riprodurre il modo industriale di sviluppo di un'applicazione e di fornire un'occasione per mettere in pratica i principi illustrati nelle lezioni. In sede d'esame, lo studente deve anche presentare due semplici esercizi che certifichino l'avvenuta sperimentazione con almeno due tra i linguaggi e gli strumenti di sviluppo del software che vengono illustrati nel corso.

Libri consigliati

Per la parte sui linguaggi di programmazione

C.Ghezzi, M.Jazayeri: Programming Language Concepts, J.Wiley & Sons, New York, NY, II Edizione, 1987 (traduzione italiana pubblicata da F.Angeli editore).

Per la progettazione e programmazione object-oriented e per un'introduzione ad Eiffel:

B.Meyer: Object-Oriented Software Construction, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1989.

Per la parte sull'ingegneria del software:

C.Ghezzi, A.Fuggetta, A.Morzenti, S.Morasca, M.Pezzè: Ingegneria del Software, Mondadori Informatica, Milano, 1991.

oppure

C.Ghezzi, M.Jazayeri, D.Mandrioli: Fundamentals of Software Engineering, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1991.

INGEGNERIA DEL TERRITORIO **Prof. Secondo Francesco LUCCHINI**

AJ0006

Programma d'esame

- 1 - **Il fenomeno urbanistico.** Contenuti culturali, aspetti perativi e compiti dell'Ingegneria del territorio. Il processo urbanistico storico e l'evoluzione degli insediamenti umani. Il sistema territoriale cologico, insediativo e socio economico.
- 2 - **La struttura Territoriale.** Il clima e l'ambiente naturale: acqua, aria, suolo, patrimonio naturale e paesistico. La popolazione e l'ambiente antropico: insediamenti umani, patrimonio architettonico e culturale. Il territorio e le strutture produttive agricole, industriali, terziarie e dei servizi. Le infrastrutture territoriali, gli impianti urbanistici ed i servizi dell'ambiente.
- 3 - **L'approccio ambientale.** L'analisi territoriale e gli indicatori ecologici. L'indice di qualità ambientale. La valutazione delle potenzialità, degli impatti e dei rischi territoriali. Il sistema ambientale, del verde naturale ed attrezzato.

- 4 - Gli Strumenti Operativi.** La ricerca urbanistica: sistemi e modelli. Gli indicatori fisici, demografici, sociali, economici e le zone territoriali. Le carte delle potenzialità finalizzate e la mappatura dei rischi. La normativa urbanistica e il territorio: piani e livelli di intervento.

Esercitazioni

Le esercitazioni, come parte integrante del corso, saranno svolte in forma interdisciplinare con lo scopo di approfondire la conoscenza della realtà urbanistica territoriale attraverso l'applicazione delle indicazioni metodologiche fornite durante il corso.

Modalità d'esame

Per l'ammissione all'esame occorre la presentazione dell'elaborato svolto durante l'anno accademico almeno otto giorni prima dell'appello. L'esame comprende un colloquio sul programma svolto e la discussione dell'elaborato.

Libri consigliati

In considerazione della natura dei problemi dell'ingegneria del territorio, durante lo svolgimento del corso verranno indicati, per ciascun argomento del programma, i libri e le riviste di più facile consultazione. Per gli aspetti di carattere generale, si consiglia la consultazione delle seguenti opere:

G. Chiodi - La città moderna, Giuffrè, Milano. 1945
 AA. VV. - Manuale dell'Architetto, CNR, Roma. 1962
 L. Dodi - Città e territorio, Masson, Milano. 1978
 V. Columbo - La ricerca urbanistica, Giuffrè, Milano. 1979
 E. Mandolesi, A. Cau - Edilizia per l'agricoltura, UTET, 1979
 AA. VV. - Manuale delle opere di urbanizzazione, F. Angeli, Milano. 1983
 G. Colombo, F. Pagano, M. Rossetti - Manuale di urbanistica, Pirola, Milano. 1984
 A. Mercandino, G. Alliori, V. Fuggini - La formazione dei piani territoriali, Marsilio. 1984
 C. Beguinot - La città cablata: un'enciclopedia, Giannini Napoli 1989.
 S.F. Lucchini - Argomenti di urbanistica: Tecniche di ricerca, CUSL, Milano, 3^a ed. 1990
 S. Gervasoni - Discariche controllate, Hoepli, 1991.
 A. Poletti - Elementi di valutazione di impatti ambientali, Collegio Ingegneri, Como, 1991.
 S.F. Lucchini - Argomenti di ingegneria del territorio: Ambiente e pianificazione urbanistica, CUSL, Milano, 2^a ed. 1991.
 S.F. Lucchini - Territorio e normativa urbanistica, CUSL, Milano, 1992
 Zepetella, Brezzo, Gamba - Valutazione ambientale e processi di decisione, La Nuova Italia, Roma 1992.
 S.F. Lucchini - Argomenti di Ingegneria del territorio: territorio, risorse idriche, rifiuti solidi, CUSL, Milano 1993.

INGEGNERIA DELLA CONOSCENZA E SISTEMI ESPERTI **Prof. Marco COLOMBETTI**

AG0254

Programma d'esame

1. Elaborazione simbolica.

- 1.1** Concetto di espressione simbolica. Struttura ricorsiva delle espressioni simboliche. Struttura astratta, rappresentazione esterna e rappresentazione interna. Simboli, atomi e liste. Algoritmi funzionali su liste.
- 1.2** Il linguaggio LISP. Programmazione simbolica in LISP. Ricorsione e iterazione. Pattern matching e unificazione.
- 1.3** I sistemi di produzioni. Architettura e strategie di controllo. Tecniche di programmazione mediante produzioni. Elaborazione opportunistica e guidata da obiettivi.
- 2. Rappresentazione della conoscenza e sistemi esperti.**
- 2.1** Conoscenze e rappresentazione delle conoscenze. Principali metodi rappresentativi: regole attributo/valore, reti semantiche, frame. Gerarchie ed eredità.
- 2.2** I sistemi esperti. Architetture, metodologie di progetto, acquisizione delle conoscenze, ambienti di sviluppo.

3. **Apprendimento automatico.**
Metodi simbolici e non simbolici per l'apprendimento automatico. Reti neurali. Classificatori e algoritmi genetici.
4. **Ingegneria del comportamento.**
Lo sviluppo di agenti autonomi. Architettura e sistemi di controllo. Ruolo dell'apprendimento automatico. Tecniche di addestramento. Misura della performance. Tecniche sperimentali in mondi simulati e nel mondo fisico.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono volte all'approfondimento e all'ampliamento degli argomenti svolti a lezione.

Modalità d'esame

L'allievo potrà scegliere fra due modalità di esame. La prima modalità prevede una prova scritta della durata dei due ore e la sua discussione. La seconda prevede l'esecuzione di un progetto assegnato dal docente, della durata orientativa di due-tre mesi, e un colloquio integrativo sul programma del corso.

Testi consigliati

- A. Bonarini. Rappresentazione della conoscenza. Clup fotocopie.
 M. Colombetti. Elaborazione simbolica. Esculapio, Bologna, 1995.
 M. Colombetti. Ingegneria del comportamento. Clup fotocopie.
 V. Maniezzo. Algoritmi di apprendimento automatico. Esculapio, Bologna, 1993.
 P. Winston, B. Horn. Lisp, 3rd edition, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.

INGEGNERIA SANITARIA-AMBIENTALE (A)**AW0100****Prof. Eugenio DE FRAJA FRANGIPANE***Programma d'esame*

1. **GENERALITA'**. L'igiene e la tecnica - L'ingegneria ambientale: l'aria, l'acqua, il suolo.
2. **LE ACQUE DI APPROVVIGIONAMENTO**. Il ciclo dell'acqua. Acque meteoriche. Acque superficiali. Acque di falda e profonde - Caratteristiche delle acque naturali. Acque aggressive. Acque incrostanti. Acque torbide. Requisiti delle acque di approvvigionamento. Acque per uso potabile. Acque per usi industriali. Acque per usi agricoli.
3. **LE ACQUE DI RIFIUTO**. Caratteristiche delle acque di rifiuto. Acque di rifiuto di origine domestica. Acque di rifiuto di origine industriale. Acque di rifiuto di origine agricola - Fenomeni di inquinamento dei recipienti idrici. Caratteristiche dei vari recipienti idrici nei riguardi dei fenomeni di inquinamento: corsi d'acqua superficiali; bacini a debole ricambio; acque di falda; mare. Inquinamento da sostanze organiche. Il ciclo della sostanza organica. La richiesta biochimica di ossigeno. Il bilancio dell'ossigeno. Autodepurazione. Inquinamento da sostanze organiche. Fenomeni di tossicità. Fenomeni di accumulo. Inquinamento batterico. Inquinamento termico - Limiti di ammissibilità - Legislazione per la protezione delle acque contro l'inquinamento - Analisi delle acque di rifiuto.
4. **INQUINAMENTO ATMOSFERICO - TRATTAMENTI E SMALTIMENTO DEGLI SCARICHI GASSOSI. Definizione del problema - Cause ed effetti** - Fonti di inquinamento: riscaldamento domestico - Fonti di inquinamento: traffico motorizzato - Fonti di inquinamento: industrie - Effetti sull'uomo - Effetti sulla vegetazione - Effetti sui materiali - **Strumentazione e campionamento** - Campionamento e metodi di analisi di composti gassosi - Campionamento e metodi di analisi di composti particolari - Automazione e telecontrollo dei rilevamenti - Campionamento di fumi e gas - **Aspetti meteorologici** - Lineamenti di meteorologia e climatologia - Dispersione nell'atmosfera - Correlazione tra condizioni meteorologiche ed inquinamento atmosferico - Chimica dell'atmosfera - Reazioni fotochimiche - Reazioni primarie e secondarie nell'atmosfera - **Mezzi tecnologici di intervento** - Interventi nel settore del riscaldamento domestico - Interventi nel settore del traffico motorizzato - Interventi nel settore industriale. Depurazione dei gas. Depurazione di materiali particolari. Depurazione degli odori. Dispersione attraverso camini - Legislazione attuale.

- 5. TRATTAMENTI E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI. Impostazione del problema - Conferimento - Raccolta - Allontanamento - Sistemi di conferimento; Caratteristiche - Evoluzione delle quantità - Evoluzione delle caratteristiche qualitative - Smaltimento - La discarica controllata. Criteri di scelta e di progetto. Tecniche di impianto. Modalità di conduzione. Problemi di gestione e di manutenzione - Incenerimento. Depurazione dei gas e fumi di scarico. Modalità di collaudo. Costi di costruzione e di esercizio. Capitolati di appalto - Trattamenti con recupero. Configurazione degli impianti a recupero. Impianti misti. Recupero di materiali riutilizzabili. Trasformazione in compost. Utilizzazione agricola del compost. Costi di costruzione e di gestione - Problemi speciali - Contenitori a perdere - Rifiuti solidi industriali - Fanghi degli impianti di depurazione delle acque di rifiuto - Legislazione attuale.**

Esercitazioni

Il Corso prevede una serie di esercitazioni, visite tecniche, conferenze, seminari, sugli argomenti del programma di insegnamento.

Libri consigliati

Dispense; per gli argomenti per i quali le dispense non saranno disponibili, e per l'approfondimento di argomenti particolari, sarà fornita una lista di segnalazioni bibliografiche.

INGEGNERIA SANITARIA-AMBIENTALE (B)

AI0002

Prof. Alberto ROZZI

Programma d'esame

1. Generalità.

Introduzione ai fenomeni di inquinamento ambientale ed alle relative cause.

2. Caratterizzazione dell'ambiente e dell'inquinamento.

L'idrosfera. Il ciclo dell'acqua. Il ciclo del carbonio. I cicli dell'azoto, del fosforo e dello zolfo. Fenomeni di inquinamento delle acque superficiali (fiumi e laghi), delle acque marine e di quelle sotterranee. L'atmosfera. Il ciclo dell'anidride carbonica. Fenomeni di inquinamento atmosferico dovuti ai processi di combustione. Effetto Serra. Caratterizzazione degli inquinanti gassosi e quantificazione delle emissioni. Microinquinanti atmosferici e relativi effetti sulla salute. La risorsa suolo. Fenomeni di degradazione del suolo. Caratterizzazione dei rifiuti solidi urbani ed industriali e relativi effetti inquinanti. Cenni sui processi di smaltimento con e senza recupero di sottoprodotti. Inquinamento da rumore. Richiami di acustica. Cenni sugli effetti dell'inquinamento a rumore.

3. Elementi di chimica applicata all'Ingegneria Sanitaria-Ambientale.

Richiami di chimica generale e di chimica fisica applicate all'ingegneria sanitaria-ambientale equilibri dei sistemi liquido/gas e liquido/solido; equilibri nelle soluzioni; reazioni di ossidoriduzione; elettrochimica. Elementi di chimica organica: composti alifatici, aromatici, eterociclici; sostanze alimentari (carboidrati, protidi e lipidi); detersivi, pesticidi e materie plastiche.

4. Reattori chimici e biologici.

Modelli cinetici per sistemi chimici e biologici. Reattori ideali a miscelazione completa e con flusso a pistone. Reattori reali. Determinazione delle caratteristiche idrodinamiche con traccianti. Esempi di applicazioni di reattori all'ingegneria sanitaria-ambientale.

5. Fenomeni di trasporto applicati all'Ingegneria Sanitaria-Ambientale.

Richiami sul trasferimento di energia e di massa. Fenomeni di trasporto applicati all'ingegneria sanitaria-ambientale (trasporto e diffusione di inquinanti atmosferici, sedimentazione, ossigenazione di soluzioni).

6. Rilevazione dei dati ambientali.

Metodi analitici manuali e strumentali per le acque inquinate; metodi analitici per i gas e per l'aria; analisi dei rifiuti solidi.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni verranno sviluppati complementi alle lezioni ed esercizi. Sono previste visite tecniche presso impianti di depurazione.

Libri consigliati

Dispense e materiale bibliografico distribuito durante il corso.

C.L. Sawyer e P.L. McCarty: Chemistry for environmental Engineering, McGraw-Hill, New York.

INGEGNERIA SANITARIA-AMBIENTALE II**AI0009****Prof. Paolo BERBENNI***Programma d'esame*

1. **Caratteristiche dei rifiuti solidi** - Classificazione dei rifiuti solidi: urbani, assimilabili, speciali, tossici e nocivi. Qualità dei rifiuti solidi urbani e metodiche analitiche. Produzione di rifiuti solidi e modelli previsionali.
2. **Conferimento, raccolta e trasporto** - Sistemi e tecnologie applicative. Modelli matematici di localizzazione degli impianti. Ottimizzazione delle reti di raccolta e trasporto.
3. **Smaltimento sul terreno** - Schemi di processo e tipologie degli impianti di scarico controllato. Criteri di individuazione delle aree e valutazione di idoneità (aspetti idrologici, geotecnici, pianificatori, etc.). Tecniche di approntamento strutturale dei siti. Degradazione anaerobica dei rifiuti. Cinetica della produzione di biogas e sistemi di recupero energetico. Modelli idrologici di produzione del percolato. Qualità e trattamento del percolato. Criteri progettuali e dimensionamento delle unità operative. Pretrattamenti per triturazione e compattazione.
4. **Sistemi di trattamento termico** - Teoria della combustione. Tipologie di camere di combustione. Cicli termici e recupero energetico (vapore e/o energia elettrica). Tipologia di impianti di recupero (a contropressione, a condensazione, a derivazione e condensazione). Caratterizzazione e controllo dei residui solidi e degli effluenti gassosi. Criteri progettuali e dimensionamento delle unità operative. Processo di pirólisi. Cenni alle tecnologie realizzative.
5. **Sistemi di recupero e riciclaggio** - Tecnologia del recupero a monte mediante raccolta differenziata. Schemi di processo e tipologie impiantistiche del recupero a valle. Descrizione e dimensionamento delle unità operative di selezione automatica. Selezione a secco e ad umido. Processo e tecnologie per la trasformazione in compost. Reparti satellite per la lavorazione dei prodotti di recupero grezzi. Produzione di combustibile solido dai rifiuti (RDF, Refuse Derived Fuel). Quantità, qualità e possibilità di utilizzo dei prodotti di recupero. Criteri di progettazione degli impianti. Ottimizzazione di processo in funzione del mercato e del bacino territorialmente servito.
6. **Problematica dello smaltimento dei rifiuti industriali** - Giacimenti controllati, Innocuizzazione, Trattamenti termici, Trattamenti biologici, Recupero di risorse. Borsa dei rifiuti. Smaltimento combinato di rifiuti solidi urbani ed industriali.
7. **Impatto ambientale** - Valutazione dell'impatto ambientale EIA (Environmental Impact Assessment), relativa ai sistemi di smaltimento dei rifiuti solidi. "Screening" degli impatti potenziali. Definizione dei bersagli potenziali. Compatibilità con vincoli esistenti. Criteri di contenimento degli impatti negativi. Matrici degli impatti. Metodo di Leopold. Modelli di Bilancio di Impatto Ambientale.
8. **Costi** - Impiego di addetti per i diversi sistemi di smaltimento. Consumi e recuperi di energia e materiali. Costi di esercizio. Valutazione computometrica dei costi di impianto. Analisi economica, con il criterio del flusso di cassa scontato (DCF) e del risultato economico attualizzato (REA). Analisi di sensibilità.

Esercitazioni

Le esercitazioni, che costituiscono parte integrale del corso riguarderanno l'applicazione calcolistica dei criteri progettuali e di dimensionamento e nello sviluppo applicativo dei modelli matematici. Sono previsti seminari e conferenze di operatori esterni al Politecnico e visite di studio presso impianti e centri di Ricerca del settore.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

L'elaborazione di eventuali tesine verrà adeguatamente considerata nella valutazione finale.

Libri consigliati

L. Bonomo (a cura di): Smaltimento dei rifiuti speciali (tossici e nocivi) di origine industriale ed urbana. Attualità e prospettive, Atti 4 corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria (1994).

U. Ghezzi, M. Giugliano (a cura di): Tecnologie dell'incenerimento dei rifiuti e del controllo delle emissioni, (1993).

Durante il Corso saranno inoltre distribuite agli studenti dispense integrative e copie dei lucidi proiettati a lezione con la lavagna luminosa.

Libri consultabili presso la Biblioteca dell'Istituto di Ingegneria Sanitaria

Wilson D.G.: Handbook of solid waste management; Ed. Van Nostrand Reinhold Company.

Mantell C.L.: Solid Wastes: origin, collection, processing and disposal; Ed. John Wiley & Sons.

Pojasek R.B.: Toxic and hazardous waste disposal; Ed. Ann Arbor Science.

Aghm: Les residus urbains; collecte, traitement, nettoiement; Ed. IPE, Paris.

INSTABILITA' DELLE STRUTTURE

AN0039

Prof. Carlo POGGI

Programma d'esame

- 1. Analisi strutturale in presenza di non linearità geometriche.** L'ipotesi di piccoli spostamenti e conseguenze della sua rimozione. Sistemi conservativi. Stazionarietà e minimo dell'energia potenziale totale. Teoria del II ordine. Sistemi discreti. Travi. Metodo di Rayleigh-Ritz.
- 2. Carico critico di aste compresse.** Il concetto di stabilità. Il carico critico. Criterio dinamico. Criterio energetico. Criterio statico. Criterio delle imperfezioni. Casi fondamentali. Snellezza. Lunghezza di libera inflessione.
- 3. Carico di collasso di aste reali.** Aste compresse: Aste snelle e tozze. Curve di stabilità. Effetti di autotensioni e di imperfezioni. Cenni sul comportamento post-critico. Aste presso-inflesse: comportamento elastico - comportamento asintotico e comportamento biforcuto. Fattori di amplificazione. Comportamento fino a collasso di travi elasto-plastiche. Metodi approssimati per la valutazione del carico ultimo.
- 4. Travi continue e telai.** Stabilità dei sistemi di travi. Metodo degli elementi finiti - Stabilità di telai simmetrici. Analisi elastica ed elasto-plastica di telai alti.
- 5. Problemi speciali.** Proprietà torsionali dei profili aperti. Instabilità flessio-torsionale di aste compresse. Instabilità laterale di travi inflesse. Instabilità delle lastre caricate nel loro piano. Stabilità di lastre soggette ad azioni taglianti. Stabilità di lastre irrigidite.
- 6. Instabilità in presenza di grandi spostamenti.** Limiti di validità dell'analisi di stabilità classica. Effetti del comportamento post-critico. Effetti della non linearità precritica. Instabilità di seconda specie. Archi ribassati. Cenni sui metodi di analisi in grandi spostamenti.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale, che può essere preceduta da una prova scritta facoltativa. Gli allievi che volessero svolgere la prova scritta devono ritirare il testo degli esercizi all'atto dell'iscrizione all'appello e riconsegnare al docente il tema svolto il giorno precedente alla data fissata per l'appello.

Libri consigliati

L. Corradi, Instabilità delle Strutture, CLUP.

L. Corradi Dell'Acqua, Meccanica delle Strutture, vol. III, McGraw-Hill - Milano.

Z. Bazant, L. Cedolin: Stability of Structures, Oxford Press.

M. Pignataro, N. Rizzi, A. Luongo: Stabilità, Imperfezioni e Comportamento post-critico delle Strutture, E.S.A.

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

AG0209

Prof. Marco SOMALVICO

Programma d'esame

PARTE A. FONDAMENTI LOGICI DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE.

1. Introduzione.

Rappresentazione della conoscenza e modelli cognitivi qualitativi; aspetti gnoseologici ed epistemologici.

2. Rappresentazione della conoscenza.

Concettualizzazione; il linguaggio logico; il calcolo dei predicati di primo ordine; i linguaggi logici derivati; la metaconoscenza ed i metateoremi; conoscenza sfumata.

3. Procedure inferenziali.

Il metodo di risoluzione; l'algoritmo di unificazione; le strategie di controllo.

4. Metodi di Ricerca.

L'approccio dello spazio degli stati; l'approccio della riduzione a sottoproblemi; il ruolo dell'informazione euristica.

PARTE B.**1. Tecniche di ragionamento.**

Ragionamento basato sulla conoscenza e sulla metaconoscenza; ragionamento basato su modelli qualitativi; ragionamento non monotono.

2. Tecniche di apprendimento.

Apprendimento mediante memorizzazione; apprendimento mediante analogia; apprendimento basato sulla giustificazione.

3. Tecniche di mantenimento e di propagazione.

Tecniche di mantenimento automatico della verità; tecniche di mantenimento delle assunzioni; tecniche di propagazione dei vincoli.

4. Aree di applicazione.

Sistemi di riconoscimento, la comprensione e la sintesi del linguaggio naturale parlato e scritto; sistemi di pianificazione; sistemi di percezione; sistemi di manipolazione; sistemi di insegnamento.

Libri consigliati

Dispense del corso a cura del docente del corso.

N. Nilsson, M. Genesereth, Logical Foundations of Artificial Intelligence, Addison-Wesley, USA.

INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE**AK0101****Prof. Stefano CONSONNI***Obiettivi del corso*

Il corso si propone di:

1) Descrivere la fenomenologia delle interazioni tra le macchine a fluido e l'ambiente.

2) Fornire una base metodologica per la valutazione di queste interazioni.

3) Analizzare in dettaglio i tipi di interazione di maggior interesse applicativo e normativo.

Problematiche di particolare interesse e attualità potranno essere approfondite con seminari tenuti da esperti dello specifico settore e da visite presso centri di ricerca e installazioni industriali.

*Programma d'esame***Tipologia e fenomenologia delle interazioni macchine-ambiente.**

1.a Panoramica introduttiva. Emissioni gassose, liquide e solide prodotte dai processi energetici; scarico di calore, rumore, fughe, interazioni elettromagnetiche e nucleari; effetti sull'uomo, sull'ambiente, sul clima e sui manufatti.

Valutazioni quantitative.

1.b Inquinanti da combustione. Richiami di combustione: temperatura di fiamma, equilibrio chimico, velocità di reazione; composizione gas combustibili; fiamme premiscelate, diffuse, laminari, turbolente; stabilità, infiammabilità. Inquinanti controllabili agendo sulla combustione: NO_x , CO , incombusti, fuliggine; inquinanti dipendenti dalla natura del combustibile: SO_2 e polveri. Strategie di riduzione: trattamento combustibile, variazione condizioni di combustione, trattamento fumi.

1.c Smaltimento del calore. Sistemi raffreddati ad aria, acqua, con torri evaporative. Considerazioni termodinamiche e tecnologiche ed economiche per cicli diretti ed inversi. Influenza sulle

- turbomacchine; rilevanza delle variazioni stagionali. Benefici e problematiche della cogenerazione.
- 1.d **Rumore.** Fondamenti teorici, Definizione e scale di misura. Previsione delle emissioni acustiche di impianti di potenza. Tecniche di rilevazione e metodologie di abbattimento.
 - 1.e **Radioattività.** Struttura atomica e decadimento radioattivo; effetti biologici e genetici; unità di misura; protezioni.
 - 1.f **Fughe di sostanze nocive.** Tenute di organi fissi e rotanti: principi di funzionamento, tecnologie, esemplificazioni pratiche.
 2. **Problemi globali.** Peculiarità dei problemi globali. Effetto Serra: fenomenologia, rilevazioni empiriche e previsioni teoriche; possibili strategie per la riduzione delle emissioni di CO_2 , combustibili sintetici, separazione per assorbimento fisico e chimico, metodi termodinamici, cicli rinnovabili a biomassa, energia nucleare, energie rinnovabili. Danneggiamento strato di ozono: fenomenologia, rilevazioni empiriche e trattati internazionali; sostituzione cloro-fluorocarburi per l'industria frigorifera: influenza sul ciclo termodinamico, sulle turbomacchine e sugli scambiatori di calore; miscele azeotropiche e non.
 3. **Centrali a vapore.** Emissione di maggior interesse applicativo e normativo. Tipologia e caratteristiche di generatori di vapore. Variazione condizioni di combustione: over-fire-air, clustering, reburning, ricircolo gas combusti, iniezione sorbenti. Desolfurazione fumi: assorbimento chimico e fisico; processi a secco, a umido, rigenerativi e non, catalitici. Denitrificazione e depolverazione. Influenza del tipo e della disposizione del sistema di trattamento fumi sul ciclo e sulle prestazioni. Letti fluidi atmosferici, pressurizzati, integrati con turbogas. Cessione del calore. Emissioni acustiche. Centrali nucleari: reattori termici e autofertilizzanti, scorie radioattive e loro smaltimento.
 4. **Turbine a gas e cicli combinati.** Emissioni di maggior interesse applicativo e normativo per macchine industriali e aeronautiche; influenza del ciclo termodinamico, della geometria della camera di combustione, delle condizioni operative e ambientali, del tipo di combustibile. Fiamme premiscelate, combustione a stadi, iniezione acqua o vapore, ricircolo gas combusti. Riduttori e ossidatori catalitici: collocazione, impatto sulle prestazioni e sui costi. Filtri e silenziatori.
 5. **Motori alternativi.** Emissioni di motori ad accensione comandata e Diesel. Influenza della geometria, delle variabili motoristiche, del tipo di combustibile, delle condizioni operative e ambientali. Riprogettazione ai fini della riduzione delle emissioni. Trattamento dei gas di scarico: reattori termici, reattori catalitici, trappole particolato. Normativa e strumentazione per la valutazione delle emissioni. Sistemi alternativi di propulsione per i trasporti. Combustibili alternativi. Silenziatori: sistemi attivi e passivi.
 6. **Tecnologie innovative.** Sistemi integrati gasificazione-ciclo combinato: tecnologie di gasificazione, depurazione gas di sintesi, integrazione con ciclo a gas e a vapore. Cella a combustibile. Energie rinnovabili.
 7. **Normativa nazionale ed internazionale.** Principi ispiratori della normativa. Qualità dell'aria e limiti di emissione. Fattori di conversione. Implicazioni del tipo di vincoli imposti dalla normativa. Confronti tra prestazioni tipiche e limiti normativi per le varie tecnologie. Confronti con normative estere. Valutazione di impatto ambientale: metodologia e normativa.
 8. **Analisi di rischio ed aspetti economici.** Cenni di analisi di rischio; albero degli eventi, albero dei guasti, quantificazione del rischio, simulazioni; applicazioni alle tecnologie energetiche. Aspetti economici: inefficienze del libero mercato, imposizione fiscale, ottimizzazione dell'allocazione delle risorse ambientali.

Esercitazioni

Le esercitazioni analizzano quantitativamente i temi di maggior interesse applicativo, per i quali è prevista la redazione di relazioni da parte di gruppi di allievi; lo svolgimento potrà richiedere l'utilizzo degli strumenti informatici del Dipartimento di Energetica. Argomenti attinenti al corso potranno costituire oggetto di tesi ed elaborati di laurea.

Modalità d'esame

L'esame è orale. La parte iniziale verterà su un argomento a scelta del candidato. Al momento dell'esame gli allievi sono tenuti a presentare gli elaborati sviluppati nelle esercitazioni.

Libri consigliati

Dispense distribuite o segnalate dal Docente. Per alcuni temi gli allievi potranno consultare testi

disponibili presso la biblioteca del Dipartimento di Energetica, tra cui:
 Beranek L., Noise and Vibration Control, McGraw-Hill, 1971.
 Campbell I.M., Energy and the Atmosphere, John Wiley, 1986
 Davis M.L. e Cornwell D.A., Introduction to Environmental Engineering, McGraw-Hill, 1991.
 Ghezzi U. e Ortolani C., Combustione e Inquinamento, Tamburini, 1974
 Heywood J.B., Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988.
 Strauss W., Air Pollution Control, John Wiley, 1971.
 Zamparo G., Energia ed Inquinamento nell'Ecologia, Tamburini, 1974.

ISTITUZIONI DI DIRITTO PUBBLICO E PRIVATO

AJ0109

Prof. Fiorenzo FESTI

Programma d'esame

Il testo della Costituzione italiana. Struttura e funzioni degli organi costituzionali. L'ordinamento giuridico. Le norme giuridiche: fonti, limiti di efficacia, interpretazioni. I diritti soggettivi e i doveri giuridici. I fatti giuridici.

Diritto delle persone. Persona fisica: capacità giuridica e capacità di agire. Persone giuridiche: nozioni e struttura, costituzione, attività di estinzione.

I diritti reali: nozione; le cose; la proprietà; i diritti reali sulle cose altrui; la comunione sulla proprietà e sugli altri diritti reali; il possesso e i suoi effetti. Diritto alle obbligazioni: nozione, elementi e fonti, tutela e garanzia, effetti. In particolare: vendita, permuta, locazione, mandato, appalto, mutuo.

Le obbligazioni derivanti dalla legge e da fatto illecito.

I titoli di credito (cambiale, assegno).

Inoltre:

Per gli studenti del corso di ingegneria civile: Espropriazione per pubblica utilità. Procedura. Indennizzo.

Per gli studenti degli altri corsi: L'imprenditore e l'azienda. Società di persone e società di capitale.

Esercitazioni

Si terranno su argomenti che risultassero di particolare interesse nello svolgimento del corso.

Modalità d'esame

Prova orale sul programma.

Libri consigliati

Il testo della Costituzione italiana.

Galgano e Mendici Tabet: Elementi di diritto. Ed. Zanichelli Bologna.

Codice civile (Milano, Hoepli, edito minor).

ISTITUZIONI DI ECONOMIA

AQ0010

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica)

Prof. Giangiacomo NARDOZZI TONIELLI

Programma d'esame

1. Contenuti dell'economia politica e suo sviluppo.
2. La rappresentazione del Sistema economico; l'analisi input-output e la contabilità nazionale.
3. La teoria del mercato e dell'impresa.
 - 3.1 Teoria del consumatore e curva di domanda.
 - 3.2 Teoria della produzione.
 - 3.3 L'impresa in concorrenza perfetta e la curva di offerta nel breve e nel lungo periodo.
 - 3.4 Il monopolio.
 - 3.5 L'oligopolio e la teoria della grande impresa.
 - 3.6 Il progresso tecnico.

- 3.7 Prezzo e impiego dei fattori.
- 3.8 L'equilibrio economico generale e l'efficienza.
- 4. Aspetti macroeconomici dell'attività economica.
- 4.1 Il mercato del lavoro e il livello naturale di occupazione.
- 4.2 Equilibrio sul mercato dei beni e tasso di interesse naturale.
- 4.3 Moneta e livello dei prezzi.
- 4.4 La teoria keynesiana della domanda effettiva.
- 4.5 Moneta, speculazione e mercato dei titoli.
- 4.6 La politica monetaria.
- 4.7 La politica fiscale.
- 4.8 Problemi di controllo dell'economia oggi.

Libri consigliati

L. Pasinetti: Lezioni di teoria della produzione, ed. Il Mulino, pagg 1-90

H. Varian: Microeconomia, ed. Cafoscarina

A. Boitani: Appunti sulle teorie dell'occupazione, 2^a Edizione, ed. Vita e Pensiero.

Nota per gli Allievi:

un programma più dettagliato, contenente i capitoli ed i paragrafi che possono essere tralasciati nella preparazione dell'esame verrà indicato nel corso delle lezioni.

ISTITUZIONI DI ECONOMIA**AQ0010**

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica e Informatica)

Prof. Fabio SDOGATI

*Programma d'esame***1. Aspetti microeconomici dell'attività di produzione e scambio.**

1.1 La teoria della domanda.

1.2 La teoria della produzione.

1.3 I costi di produzione.

2. Forme di mercato e teoria dell'impresa.

2.1 L'equilibrio dell'impresa in concorrenza perfetta.

2.2 Il monopolio.

2.3 La discriminazione del prezzo.

2.4 L'equilibrio dell'impresa in concorrenza monopolistica.

2.5 L'oligopolio non collusivo.

2.6 La teoria del mark-up.

2.7 Prezzo ed impiego dei fattori in concorrenza perfetta.

2.8 Il mutamento tecnico.

3. Aspetti macroeconomici dell'attività economica.

3.1 Elementi di contabilità nazionale.

3.2 Lo schema aggregato keynesiano e la teoria della domanda effettiva.

3.3 Il consumo, l'investimento ed il mercato della moneta.

3.4 La determinazione del livello di equilibrio del reddito nazionale ed il controllo dell'attività economica nel breve periodo.

3.5 Problemi macroeconomici in un'economia aperta.

Libri consigliati

Per i punti 1 e 2 si veda:

A. Koutsoyiannis, Microeconomia, ETAS Libri, Milano, 1981;

capp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 21, 22 ad esclusione dei seguenti paragrafi:

cap. 2 parag. 2.3

cap. 4 parag. 4.4., 4.6

cap. 14 parag. 14.3, 14.4

cap. 21 sezione 21.1.2 del parag. 21.1 e parag. 21.3

cap. 22 appendice

Per il punto 3 si veda:

R. Dornbusch e S. Fisher, *Macroeconomia*, Il Mulino, Bologna, 1992.

cap. I (leggere), II, III, IV, V, VI, VII

cap. IX (introduzione; parag. 1; parag. 3, solo la sezione di pag. 348-350; parag. 8, Appendice)

capp. X, XI, XII (leggere), XIII, XIV, XV, XVI, XX.

N.B. E' richiesta la conoscenza della consistenza dei più importanti aggregati macroeconomici per l'Economia Italiana negli ultimi anni. I dati sono reperibili in:

ISTAT: Annuario Statistico Italiano, ultima edizione.

oppure:

ISTAT: Compendio Statistico Italiano, ultima edizione.

ISTITUZIONI DI ECONOMIA

(per gli allievi di Ingegneria Gestionale)

Prof. Salvatore BALDONE, Giorgio Guido FODOR

AQ0010

Programma d'esame

1. Aspetti microeconomici dell'attività di produzione e scambio.

1.1 La teoria della domanda.

1.2 La teoria della produzione.

1.3 I costi di produzione.

2. Forme di mercato e teoria dell'impresa.

2.1 L'equilibrio dell'impresa in concorrenza perfetta.

2.2 Il monopolio.

2.3 La discriminazione del prezzo.

2.4 L'equilibrio dell'impresa in concorrenza monopolistica.

2.5 L'oligopolio non collusivo.

2.6 La teoria del mark-up.

2.7 Prezzo ed impiego dei fattori in concorrenza perfetta.

2.8 Il mutamento tecnico.

3. Aspetti macroeconomici dell'attività economica.

3.1 Elementi di contabilità nazionale.

3.2 Lo schema aggregato keynesiano e la teoria della domanda effettiva.

3.3 Il consumo, l'investimento ed il mercato della moneta.

3.4 La determinazione del livello di equilibrio del reddito nazionale ed il controllo dell'attività economica nel breve periodo.

3.5 Problemi macroeconomici in un'economia aperta.

Libri consigliati

Per i punti 1 e 2 si veda:

A. Koutsoyiannis, *Microeconomia*, ETAS Libri, Milano, 1981;

capp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 21, 22 ad esclusione dei seguenti paragrafi:

cap. 2 parag. 2.3

cap. 4 parag. 4.4., 4.6

cap. 14 parag. 14.3, 14.4

cap. 21 sezione 21.1.2 del parag. 21.1 e parag. 21.3

cap. 22 appendice

Per il punto 3 si veda:

R. Dornbusch e S. Fisher, *Macroeconomia*, Il Mulino, Bologna, 1992.

cap. I (leggere), II, III, IV, V, VI, VII

cap. IX (introduzione; parag. 1; parag. 3, solo la sezione di pag. 348-350; parag. 8, Appendice)

capp. X, XI, XII (leggere), XIII, XIV, XV, XVI, XX.

N.B. E' richiesta la conoscenza della consistenza dei più importanti aggregati macroeconomici per l'Economia Italiana negli ultimi anni. I dati sono reperibili in:

ISTAT: Annuario Statistico Italiano, ultima edizione.

oppure:

ISTAT: Compendio Statistico Italiano, ultima edizione.

LINGUAGGI E TRADUTTORI
Prof. Stefano CRESPI REGHIZZI

AG0039

Programma d'esame

I. Metodi sintattici.

1) Definizione sintattica dei linguaggi:

Teoria dei linguaggi formali; Espressioni regolari; Grammatiche generative non contestuali; Grammatiche dei linguaggi regolari; Rappresentazioni grafiche; Principali strutture sintattiche.

2) Analisi e riconoscimento delle fasi:

Algoritmi di decisione, automi e loro complessità; Automi finiti; Automi a pila; Automi a pila deterministici; Analisi sintattica ascendente e discendente; Trattamento degli errori sintattici.

3) Traduzione sintattica:

Traduzioni; Omomorfismi e sostituzioni; Schemi sintattici di traduzione; Automi trasduttori; Analisi sintattica e traduzione.

II. Metodi semantici.

- Semantica operativa: grammatiche ed attributi, calcolo degli attributi in una o più passate;
 - Schemi di traduzione ad attributi.

III. Ingegneria dei compilatori e degli interpreti.

- Ambienti di programmazione: compilatori, collegatori, interpreti, strumenti per la gestione dei progetti software;
 - Struttura dei compilatori: traduzione a più passate, rappresentazioni intermedie dei programmi, generazione del codice, ottimizzazione;
 - Ambiente di esecuzione: gestione della memoria;
 - Struttura e progetto degli interpreti;
 - Tecniche di portabilità;
 - Ottimizzazione
 - Generazione del codice
 - Strumenti di progetto: metacompilatori.
 - Studio di casi: Pascal, C++, Ada, ...

Esercitazioni

Esercizi sulla sintassi e sulla semantica. Progetto di compilatori con l'uso di strumenti automatici. E' prevista la presentazione del progetto di un compilatore industriale, in modo da fornire una visione complessiva e pratica delle diverse tecniche esposte.

Modalità d'esame

L'esame è scritto (parti I e II) e orale (parte III) secondo il programma sopra descritto. Nel corso del semestre sarà organizzata una prova scritta sulle parti I e II.

Libri consigliati

S. Crespi-Reghizzi: Sintassi, semantica e tecniche di compilazione, vol. 1, 2 CLUP, Milano 1990.
 S. Crespi-Reghizzi: Compilatori, interpreti e tecniche di traduzione, Masson, Milano 1990.

LOGISTICA INDUSTRIALE
Prof. Remigio RUGGERI

AR0064

Programma d'esame

1. Il sistema logistico.

La logistica come visione integrata del processo: approvvigionamenti, produzione, distribuzione, servizio post vendita, recupero e riutilizzazione degli imballaggi e dei prodotti dismessi. Ruolo

della logistica nelle diverse fasi del ciclo di vita del prodotto. La "Reverse Logistics". La logistica dei sistemi riparabili (RAM LOGISTICS) (cenni). Le attività di normazione in campo logistico (ISO, CEN, UNI).

2. Il servizio al cliente.

Evoluzione del concetto di "servizio al cliente". I tre livelli del servizio: operativo; supporto vendite; supporto marketing. Indicatori quantitativi e loro impiego. La misura della "qualità percepita del servizio". La matrice: costo-livello di servizio e scelte strategiche conseguenti.

3. Le strutture fisiche di supporto.

a) Imballaggio. Esigenze, requisiti, normative delle confezioni e degli imballi. Unitizzazione dei carichi. Criteri di dimensionamento e ottimizzazione delle U.C. Aspetti ecologici.

b) Movimentazione interna. Tipologie dei mezzi e dei sistemi di materials handling. Criteri di scelta e dimensionamento. Modellistica di supporto.

c) Stoccaggio. Funzioni, tipologie, aree operative del magazzino. Criteri di scelta e dimensionamento. Politiche di gestione operativa del magazzino. Modellistica e metodi quantitativi di supporto alla progettazione ed alla gestione. Protezione delle merci.

d) Picking. Modalità di picking. Supporti tecnologici. Criteri di ottimizzazione.

e) Trasporti esterni. Modalità di resa delle merci. Tipologie, costi, criteri di scelta dei mezzi e dei sistemi di trasporto. Il trasporto intermodale. Spedizioni internazionali.

4. Distribuzione.

Canale commerciale e canale logistico. Le scorte del sistema distributivo. Politiche di allocazione e gestione delle scorte di prodotti finiti. Tecniche di previsione della domanda (richiami). Il metodo DRP. Criteri di allocazione dei depositi centrali e periferici (modelli strategici e metodi quantitativi di supporto alle decisioni). La pianificazione delle consegne locali (algoritmi di ottimizzazione). La terziarizzazione dei servizi logistici. La distribuzione dei beni di largo consumo: tipologie di canale e loro evoluzione; organizzazione delle superfici di vendita degli spazi espositivi; la tecnica DPP (Direct Product Profitability).

5. Produzione.

Interfaccia: produzione-sistema logistico. Sistemi integrati di produzione (richiami).

6. Approvvigionamenti.

Strategia degli acquisti. La matrice rischio cliente. Evoluzione dei rapporti con i fornitori: comakership e partnership. Criteri quantitativi di valutazione/selezione dei fornitori (vendor rating). Certificazione ed autocertificazione dei fornitori.

7. Il sistema informativo.

I flussi informativi nel sistema logistico. L'identificazione automatica dei prodotti. Electronic Data Interchange (EDI).

8. Il controllo del sistema logistico.

Rilevazione e analisi dei costi logistici. La formulazione del budget. Il reporting. La misura ed il controllo della produttività. La pianificazione delle attività logistiche. Benchmarking delle prestazioni e dei costi logistici.

9. Organizzazione della struttura logistica.

Aspetti strategici ed operativi. La collocazione della funzione "Logistica" nella organizzazione aziendale. L'intervento logistico per il miglioramento dell'efficienza aziendale. La logistica in ambiente JIT e TQC.

Esercitazioni

Oltre allo sviluppo di casi applicativi, verranno organizzate conferenze di relatori esterni e visite presso realizzazioni particolarmente significative.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale, preceduta da una prova scritta di carattere applicativo.

Libri consigliati

Dispense del corso. Bibliografia specifica citata nelle dispense e durante il corso.

Bibliografia generale:

J.F. Robeson & R.G. House Editors: "The Distribution Handbook", MacMillan, London, 1985
M. Christopher: "Logistics and Supply Chain Management", Pitman, London, 1992

- S. Makridakis, S.C. Wheelwright: "Forecasting: Methods and Applications", J. Wiley & Sons, N.Y. 1983
 S. Bourgeois: "La guide de l'entrepot", Nathan Communication, Paris, 1988
 M. McRobb: "Purchasing and Quality", M. Dekker, INC, N.Y., 1989
 C. Ferrozzi, J. Hammond, D. Shapiro: "Logistica & strategia", ISEDI, 1993
 G. Merli: "Comakership", ISEDI, 1990
 J. Cooper, M. Browne, M. Peters: "European Logistics", Blacwell Publishers, Oxford, 1991.

MACCHINE**AK0011**

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica)

Prof. Gustavo GIGLIOLI*Programma d'esame*

- 1. Principi generali:** Richiami di termodinamica. Sistemi chiusi e sistemi a flusso. Funzioni di stato, principi della termodinamica. Fluidi di lavoro: liquidi e gas perfetti, gas reali, vapori, stati di aggregazione diversi; il principio degli stati corrispondenti. La conservazione dell'energia nei sistemi a flusso riferita a fluidi comprimibili e incompressibili; esplicitazioni degli effetti delle irreversibilità nella equazione di conservazione dell'energia.
- 2. Macchine operatrici a fluido incompressibile.** Equazioni fondamentali dello scambio di lavoro fra fluido e macchine a flusso continuo: la relazione di Eulero. La similitudine idraulica e il numero di giri caratteristico. Motrici Idrauliche: La turbina Pelton, Francis e Kaplan; configurazione generale, numero di giri caratteristico, principi di regolazione e controllo, campi d'impiego, funzionamento in condizioni diverse da quelle di progetto; scelta delle motrici idrauliche. Installazione delle motrici idrauliche: altezza di aspirazione, funzione e rendimento del diffusore. La cavitazione nelle macchine idrauliche: aspetti fluidodinamici, termodinamici e tecnologici. Le pompe: generalità sulle pompe alternative; le pompe centrifughe: configurazione e funzionamento fluidodinamico; curve caratteristiche ideali e reali, funzionamento della pompa inserita in vari tipi di circuito, problemi di stabilità di funzionamento, problemi di cavitazione; generalità sulle pompe assiali.
- 3. Macchine operatrici a fluido comprimibile.** La compressione degli aeriformi: compressione isoterma, isentropica, adiabatica irreversibile; rappresentazioni grafiche; il concetto di "controrecupero". I compressori centrifughi: generalità; caratteristiche operative e campi d'impiego; cenni di fluidodinamica interna della macchina. Problemi di numero di Mach critico; la similitudine fluidodinamica per le macchine a fluido comprimibile. I compressori assiali: triangoli di velocità, caratteristiche generali di funzionamento. Fenomeno dello stallo e del pompaggio nei compressori.
- 4. Cicli termodinamici a fluido bifase, turbine a vapore e apparecchiature di scambio termico.** Il ciclo Rankine a vapor d'acqua: a vapor saturo, a surriscaldamento, a surriscaldamento; influenza dei parametri fondamentali del ciclo su lavoro utile e rendimento; cicli rigenerativi. Le turbine a vapore: funzionamento delle motrici mono-stadio a salti di velocità, ad azione e a reazione nel caso ideale e reale. Problemi fluidodinamici particolari: l'ugello di De Laval. Turbine pluri-stadio: dimensionamento fluidodinamico e meccanico degli stadi ad alta, media e bassa pressione. Configurazione delle turbine in funzione della potenzialità. Limitazioni di potenza delle motrici a flusso singolo a causa delle grandi portate volumetriche allo scarico. Problemi strutturali: calcolo delle sollecitazioni nelle palettature dovute alle forze centrifughe e all'azione del fluido di lavoro. Principi di regolazione. I generatori di vapore: classificazione e calcolo del rendimento. I condensatori, i rigeneratori ed i degasatori: configurazione e problemi di dimensionamento. Scambio termico con correnti bifase: ebollizione statica e dinamica, flussi critici. Perdite di carico per correnti bifase.
- 5. Macchine e cicli frigoriferi:** cenni descrittivi.
- 6. Le turbine a gas.** Cicli di turbina a gas ideali e reali: semplici, a interrefrigerazione, a ricombustione, a rigenerazione. Influenze dei parametri fondamentali del ciclo su lavoro utile e rendimento. Problemi strutturali connessi con l'esercizio di componenti altamente sollecitati a temperature elevate. Prospettive per l'impiego di più elevate temperature di esercizio. Valutazione economica delle caratteristiche degli impianti di turbina a gas. Cenni sui cicli combinati a vapor d'acqua-turbina a gas.

Esercitazioni

Il corso è corredato da esercitazioni consistenti in applicazioni numeriche relative allo studio di particolari macchine ed al loro inserimento in un impianto. L'ottenimento di un giudizio globalmente positivo consente all'allievo di sostenere direttamente l'esame orale. In caso contrario l'esame orale dovrà essere preceduto da una prova scritta.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale. Per gli allievi che non hanno conseguito un giudizio positivo nel corso delle esercitazioni l'esame orale deve essere preceduto da una prova scritta.

Libri consigliati

- Macchine Idrauliche. Appunti delle lezioni, Masson.
- Compressori di gas. Appunti alle lezioni, Masson.
- C. Casci Macchine a fluido bifase, Masson.
- E. Macchi Termodinamica applicata, Ed. CLUP.

MACCHINE (I semestre)
Prof. Gianfranco ANGELINO
AK0030*Programma d'esame*

1. **Principi generali.** Proprietà termodinamiche dei fluidi. Cenni sul calcolo delle proprietà termodinamiche. Il principio degli stati corrispondenti. Il principio di conservazione dell'energia nei sistemi aperti nel riferimento assoluto e relativo.
2. **Macchine idrauliche.** Energia idraulica, salto motore, perdite nelle condotte e rendimento idraulico delle macchine. La teoria della similitudine idraulica e il numero di giri caratteristico. La cavitazione nelle macchine idrauliche (pompe e turbine). Le turbine Pelton, Francis e Kaplan. Criteri di scelta delle turbine idrauliche. Le pompe centrifughe ed il loro inserimento nei circuiti idraulici. Cenni sulle pompe volumetriche.
3. **Compressori di gas.** Termodinamica della compressione dei gas e dei vapori. Effetti delle irreversibilità interne. Il compressore centrifugo: caratteristiche operative e dimensionamento di massima. Il compressore assiale. La teoria della similitudine idraulica adattata alle macchine a fluido comprimibile. Cenni sui compressori volumetrici.
4. **Macchine a vapore.** Cicli termodinamici e schemi d'impianto: a vapor saturo, a vapore surriscaldato, a surriscaldamenti ripetuti. Preriscaldamento rigenerativo dell'acqua. Uso del diagramma di Mollier e delle tavole del vapor d'acqua. Teoria dell'ugello di De Laval. Turbine assiali ad azione; turbine a reazione. Comportamento ideale e analisi delle perdite. Influenza del titolo del vapore sulle caratteristiche dell'espansore. Turbine a salti di velocità e a salti di pressione. Turbine multi-stadio e configurazione generale delle turbine in funzione del livello di potenza dell'impianto. Aspetti costruttivi delle turbine e problemi di materiali. Cenni sulle turbine radiali. I generatori di vapore: classificazione, principi di funzionamento, calcolo delle perdite, problemi di scambio termico. I condensatori ed i rigeneratori.
5. **Pompe di calore e macchine frigorifere.** Termodinamica del ciclo di Rankine inverso (frigorifero). Fluidi di lavoro organici e macchine ad essi destinate. La pompa di calore.
6. **Turbine a gas.** Termodinamica del ciclo di potenza: semplice; inter-refrigerazione; a ricombustione; a rigenerazione. L'influenza della temperatura massima del ciclo. Problemi meccanici e problemi di materiali. La refrigerazione delle palette. Generalità sui cicli chiusi. Termodinamica del ciclo del turboreattore. La turbina aeronautica. Cicli combinati turbina a gas - turbina a vapore: ottimizzazione termodinamica; cicli a più livelli di pressione. Turbine a gas a iniezione di vapore. Combustibili naturali e sintetici per turbine a gas.
7. **Motori alternativi a combustione interna.** Termodinamica dei cicli. Rendimenti e potenze specifiche. Caratteristiche d'impiego del motore ad accensione comandata e del motore Diesel. Combustione regolare e combustioni anomale (preaccensione, detonzazione). Combustibili per motori a combustione interna. Recupero di calore da motori alternativi.
8. **La cogenerazione quale strumento per la razionalizzazione delle attività energetiche.** Caratteristiche delle turbine a vapore, a gas e dei motori alternativi nel contesto cogenerativo.

9. Impiego delle macchine e problemi di salvaguardia ambientale: inquinamento chimico e termico legati alla generazione di potenza.

Esercitazioni

Le esercitazioni si svolgono settimanalmente e per esse vige una regolamentazione esposta alla teca dell'Istituto. Le esercitazioni hanno per argomento la trattazione grafico-numerica di alcuni problemi significativi della disciplina ed hanno come scopo l'accertamento delle capacità applicative dell'allievo.

Modalità d'esame

L'allievo per il quale non fosse stata positivamente verificata la capacità applicativa durante le esercitazioni sosterrà una prova scritta prima dell'esame orale.

L'esame verte sugli argomenti trattati nelle lezioni, di cui al suddetto programma, e sulle esercitazioni.

Libri consigliati

Lezioni

E. Macchi: Termofluidodinamica applicata alle macchine - CLUP

C. Casci: Macchine a fluido incomprimibile - Masson

E. Casci: Compressori di Gas - Masson

C. Casci: Macchine a fluido bifase - Masson

F. Montevocchi: Turbine a gas - CLUP

C. Casci: Motori a fluido monofase - Masson

Esercitazioni

C. Casci: Macchine Idrauliche - Masson

C. Casci: Macchine Termiche - Masson

C. Casci: Motori a combustione interna e impianti speciali - Masson.

MACCHINE (II semestre)

AK0030

Prof. Pietro FERRARI

Programma d'esame

- 1. Principi generali.** Proprietà termodinamiche dei fluidi. Cenni sul calcolo delle proprietà termodinamiche. Il principio degli stati corrispondenti. Il principio di conservazione dell'energia nei sistemi aperti nel riferimento assoluto e relativo.
- 2. Macchine idrauliche.** Energia idraulica, salto motore, perdite nelle condotte e rendimento idraulico delle macchine. La teoria della similitudine idraulica e il numero di giri caratteristico. La cavitazione nelle macchine idrauliche (pompe e turbine). Le turbine Pelton, Francis e Kaplan. Criteri di scelta delle turbine idrauliche. Le pompe centrifughe ed il loro inserimento nei circuiti idraulici. Cenni sulle pompe volumetriche.
- 3. Compressori di gas.** Termodinamica della compressione dei gas e dei vapori. Effetti delle irreversibilità interne. Il compressore centrifugo: caratteristiche operative e dimensionamento di massima. Il compressore assiale. La teoria della similitudine idraulica adattata alle macchine a fluido comprimibile. Cenni sui compressori volumetrici.
- 4. Macchine a vapore.** Cicli termodinamici e schemi d'impianto: a vapore saturo, a vapore surriscaldato, a surriscaldamenti ripetuti. Preriscaldamento rigenerativo dell'acqua. Uso del diagramma di Mollier e delle tavole del vapore d'acqua. Cicli binari e ternari. Turbine a vapore a recupero parziale. Accumulatore di vapore. Teoria dell'ugello di De Laval. Turbine assiali ad azione; turbine a reazione. Comportamento ideale e analisi delle perdite. Influenza del titolo del vapore sulle caratteristiche dell'espansore. Turbine a salti di velocità e a salti di pressione. Turbine multi-stadio e configurazione generale delle turbine in funzione del livello di potenza dell'impianto. Aspetti costruttivi delle turbine e problemi di materiali. Cenni sulle turbine radiali. I generatori di vapore: classificazione, principi di funzionamento, calcolo delle perdite, problemi di scambio termico. I condensatori ed i rigeneratori.
- 5. Pompe di calore e macchine frigorifere.** Termodinamica del ciclo di Rankine inverso. Fluidi di lavoro organici. Il ciclo frigorifero. La pompa di calore. Costituzione delle diverse organizzazioni meccaniche.

6. **Turbine a gas.** Termodinamica del ciclo di potenza: semplice, ideale e reale; ad interrefrigerazione; a ricombustione; a rigenerazione. L'influenza della temperatura massima del ciclo. Problemi di ottimizzazione, problemi meccanici e problemi di materiali. La refrigerazione delle palette. Generalità sui cicli chiusi. Cicli combinati turbina a gas - turbina a vapore. Ottimizzazione termodinamica. Cicli a più livelli di pressione. Turbine a gas a iniezione di vapore. Combustibili naturali e sintetici per turbine a gas.
7. **Motori alternativi a combustione interna.** Termodinamica dei cicli. Rendimenti e potenze specifiche. Caratteristiche d'impiego del motore ad accensione comandata e del motore Diesel. Combustione regolare e combustioni anomale (preaccensione, detonazione). Combustibili per motori a combustione interna. Recupero di calore da motori alternativi.
8. **La cogenerazione quale strumento per la razionalizzazione delle attività energetiche.** Caratteristiche delle turbine a vapore, a gas e dei motori alternativi nel contesto cogenerativo.
9. **Impiego delle macchine e problemi di salvaguardia ambientale:** inquinamento chimico e termico legati alla generazione di potenza.

Esercitazioni

Gli allievi che hanno partecipato con esito positivo alle esercitazioni dovranno presentare alla Commissione esaminatrice gli elaborati svolti durante l'anno. Tali elaborati, unitamente ai fondamenti teorici ad essi relativi, saranno oggetto di domande di esame.

Modalità d'esame

Coloro che non hanno partecipato con esito positivo alle esercitazioni dovranno svolgere, prima dell'esame orale, una prova scritta che accerti la loro capacità ad operare correttamente anche nei confronti di problemi di cui si richieda una soluzione numerica.

Libri consigliati

Lezioni

- E. Macchi: Termodinamica Applicata alle Macchine - CLUP
- C. Casci: Macchine a fluido incomprimibile - Masson
- C. Casci: Compressori di gas - Masson
- C. Casci: Macchine a fluido bifase - Masson
- F. Montevicchi: Turbine a gas - CLUP
- C. Casci: Motori a fluido monofase - Masson

Esercitazioni

- C. Casci: Macchine Idrauliche - Masson
- C. Casci: Macchine Termiche - Masson
- C. Casci: Motori a combustione interna e impianti speciali - Masson.

MACCHINE (1/2 annualità)

AK0105

Prof. Stefano CONSONNI

Programma d'esame

1. **Generalità sui processi nelle macchine.** Equazioni di conservazione. Equazione di Eulero. Proprietà termodinamiche dei fluidi.
2. **Generalità sulle macchine.** Classificazione. Parametri ed indici caratteristici. Teoria della similitudine. Effetti scala, viscosi, di comprimibilità.
3. **Macchine a fluido incomprimibile.** Turbine idrauliche e pompe: assiali, miste, radiali, volumetriche. Ventilatori. Scelta del tipo di macchina in funzione dei parametri operativi. Curve caratteristiche. Circuiti idraulici: accoppiamento macchina-circuito, regolazione, considerazioni economiche ed energetiche.
4. **Macchine a fluido comprimibile.** Rappresentazione e analisi termodinamica di processi di compressione e di espansione. Definizioni e significato di rendimento. Grandezze statiche e totali. Caratteristiche progettuali e operative di compressori assiali, misti, centrifughi e volumetrici; caratteristiche progettuali e operative di turbine assiali ad azione e reazione. Curve caratteristiche e regolazione.

5. **Impianti per produzione di potenza.** Generalità sulle tecnologie per produzione di potenza. Tipologia, caratteristiche, riserve e consumi delle principali fonti energetiche.
6. **Cicli a vapore.** Caratteristiche tecnologiche e termodinamiche dei cicli Rankin a vapore. Sviluppo storico e tendenze attuali. Surriscaldamento, risurriscaldamento, spillamenti rigenerativi. Problematica della scelta delle pressioni di evaporazione e condensazione. Uso del diagramma di Mollier e calcolo del ciclo. Caratteristiche e peculiarità delle turbine a vapore. Cenni sull'architettura dei generatori di vapore.
7. **Turbine a gas.** Caratteristiche termodinamiche e tecnologiche del ciclo semplice. Sviluppo storico e tendenze attuali: applicazioni mobili e stazionarie. Scelta del rapporto di compressione. Importanza della temperatura di ingresso in turbina. Possibili variazioni del ciclo termodinamico: interrefrigerazione, ricombustione e rigenerazione. Cenni su cicli combinati gas-vapore.
8. **Cogenerazione.** Obiettivi e significatività della cogenerazione. Cenni sulle caratteristiche e i campi di impiego delle varie tecnologie di cogenerazione.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni saranno proposti una serie di problemi esemplificativi delle equazioni di conservazione e di utilizzi pratici delle macchine e dei sistemi di produzione di energia, con particolare riguardo a situazioni rilevanti per l'Ingegneria dell'Ambiente.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e orale. Nel periodo di svolgimento delle lezioni si terranno inoltre due prove scritte sostitutive dell'esame, eventualmente integrabili (a scelta del candidato) da una breve prova conclusiva orale.

Libri di testo

C. Casci: Macchine a fluido incomprimibile, Masson, Milano

C. Casci: Compressori di gas, Masson, Milano

C. Casci: Macchine a fluido bifase, Masson, Milano

G. Cornetti: Macchine Idrauliche, Il Capitello, Torino.

G. Cornetti: Macchine Termiche, Il Capitello, Torino.

E. Macchi: Richiami di termofluidodinamica applicata alle macchine - CLUP, Milano.

F. Montevocchi: Turbine a gas - CLUP.

Testi aggiuntivi o alternativi potranno essere segnalati dal docente durante lo svolgimento delle lezioni; ugualmente dicasi per i testi delle esercitazioni.

MACCHINE ELETTRICHE

AH0006

Prof. Sergio CREPAZ

Programma d'esame

GENERALITÀ SULLE MACCHINE ELETTRICHE.

- Circuiti mutuamente accoppiati.

L'induttore elementare: auto e mutua induttanza.

Teoria dei circuiti mutuamente accoppiati: due circuiti: equazioni e rete equivalente; N circuiti.

Reti magnetiche e reti elettriche equivalenti.

- Materiali.

a) Conduttori: caratteristiche; perdite specifiche in c. continua; effetto della temperatura; perdite addizionali.

b) Magnetici: perdite specifiche per isteresi e per correnti parassite; cifra di perdita; caratteristiche di materiali.

c) Isolanti: perdite specifiche; classi di materiali isolanti e loro caratteristiche; sollecitazioni dielettriche e prove di isolamento.

- Comportamento termico.

Teoria del comportamento termico: sistemi ad una o a più costanti di tempo. Calcolo e sistemi di raffreddamento. Potenza nominale e servizio di una m.e. Prove di riscaldamento.

TRASFORMATORI.

Struttura e teoria generale: equazioni e diagramma vettoriale; circuiti equivalenti completo e ridotti. Funzionamento a prove a vuoto ed il c. c.to. Perdite, rendimenti e cadute di tensione. Funzionamento in parallelo. Transitorio di inserzione e di corto circuito. Trasformatori a tre avvolgimenti, autotrasformatore, trasformatori speciali. Trasformatore trifase; teoria, collegamenti, gruppo ed indice orario.

MACCHINE ROTANTI.

- **Conversione elettromeccanica dell'energia.**
La macchina rudimentale: equazione elementare del moto. Stabilità elettromeccanica. Macchina ad una f.m.m.: coppia di anisotropia. Macchina a due f.m.m.: coppia di mutua induttanza. Impostazione generale dell'espressione della coppia per una m.e. a n f.m.m.
- **Il campo rotante.**
Struttura magnetico-meccanica. Campo di un avvolgimento (monofase), bifase e trifase. Avvolgimenti: costituzione e f.e.m. indotte.
- **Macchine sincrone.**
Costituzione. Funzionamento a vuoto. Teoria e costruzione di Potier sulle m. isotrope. Parametri, curve caratteristiche e loro determinazione a misura.
Teoria linearizzata (di Behn-Eshemburg).
Potenza attiva e reattiva, stabilità, diagramma polare. Perdite, rendimento e variazioni di tensione. Macchine anisotrope: teoria dei due assi, costruzione di Arnold-Blondel, teoria linearizzata e costruzione delle due reattanze. Diagramma polare. Macchina ad anisotropia e compensatore sincro.
- **Macchina asincrona.**
Costituzione. Teoria trasformatorica e circuiti equivalenti. Diagramma circolare. Campi di funzionamento ed interpretazione del diagramma circolare. Coppia. Caratteristiche di funzionamento come motore, perdite e rendimento. Avviamento. Funzionamento da generatore. Motori a doppia gabbia, m. a. sincronizzata, convertitore di frequenza e di fase. Motori asincroni monofasi e loro avviamento.
- **Macchine a collettore a c.c. e c.a.**
Costituzione; il collettore. F.e.m. indotta. Equazioni di funzionamento. Reazione di indotto: poli ausiliari e avvolgimenti compensatori. Dinamo e motori con eccitazione indipendente, avviamento e regolazione della velocità: dinamo ad ecc. derivata. Motori ad ecc. serie. Macchine ad ecc. mista. Perdite e rendimenti. Motori a c.a. a collettore.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono del tipo numerico-grafico (in aula) e sperimentale (in laboratorio).

Le esercitazioni in aula vertono sui seguenti argomenti:

- a) circuiti elettrici mutuamente accoppiati: soluzione di circuiti con auto e mutua induttanza e di f.e.m. indotta. Comportamento termico delle m.e.
- b) trasformatori: calcolo del rendimento convenzionale, delle variazioni di tensione e delle caratteristiche di funzionamento.
Funzionamento in parallelo.
- c) macchine sincrone: calcolo del rendimento convenzionale, delle variazioni di tensione e delle caratteristiche di funzionamento.
Diagrammi vettoriali e polari.
- d) macchine asincrone: calcolo del rendimento convenzionale e delle caratteristiche di funzionamento.
Diagramma circolare. Funzionamento monofase.
- e) macchine a corrente continua: calcolo del rendimento convenzionale e delle caratteristiche di funzionamento per macchine con eccitazione indipendente, derivata e serie.

Le esercitazioni sperimentali comprendono:

- a) funzionamento transitorio termico di un trasformatore;
- b) collaudo di trasformatore;
- c) collaudo della macchina sincrone; operazione di parallelo;
- d) collaudo della macchina asincrona;
- e) collaudo della macchina a corrente continua e caratteristiche di velocità.

Modalità d'esame

L'esame è articolato in due parti nel seguente ordine:

1) una prova alla lavagna, in cui l'allievo dovrà dimostrare di essere in grado di risolvere problemi applicativi del tipo di quelli oggetto del corso di esercitazioni;
 2) un esame vertente sulla materia oggetto del corso di lezioni.
 Coloro che, frequentando le esercitazioni avranno riportato un giudizio di idoneità, sono esonerati dalla prova alla lavagna.

Libri consigliati

S. Crepez: Macchine elettriche ed. CLUP 1976.

MACCHINE ELETTRICHE (e azionamenti elettrici)
Prof. Mario UBALDINI

AH0118

Programma d'esame

1. NOZIONI INTRODUTTIVE:

- richiami sui sistemi elettrici monofase e trifase in regime alternato sinusoidale;
- leggi fondamentali dei circuiti magneticamente accoppiati;
- principali nozioni sui materiali: conduttori, magnetici e isolanti.

2. MACCHINE ELETTRICHE:

2.1. Trasformatori.

- usi e cenni costruttivi;
- trasformatore reale a due avvolgimenti e circuiti equivalenti;
- funzionamento a vuoto, in corto circuito e a carico;
- autotrasformatore, trasformatore a tre avvolgimenti e trasformatore trifase;
- funzionamento in parallelo di due trasformatori.

2.2. Conversione elettromeccanica dell'energia.

2.2.1. Generalità.

- Trasduttore elementare; leggi generali di conversione elettromeccanica;
- il campo magnetico rotante e gli avvolgimenti trifase.

2.2.2. Macchine asincrone (o a induzione).

- usi e cenni costruttivi;
- equazioni della macchina asincrona trifase in regime dinamico;
- matrice di trasformazione delle variabili ed equazioni della macchina a collettore equivalente;
- modello dinamico del V ordine;
- funzionamento in regime stazionario;
- diagramma circolare e caratteristica meccanica;
- motore asincrono monofase.

2.2.3. Macchine sincrone.

- usi e cenni costruttivi;
- equazioni della macchina sincrona trifase in regime dinamico;
- matrice di trasformazione delle variabili ed equazioni della macchina a collettore equivalente;
- modello dinamico del VII ordine;
- funzionamento in regime stazionario;
- funzionamento a vuoto e in corto circuito;
- diagrammi vettoriali, funzionamento in parallelo sulla rete e curve a "V";
- caratteristiche meccaniche e stabilità statica.

2.2.4. Macchine a corrente continua.

- usi e cenni costruttivi;
- funzionamento a vuoto; funzionamento a carico come generatore e come motore; reazione di indotto; coppia elettromeccanica;
- equazioni fondamentali in regime stazionario e in regime dinamico.

3. AZIONAMENTI ELETTRICI:

3.1. Generalità.

- componenti, applicazione e normative;

3.2. Semiconduttori e convertitori per gli azionamenti:

- semiconduttori di potenza: diodi, tiristori, GTO, transistori;

- circuiti di commutazione;
- convertitori c.a./c.c. inverter, convertitori c.c./c.c. .
- 3.3. Attuatori:**
- modellistica e campo di operatività: motori a c.c. e a c.a. con induttore avvolto e a magneti permanenti;
- motori passo passo e a riluttanza.
- 3.4. Architetture di controllo:**
- per azionamenti con motirizzazioni in c.c. e c.a.
- 3.5. Applicazioni.**
- azionamenti per macchine operatrici.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nelle applicazioni sotto forma numerica e pratica della teoria svolta.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

- M. Ubaldini: Macchine Elettriche, Euscolapio, Bologna (presso CLUP Politecnico).
 M. G. Say: Introduction to the Unified Theory of Electromagnetic Machines, Ed. Pitman, 1971.
 R.H. Engelmann: Static and Rotating Electromagnetic Devices, Ed. Marcel Dekker inc, New York, 1982.
 N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins: Power electronics: converters, application and design, J. Wiley & Sons, 1989.

MACCHINE ELETTRICHE II**AH0114****Prof. Gaetano SOCI***Programma d'esame***1) Macchine statiche.**

Trasformatori. Trasformatori e autotrasformatori a rapporto variabile: trasformatori con variazione del N° di fasi; trasformatori serie; regolatori in fase-quadratura; trasformatori per circuiti elettronici: strutture e particolari costruttivi; studio del funzionamento. Reti equivalenti di trasformatori a più avvolgimenti.

Regolatori di tensione ad induzione. Macchine trifasi e monofasi; variatore di fase: strutture, funzionamento, diagrammi vettoriali.

2) Motori monofase.

Motori monofase ad induzione. Tipologie e relative caratteristiche di funzionamento; campo rotante di macchine bifasi dissimetriche; circuiti equivalenti.

Motori monofase a collettore. Struttura, caratteristiche di funzionamento; motori a repulsione.

3) I magneti permanenti (M.P.).

Elementi di fisica, grandezze caratteristiche, classificazione dei materiali e delle forme per M.P., lo studio del funzionamento in termini locali e circuitali: linea di carico, punto di lavoro, prodotto d'energia, smagnetizzazione reversibile e irreversibile con carico passivo, attivo, per variazioni di temperatura; apparecchi magnetizzatori.

4) Trasduttori di velocità e di posizione.

Tachimetri sincroni, asincroni, a c.c.; encoder; resolver: a induzione, brushless ad effetto Hall; sensori di posizione ottici e magnetici; dispositivi di telecontrollo e telecomando: i sincro.

5) Motori e servomotori a C.C., a collettore, con M.P..

Tipologie; motori con traferro cilindrico e piano: strutture di induttore e di indotto; influenza delle caratteristiche strutturali sui parametri della risposta dinamica: costanti di tempo elettrica e meccanica, potenza transitoria; caratteristiche di funzionamento; circuiti equivalenti; servoamplificatori di alimentazione.

- 6) **Motori e servomotori Brushless con M.P..**
Motore "D.C. brushless": strutture, principio di funzionamento, confronto con il motore a collettore; studio della macchina con magnete esteso per 180° e per 120° ; calcolo di coppie, f.e.m., forme d'onda delle grandezze elettriche di fase e di linea; caratteristiche di funzionamento.
- 7) **Macchine sincrone a M.P. e a riluttanza variabile.**
Alternatori. Tipologie costruttive; circuiti equivalenti.
Motori sincroni ibridi a M.P. interno. Strutture di rotore; funzionamento a vuoto e a carico: f.e.m., reattanze; coppie di allineamento e anisotropia; circuito equivalente; diagrammi circolari; regolazioni di coppia e velocità.
Motori sincroni a riluttanza. Strutture e tipologie; motori con avviamento da linea; motori a riluttanza monofasi.
Motori ad isteresi.
- 8) **Motori passo-passo.**
Tipologie: motori a riluttanza variabile, a M.P., ibridi; principio di funzionamento; numero di passi/giro e sua dipendenza dal numero di fasi, di espansioni, di denti; coppia di mantenimento e di tenuta; comportamento dinamico al singolo passo; funzionamento in rotazione continua; dispositivi di pilotaggio e di smorzamento; caratteristica meccanica; circuito equivalente magnetico; calcolo delle prestazioni.
- 9) **Motori a riluttanza a doppio saliente (S.R.M.).**
Struttura; principio e caratteristiche di funzionamento; peculiarità dimensionali dei poli; coppia al traferro; effetti della saturazione; dispositivi di alimentazione; forme d'onda; caratteristica meccanica.
- 10) **Macchine lineari.**
Tipologie e strutture: motori asincroni; motori e generatori sincroni; macchine a statore corto e lungo; motori tubolari; macchine per sistemi di trasporto terrestre: motori per la propulsione, con eccitazione convenzionale o superconduttiva; dispositivi per la levitazione, di tipo attrattivo (elettromagnetico) e repulsivo (elettrodinamico); studio del funzionamento: modellistica, prestazioni.
- 11) **Macchine per usi particolari.**
Macchine omopolari in c.c. e c.a.; motore coppia; motore asincrono a rotore massiccio, a rotore esterno, per alta frequenza; micromotori e piccoli attuatori; pompe, freni e frizioni elettromagnetici.

Esercitazioni

Le esercitazioni, di tipo numerico-grafico, riguardano principalmente:

- caratteristiche di funzionamento di un autotrasformatore;
- studio di un regolatore di tensione ad induzione trifase;
- prestazioni di un motore ad induzione;
- caratteristiche di un motore monofase a collettore;
- studio di dispositivi magnetici con magneti permanenti;
- studio di un motore a c.c. a M.P. con traferro piano;
- studio del funzionamento di un motore brushless a M.P.;
- prestazioni di un motore sincrono a M.P. e a riluttanza;
- studio del funzionamento di un motore a doppio saliente

Modalità d'esame

Sono ammessi all'esame, esclusivamente orale, gli allievi che abbiano frequentato le esercitazioni con sufficiente assiduità e che abbiano consegnato tutti gli elaborati relativi, ottenendo il visto di approvazione secondo le scadenze stabilite. L'allievo deve presentare all'esame tutti gli elaborati di esercitazione, che possono anche costituire materia di interrogazione.

Libri consigliati

Fitzgerald, Kingsley, Kusko: Macchine Elettriche - Franco Angeli Editore, Milano
G. R. Slemon, A. Straughen: Electric Machines - Addison- Wesley Publishing Company - London - Amsterdam
Franklin, Franklin: The J & P Transformer Book, Butterworth & Co., Publishers Ltd., 11th edition, London, 1983.

Kenjo, Nagamori: Permanent-Magnet and Brushless D.C. Motors, Clarendon Press, Oxford, 1985.
 Miller: Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives, Clarendon Press, Oxford, 1989.
 Jufier: Transducteurs électromécaniques, ed. Georgi, St-Saphorin (CH), 1979.
 Nasar, Boldea: Linear motion electric machines, Wiley & Sons, New York, 1976.

Durante il Corso saranno disponibili appunti relativi agli argomenti svolti durante le lezioni.

MACCHINE II Prof. Evandro SACCHI

AK0021

Programma d'esame

1. LE DISPONIBILITÀ DI CALORE.

Il calore recuperabile dalle centrali termoelettriche, il calore di scarto da parte delle industrie, il calore da rifiuti solidi urbani ed industriali, il calore da acquiferi geotermici, utilizzazione dell'energia solare (in via diretta ed indirettamente: dall'acqua, dall'aria e dal terreno). Le centrali di produzione di calore alimentate da combustibili fossili.

2.1 SISTEMI A POMPA DI CALORE.

Premesse termodinamiche sugli indicatori di efficienza delle trasformazioni di energia: rendimenti di secondo principio. Trasferimento di calore da una sorgente ad un pozzo termico: caso reversibile e casi irreversibili. Bilanci energetici con i corrispondenti indicatori di efficienza (di primo, di secondo principio, exergetici).

Sistemi di trasferimento di calore mediante le pompe di calore. Tipologie impiantistiche dei sistemi a pompa di calore.

3. I SISTEMI AD ENERGIA TOTALE.

La cogenerazione di elettricità e di calore applicata a bacini urbani ed alle industrie.

3.1. I sistemi ad energia totale basati sulla turbina a vapore. Turbina a vapore a recupero totale ed a recupero parziale: i parametri di scelta e di funzionamento a carico parziale. Le diverse tipologie impiantistiche: cogenerazione di elettricità e di energia termica (solo caldo, caldo e freddo). Le modifiche strutturali ai gruppi termoelettrici per il recupero del calore di condensazione. Il diagramma dei consumi di vapore. Le caldaie policombustibile (combustione a letto fluido, coal-water, ecc.).

3.2. I sistemi ad energia totale basati sui motori alternativi. Le diverse tipologie impiantistiche (con sovralimentazione, con post-combustione).

3.3. I sistemi ad energia totale basati sulla turbina a gas. Turbina a gas con post-combustione. Associazione della turbina a gas con pompe di calore e con cicli frigoriferi (macchine ad assorbimento e compressori centrifughi).

3.4. I sistemi ad energia totale a cicli misti: il motore diesel e la turbina a gas in topping cycle rispetto alla turbina a vapore in bottoming cycle. Tipologie impiantistiche connesse. Cicli combinati per sola produzione di energia elettrica. Potenziamento di centrali industriali mediante turbine a gas.

4. GLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO URBANO.

Tipologia delle reti di distribuzione del calore e loro dimensionamento. Il sistema della centrale di produzione e della rete di distribuzione del calore: problemi di ottimizzazione in dinamica temporale ed urbanistica.

L'affidabilità dei sistemi a tecnologia complessa.

5. IL RECUPERO ENERGETICO DA RIFIUTI SOLIDI URBANI.

Status del problema dei rifiuti solidi urbani ed assimilabili e dinamiche evolutive.

Il recupero energetico su impianti di incenerimento pre-esistenti e su impianti di nuova progettazione. I bilanci di massa e di energia. L'impatto ambientale.

6. LE MACCHINE AD ASSORBIMENTO.

Principi costitutivi. Assorbimento con cicli monostadio e pluristadio: ciclo a doppio generatore. a doppio evaporatore, ad effetto variabile, a doppio effetto, ciclo rigenerativo e bistadio recuperativo.

Pompe di calore ad assorbimento.

Equivalenza energetica tra macchine ad assorbimento e sistemi termodinamici a total energy.

Schemi impiantistici impostati sulle macchine ad assorbimento; impianti a tecnologia comples-

sa con macchine termodinamiche e ad assorbimento.

7. LE CELLE A COMBUSTIBILE.

Principi costitutivi. Bilanci di massa e di energia. Le tipologie: celle ad elettrolita alcalino, ad elettrolita acido, a sali fusi, ad elettrolita solido.

Celle a combustibile in assetto cogenerativo.

Modalità d'esame

L'esame consiste in colloqui durante l'insegnamento e in una prova orale finale.

Libri consigliati

E. Macchi, P. M. Pellò, E. Sacchi: Cogenerazione e teleriscaldamento. Edizione CLUP Milano.

R. Lazzarin: L'energia solare e la produzione del freddo - Edizione PEG EDITRICE. Milano.

C. Casci, L. Cassitto: Energia dai rifiuti urbani ed industriali - Edizione CLUP, Milano.

1987 Asme Cogen-Turbo: International Symposium on Turbomachinery, Combined-cycle Technologies and Cogeneration - Edited by G. K. Serovy.

S.W. Angrist: Direct Energy Conversion, Edited by Allyn and Baron, Inc., Boston.

E. Sacchi: alcune dispense sulle lezioni impartite.

MAGNETOFLUIDODINAMICA APPLICATA

AV0113

(per gli allievi di Ingegneria Nucleare)

Prof. Carlo CERCIGNANI

Programma d'esame

Il corso verte sulla dinamica dei fluidi conduttori d'elettricità, avendo in mente le applicazioni ai plasmi e in particolare alla fusione controllata. Il programma d'esame è centrato sui seguenti argomenti:

Meccanica dei mezzi continui (con particolare riguardo per i fluidi): Sforzi, equazioni di bilancio della quantità di moto, della massa e dell'energia. Fluidi ideali e viscosi.

Equazione dell'elettromagnetismo: Equazioni di Maxwell e premaxwelliane. Energia magnetica e sforzi del campo magnetico.

Equazioni della magnetofluidodinamica: Loro forme differenziali e integrali. Fluidi conduttori (ideali e non).

Soluzioni statiche e stazionarie: Equilibri e moti stazionari di fluidi conduttori ideali e non. Colonne di plasma, pinch-effect, tokamak.

Stabilità dell'equilibrio e del movimento di un fluido conduttore: I due metodi di Liapunov. Linearizzazione e stabilità. Il metodo dell'energia.

Propagazione d'onde: Fronti d'onda come superfici caratteristiche. Velocità di propagazione.

Onde d'urto: Relazioni di discontinuità per fluidi conduttori ideali.

Modello a due fluidi: Confronto con modelli microscopici e modelli a un fluido.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento di esempi, complementi e soluzione di problemi attinenti agli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame comporta una prova orale.

Libri consigliati

N.G. Van Kampen: Theoretical Methods in Plasma Physics, North Holland, Amsterdam

A. Jeffrey: Magnetofluidodinamica, Cremonese, Roma

V.C.A. Ferraro and C. Plumpton: An Introduction to Magneto-Fluid Mechanics, Clarendon Press, Oxford

T.G. Cowling: Magnetohydrodynamics, Interscience, New York

H. Cabannes: Theoretical Magnetofluidynamics, Academic Press, New York

MARKETING INDUSTRIALE
Prof. Franco GIACOMAZZI**AQ0011***Programma d'esame***1. Impresa e Ambiente.**

Il modello di interazione impresa-ambiente.
Concetto di capacità di risposta.
Evoluzione organizzativa in risposta alle esigenze dell'ambiente esterno.
Sistema sociotecnico.
Coerenza interna ed esterna come fattori di successo.
Le imprese come culture.

2. Il ruolo del Marketing.

Cause dell'odierno orientamento al Marketing.
Evoluzione del ruolo del Marketing nell'impresa e sua posizione nella struttura aziendale.
Diverse filosofie cui l'azione di Marketing si ispira

3. Mercato e sistema competitivo.

Bisogni, Scambio, Mercati, Marketing.
Mappe di scambio.
Gli attori e le forze in gioco (sistema essenziale di marketing, sistema competitivo, pubblici, il macro-ambiente).
Il modello di Porter.
Caratteristiche dei mercati dei beni industriali.
Classificazione dei mercati e loro caratterizzazione (6 O).
Leve del marketing mix (4 P).

4. Strategia di impresa e strategia di Marketing.

Individuazione, gerarchizzazione e funzionalizzazione delle missioni e delle strategie.

5. Dinamica e struttura dei costi per le decisioni di Marketing.

Struttura dei costi.
Effetto esperienza.
Effetto scala.

6. Il processo d'acquisto nei mercati dei beni industriali.

Fasi del processo d'acquisto.
Il Centro d'acquisto.
Tipologie di acquisto industriale.
Classificazione dei fornitori.
Capitolato d'acquisto.

7. Individuazione delle opportunità di mercato.

Segmentazione. Differenziazione. Standardizzazione.
Strategie di sviluppo.
Analisi del portafoglio prodotti.
Analisi della concorrenza.
Analisi rischi/opportunità.

8. Prodotto e ciclo di vita.

Prodotto e servizio: definizione e componenti.
Sviluppo di nuovi prodotti.
Ciclo di vita.

9. Il sistema informativo di Marketing.

Struttura del S.I. di Marketing (il Sistema di Reporting, il Sistema di Marketing Intelligence, il Sistema delle Analisi di Marketing, il Sistema delle Ricerche di Mercato).
Misura dei mercati e previsione della domanda.

10. Strategie di prezzo.**11. Pianificazione e controllo di Marketing.****12. Canali distributivi.***Modalità d'esame*

Orale

Libri consigliati

Testo adottato: Kotler: Marketing Management, VI edizione, ISEDI

Testi di supporto, suggeriti:

Lambin: Marketing, McGraw-Hill

Fiocca: Il marketing dei beni industriali, Giuffrè

Brondoni: Politiche di mercato dei beni industriali, Giuffrè

Lagioni: Marketing dei beni industriali, Vita e Pensiero

Webster: Industrial Marketing Strategy - Wiley

Corey: Industrial Marketing, Prentice Hall.

Casi aziendali discussi in aula.

MATERIALI METALLICI**AE0008****Prof.ssa Giuliana LECIS COCCIA***Programma d'esame*

- 1) Struttura dei materiali metallici e proprietà ad essa correlate con particolare riferimento a quelle termodinamiche e meccaniche, influenza dei difetti cristallini.
- 2) Uso dei diagrammi di fase per l'interpretazione del comportamento di un materiale metallico ed applicazione a qualche caso pratico.
- 3) Processi che avvengono nei materiali solidi: diffusione per vacanze e moto delle dislocazioni.
- 4) Deformazione dei materiali: comportamento elastico e plastico. Applicazioni della deformazione plastica.
- 5) Trasformazioni di fase nei materiali con applicazioni; es.: materiali per alta temperatura.
- 6) Deterioramento dei materiali: corrosione di metalli e leghe, ossidazione di metalli e leghe; scelta di materiali resistenti alla corrosione.
- 7) Trattamenti superficiali a scopo protettivo: apporto di materiali da fase gassosa, acquosa, non acquosa, diffusione, reazione chimica, anodizzazione, ecc.
- 8) Progettazione di un manufatto: lavorazione alle macchie utensili; saldatura; principali metodi di prove e controllo, considerazioni economiche, reperibilità di mercato, normativa UNI ecc..
- 9) Esempi di scelta dei vari materiali in alcuni tipici impianti industriali

Esercitazioni

Faranno parte integrante del corso lezioni monografiche di carattere più applicativo sulla progettazione di manufatti seguite da visite a impianti di interesse ingegneristico.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una discussione sui criteri di scelta dei materiali metallici di uso ingegneristico.

Libri consigliati

Appunti di lezione.

Cottrel A.H.: An introduction to metallurgy (Edwards Arnold Ltd., London 1967).

Benard J., Michel A., Philibert., Talbot J.: Metallurgie général (Masson & CIE 1969).

Nicodemi W.: Metallurgia (Masson, Milano 1991).

Rose M.R., Schepard L.A., Wulff J.: The structure and properties of materials (Wiley Ed.).

A. Cigada (a cura di): Struttura e proprietà dei materiali metallici, CittàStudi, 1993.

MATERIALI POLIMERICI**AF0040****Prof.ssa Marta RINK***Programma d'esame***1. Caratterizzazione dei materiali polimerici.**

- Tipologia delle proprietà nei materiali polimerici: proprietà fondamentali e proprietà tecnologiche.
- Proprietà fondamentali di maggiore interesse applicativo: proprietà reologiche, proprietà mecca-

- niche, proprietà termiche, proprietà elettriche, proprietà ottiche.
- Proprietà tecnologiche: resistenza alle sollecitazioni meccaniche; caratteristiche d'attrito, durezza, resistenza alla scalfittura e alla abrasione; resistenza alle sollecitazioni termiche e alla fiamma; resistenza ai solventi, agli agenti chimici e agli agenti atmosferici.
- Problematiche della misura delle proprietà nei materiali polimerici: dipendenza dallo stato del materiale, dall'ambiente e dalle condizioni di prova.
- Metodi di prova standard (significato e limiti). Normative.
- Il controllo di qualità sul materiale e sul manufatto (prove distruttive e non distruttive).
- 2. Principali famiglie di polimeri di interesse industriale.**
- Classificazioni.
- Produzione, caratteristiche, settori applicativi più tipici.
- 3. Modificazione delle proprietà nei materiali polimerici.**
- Additivi.
- Leghe polimeriche omogenee ed eterogenee.
- Materiali polimerici compositi: cariche e agenti rinforzanti. Ruolo della matrice. Compositi particellari. Compositi a base di fibre.
- Espansi polimerici.
- 4. Problematiche dell'applicazione dei materiali polimerici.**
- Classificazione di profili di proprietà: polimeri di uso generale, tecnopolimeri, polimeri per usi speciali. Metodi di graduazione delle proprietà.
- Criteri di selezione del materiale. Metodi sistematici per la valutazione e comparazione dei profili di proprietà.
- Aspetti economici. Elementi di analisi del valore.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni saranno sviluppati sul piano applicativo alcuni argomenti trattati nel corso delle lezioni.

Libri consigliati

- J.A. Brydson: Plastic Materials, Butterworth, London, 1988.
 U. Ulrich: Introduction to Industrial Polymers, Hanser Publ., Munich, 1982.
 M. Chanda, S.K. Roy: Plastics Technology Handbook, Marcel Dekker, Inc., II ed., 1993
 N.G. McCrum, C.P. Buckley, C.B. Bucknall: Principles of Polymer Engineering, Oxford University Press, Oxford, 1988.
 D. Hull: An Introduction to Composite Materials, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE**000002**

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica)

Prof. Marzio FALCO*Programma d'esame*

Elementi costitutivi delle macchine. Schematizzazione ed elementi rigidi in generale. Catene cinematiche chiuse ed aperte: meccanismi articolati e manipolatori. Trasmissione del moto attraverso profili coniugati: ruote dentate ad assi paralleli, concorrenti, sghembi. Ruotismi ordinari ed epicicloidal.

Cinematica dei sistemi a più corpi rigidi. Analisi con metodi geometrico/vettoriali, metodi analitici con i numeri complessi. metodi analitico/numerici con le matrici di trasformazione. Applicazioni alla sintesi funzionale di meccanismi articolati.

Schematizzazione delle forze di contatto. Contatto fra solidi: strisciamento, attrito radente, logoramento; rotolamento, microsliittamenti. Applicazioni ad elementi delle macchine (perni, pattini, ruote dentate, freni, ruote di veicoli, cinghie). Elementi di teoria della lubrificazione; perni e pattini lubrificati.

La dinamica della macchina. Scrittura delle equazioni: metodo di Lagrange, metodo degli equilibri dinamici. La macchina ad elementi rigidi ad un grado di libertà: moti di regime, transitori di avviamento e arresto. Stabilità del moto di regime. Azioni dinamiche trasmesse ai vincoli.

Equilibramento di rotori e di macchine alternative. Schematizzazioni tecniche: curve caratteristiche. **Effetti della deformabilità dinamica.** Fondamenti di teoria delle vibrazioni meccaniche. Schematizzazione e scrittura delle equazioni. Sistemi ad uno e n g.d.l.: moti liberi, moti forzati armonici; risonanze, instabilità, vibrazioni autoeccitate. Analisi modale, coordinate principali. Isolamento delle vibrazioni. Dinamica dei rotori deformabili: velocità critiche flessionali e torsionali, equilibramento, instabilità.

Esercitazioni

L'allievo è tenuto a presentare le esercitazioni svolte durante l'anno alla Commissione esaminatrice. Le esercitazioni stesse ed i fondamenti teorici ad esse relativi, saranno oggetto di domande d'esame, in accordo con il programma sopra indicato.

Libri consigliati

O. Sesini: Meccanica Applicata alle Macchine, C.E.A., Milano
Dispense integrative.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

000002

(per allievi Civili indir. Strutture e Trasporti)

Prof. Andrea CURAMI

Programma d'esame

1) FONDAMENTI DI MECCANICA TEORICA ED APPLICATA.

- Richiami di cinematica e dinamica del punto materiale: notazione vettoriale e complessa; traiettoria e legge oraria; legge fondamentale della Dinamica; principio di d'Alembert; integrazione dell'equazione del moto.
- Richiami di statica del corpo rigido: tipi e gradi di vincolo, scrittura equazioni di equilibrio statico, principio dei lavori virtuali, determinazione delle reazioni vincolari.
- Richiami di cinematica del corpo rigido in atto di moto piano, centro delle velocità, teoremi di Rivals e Coriolis.
- Richiami di dinamica del corpo rigido nel piano: principio di d'Alembert, scrittura delle equazioni di equilibrio dinamico; lavori e potenze virtuali; energia cinetica e potenziale, principio di conservazione dell'energia, bilancio di potenze, equazioni di Lagrange; integrazione delle equazioni del moto.
- Cenni sulla cinematica e dinamica del corpo rigido nello spazio.

2) DESCRIZIONE DI UNA MACCHINA O DI UN SISTEMA MECCANICO.

- Struttura costitutiva e descrizione di una macchina; schema funzionale.
- Modello fisico di una macchina: motore, trasmissione, utilizzatore, organi ausiliari: concetti generali di carattere descrittivo.
- Modellazione matematica di una macchina o di un sistema meccanico: azioni che intervengono durante il funzionamento, interazioni tra corpi rigidi o deformabili mutuamente accoppiati, interazioni con fluidi: concetti generali di carattere descrittivo, aderenza, attrito di strisciamento, attrito di rotolamento, microscorrimenti. Azioni aerodinamiche agenti su un veicolo ed azioni del vento su una struttura. Azioni di una corrente fluida. Lubrificazione. Cenni descrittivi sugli organi della trasmissione del moto.

3) SISTEMI AD UN GRADO DI LIBERTA'.

3.1 Sistemi a corpi rigidi.

Dinamica di una macchina ad 1 g.d.l.

- Motore: tipologie e curve caratteristiche; trasmissione, rendimento e potenza perduta.
- Scrittura delle equazioni generali del moto; integrali particolari moto a regime; irregolarità del moto.
- Linearizzazione delle equazioni del moto: stabilità del regime e piccoli moti nell'intorno delle condizioni di regime.
- Cinematica e dinamica di meccanismi a catena chiusa.
- Analisi di posizione per meccanismi in catena chiusa; notazione vettoriale e complessa; analisi di velocità; analisi di accelerazione.

- Equilibri dinamici, P.L.V. e bilancio energetico.

3.2 Sistemi a corpi deformabili.

- Vibrazioni meccaniche.
- Sistemi perturbati nell'intorno della posizione di equilibrio statico: vibrazioni libere e forzate, risonanza, smorzamento.
- Funzioni di trasferimento.
- Azioni d'inerzia nelle macchine alternative.
- Fondazioni rigide e sospese.

4) SISTEMI A 2-n GRADI DI LIBERTA'.

- Cenni sulla dinamica di meccanismi a catena aperta.
- Cenni sulle vibrazioni dei sistemi continui e discreti.
- Vibrazioni fluidoelastiche.
- Velocità critiche flessionali e torsionali.
- Equilibramento.
- Interazione con la struttura di fondazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento e nella risoluzione di semplici problemi inerenti gli argomenti del Corso. Il contenuto e i fondamenti teorici ad esse relativi saranno oggetto di domande di esame, in accordo con il programma sopra indicato.

Libri consigliati

Appunti di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. Spiegel.
O. Sesini - Meccanica Applicata alle Macchine, C.E.A., Milano

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (1 semestre)

000002

(per allievi in Ingegneria Elettrica e Nucleare)

Prof. Francesco SCARAMELLI

Programma d'esame

1) FONDAMENTI DI MECCANICA TEORICA ED APPLICATA.

- Cinematica e dinamica del punto materiale: notazione vettoriale e complessa; traiettoria e legge oraria; legge fondamentale della Dinamica; principio di d'Alembert; integrazione dell'equazione del moto.
- Statica del corpo rigido: tipi e gradi di vincolo, scrittura equazioni di equilibrio statico, principio dei lavori virtuali, determinazione delle reazioni vincolari.
- Cinematica del corpo rigido in atto di moto piano, centro delle velocità, teoremi di Rivals e Coriolis.
- Dinamica del corpo rigido nel piano: principio di d'Alembert, scrittura delle equazioni di equilibrio dinamico; lavori e potenze virtuali; energia cinetica e potenziale, principio di conservazione dell'energia, bilancio di potenze, equazioni di Lagrange; integrazione delle equazioni del moto.

2) DESCRIZIONE DI UNA MACCHINA.

- Struttura costitutiva e descrizione di una macchina; schema funzionale.
- Modello fisico di una macchina: motore, trasmissione, utilizzatore, organi ausiliari: concetti generali di carattere descrittivo.
- Modellazione matematica di una macchina: azioni che intervengono durante il funzionamento, interazioni tra corpi rigidi o deformabili mutuamente accoppiati, interazioni con fluidi: concetti generali di carattere descrittivo.

3) SISTEMI AD UN GRADO DI LIBERTA'.

Dinamica di una macchina ad 1 g.d.l.

- Motore: tipologie e curve caratteristiche; trasmissione, rendimento e potenza perduta.
- Scrittura delle equazioni generali del moto; integrali particolari moto a regime; irregolarità del moto.
- Linearizzazione delle equazioni del moto: stabilità del regime e piccoli moti nell'intorno delle condizioni di regime (vibrazioni ad 1 g.d.l.).
- Funzioni di trasferimento.

- Cinematica e dinamica di meccanismi ad 1 g.d.l.
- Analisi di posizione per meccanismi in catena chiusa; rotazione vettoriale e complessa; analisi di velocità; analisi di accelerazione.
- Rotismi.
- Equilibri dinamici, P.L.V. e bilancio energetico.
- Vibrazioni meccaniche
- Sistemi perturbati nell'intorno della posizione di equilibrio statico: vibrazioni libere e forzate, risonanza, smorzamento; sistemi ad 1 g.d.l. - n g.d.l.
- Azioni d'inerzia nelle macchine alternative.
- Fondazioni rigide e sospese.

4) DINAMICA DEI ROTORI.

- Velocità critiche flessionali e torsionali.
- Equilibramento.
- Interazione con la struttura di fondazione.

5) COMPORTAMENTO DINAMICO DI LINEE DI TRASMISSIONE DI ENERGIA ELETTRICA.

- Descrizione elementi strutturali componenti.
- Problema statico.
- Azioni indotte dal vento.
- Vibrazioni eoliche.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in esercizi svolti in aula: il contenuto e i fondamenti teorici ad esse relativi saranno oggetto di domanda di esame, in accordo con il programma sopra indicato.

Libri consigliati

O. Sesini - Meccanica Applicata alle Macchine, C.E.A., Milano

Dispense integrative del corso

Dispense sulle misure di vibrazioni e sull'equilibramento dei rotori.

Altra bibliografia reperibile in Biblioteca Centrale:

G. Scotto Lavina Applicazione di Meccanica delle Macchine, vol. I, Tamburini, Milano

G. Scotto Lavina Eccentrici a punteria, Bignami, Milano

S. Timoshenko, D.H. Young Meccanica Applicata, Boringhieri o Einaudi, Torino

J.P. Den Hartog Mechanical Vibration, McGraw-Hill, Londra

E. Massa Costruzione di Macchine, vol. II, Tamburini, Milano

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

000002

(per allievi del corso di laurea in ingegneria Gestionale)

Prof. Nicolò BACHSCHMID, Giovanni MIMMI

Programma d'esame

Descrizione di una macchina e di un sistema meccanico.

Struttura costitutiva, schema funzionale. Modello fisico e modello matematico. Studio del movimento in relazione alle forze agenti.

Cinematica.

Richiami del moto del punto e del corpo rigido. Teoremi di Coriolis e di Rivals. Centro di istantanea rotazione e polari del moto. Catene cinematiche chiuse: coppie cinematiche, meccanismi articolati, analisi cinematica con l'uso dei numeri complessi: manovellismo ordinario, quadrilatero articolato, meccanismi a glifo mobile, croce di Malta. Catene cinematiche aperte: meccanismi spaziali e manipolatori: analisi cinematica con l'uso di metodi matriciali (matrici di trasformazione).

Dinamica dei meccanismi e delle macchine.

Forze agenti nelle macchine. Forze di contatto. Attrito ed aderenza. Attrito volvente. Urto. Usura. Azioni scambiate tra solidi e fluidi. Studio dell'equilibrio dinamico e bilanci di potenze. Potenze dissipate e rendimento. Diversi tipi di moto. Diagrammi caratteristici di motori ed utilizzatori. Trasmissioni, moto diretto e moto retrogrado. Regime periodico, irregolarità e calcolo del volano.

Equilibramento dei rotori e delle macchine alternative. Stabilità di sistemi ad un grado di libertà: definizione di stabilità dell'equilibrio e del moto a regime. Metodo delle piccole perturbazioni. Casi particolari di interesse tecnico. Lubrificazione: generalità sul moto dei fluidi, equazione di Reynolds, vari tipi di lubrificazione. Moto del lubrificante e forze agenti nel meato. Applicazioni e relative verifiche.

Vibrazioni.

Vibrazioni libere e forzate di sistemi ad uno, due, n gradi di libertà. Isolamento delle vibrazioni. Velocità critiche torsionali e flessionali degli alberi.

Organi di macchine.

Eccentrici. Profilo dell'eccentrico con e senza rullo. Legge del moto. Scelta della molla. Ingranaggi. Ruote di frizione. Evolvente di cerchio. Generazione e taglio dei profili. Interferenza e sottotaglio, numero minimo di denti, ribassamento e correzione. Rendimento. Ingranaggi a denti dritti, elicoidali, conici, vite perpetua-ruota elicoidale. Ruotismi ordinari ed epicicloidali. Cuscinetti: accoppiamento perno cuscinetto a strisciamento asciutto e lubrificato, portante e spingente. Cuscinetti a rotolamento. Giunti ed innesti: generalità. Ipotesi di Reye. Innesco a frizione. Giunto di Cardano e di Oldham. Freni: ad attrito, a ceppi ed a nastro. Trasmissioni a cinghia piana e trapezoidale.

Modalità d'esame

L'allievo è tenuto a presentare tutte le esercitazioni svolte durante l'anno alla Commissione esaminatrice. Tali esercitazioni ed i loro fondamenti teorici saranno oggetto di domande d'esame, in accordo con il programma sopra indicato. L'esame potrà essere preceduto da una prova scritta.

Libri consigliati

Appunti di: Meccanica applicata alle macchine, ed. Spiegel.

O. Sesini: Meccanica Applicata alle Macchine, C.E.A., Milano.

Dispense integrative del corso.

Altri libri utili per la consultazione

E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti: Lezioni di Meccanica Applicata alle macchine, Vol I e II, Ed. Pàtron.

W. Thomson: Vibrazioni Meccaniche Teoria ed Applicazioni, Ed. Tamburini

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

00002

(per allievi in Ingegneria Meccanica)

Proff. Emilio MASSA, Bruno PIZZIGONI

Programma d'esame

Generalità sulle macchine.

Componenti fondamentali della macchina: motore, trasmissione, utilizzatore, organi ausiliari.

Curve caratteristiche, adattamento fra motore e utilizzatore. Regime transitorio.

Azioni scambiate tra membri solidi, e tra solidi e fluidi, nel funzionamento di una macchina.

Forze agenti nelle macchine.

a) **Forze agenti tra membri solidi.** Forze d'attrito: aderenza e strisciamento; usura, ipotesi del logoramento; innesti a frizione e freni.

Rotolamento e microscorrimento: forze di contatto e attrito volvente; cuscinetti a rotolamento, ruota e rotaia, pneumatici, organi flessibili.

Urto.

b) **Forze agenti tra fluidi e solidi.** Azioni fluidodinamiche, strato limite. Coefficienti di resistenza, portanza, coppia. Distacco di vena, formazione di vortici. Effetti del moto ondoso e della comprimibilità.

c) **Forze agenti con l'interposizione di lubrificante.** Diversi tipi di lubrificazione: limite, mediata, naturale, forzata, e per accostamento. Lubrificanti liquidi: untuosità, viscosità, effetto della temperatura; additivi.

Teoria della lubrificazione idrodinamica: forze generate dal fluido, equazione di Reynolds, condizione di equilibrio della coppia lubrificata portante e spingente; elasticità e smorzamento

del film lubrificante.

Verifiche: carico supportabile, coefficiente di attrito mediato; applicazioni al pattino piano, al perno-cuscinetto, portante, ai cuscinetti Michell.

Sistemi con un sol grado di libertà.

a) **Cinematica e dinamica di una macchina con un grado di libertà.** Bilancio energetico, flusso diretto e retrogrado della potenza, rendimento della trasmissione. Equilibrio dinamico, forze e inerzie ridotte. Equilibramento.

Equazione generale del moto, integrali particolari, moto a regime. Autovettura, apparecchi di sollevamento.

Dinamica del regime periodico: irregolarità del moto, dimensionamento di motore e volano.

Linearizzazione dell'equazione di movimento; stabilità del regime e piccoli moti (vibratori) nell'intorno delle condizioni di regime.

Funzioni di trasferimento e cenni di regolazione.

b) **Cinematica e dinamica di meccanismi con un grado di libertà.** Tipologia degli accoppiamenti cinematici, catene cinematiche e meccanismi. Meccanismi a camma e meccanismi articolati: vantaggi e svantaggi funzionali, analogie.

Analisi di posizione, velocità, accelerazione in meccanismi articolati piani: quadrilatero, manovellismo ordinario e sue inversioni (glifi), croce di Malta; notazione vettoriale e complessa. Cenni a procedimenti di sintesi cinematica.

Analisi e sintesi di meccanismi a camma: differenti tipologie, leggi di moto, costruzione del profilo; forze di contatto e dimensionamento della molla di contrasto.

Rotismi, giunti, viti di manovra: tipologia ed analisi.

c) **Vibrazioni meccaniche a un grado di libertà.** Sistemi vibranti a un grado di libertà; studio del modello fondamentale con massa, molla, smorzatore e forzante. Eventuale riduzione a tale modello: parametri equivalenti, in particolare smorzamento equivalente. Pulsazione propria. Smorzamento critico. Risonanza.

Vibrazioni autoeccitate. Fondazioni rigide e sospese. Sismografo e accelerometro.

Sistemi con più gradi di libertà.

Metodi matriciali per lo studio della cinematica di sistemi con più gradi di libertà; matrici di trasformazione di coordinate, matrici dei coefficienti di velocità e accelerazione.

Meccanismi spaziali in catena cinematica aperta: manipolatori.

L'autovettura come sistema a più gradi di libertà.

Sistemi vibranti a più gradi di libertà: applicazione alle velocità critiche (torsionali e flessionali) di alberi; modi principali di vibrare.

Criteri generali di analisi delle condizioni di regime e della stabilità.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento con metodi numerici e grafici di problemi applicativi.

Modalità d'esame

L'esame orale, può essere preceduto da una prima domanda scritta.

L'allievo è tenuto a presentare alla commissione esaminatrice le esercitazioni svolte durante l'anno, che potranno essere oggetto di domande in accordo con il programma. Coloro che non presentino esercitazioni in misura sufficiente dovranno svolgere preliminarmente un esercizio scritto su temi analoghi a quelli delle esercitazioni.

Libri consigliati

Appunti di: Meccanica applicata alle macchine e macchine, per allievi meccanici, ed. Spiegel (senza indicazione dell'autore).

O. Sesini: Meccanica Applicata alle Macchine, ed. C.E.A., Milano.

F. Giordana: Lezioni di Meccanica delle Macchine, ed. Spiegel, 1991.

R. Riva: Guida alla risoluzione dei temi d'esame di Meccanica Applicata alle Macchine, ed Spiegel, 1987.

E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti: Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. Pàtron, Bologna 1987, 1988.

S. Doughty: Mechanics of Machines, ed. J. Wiley & Sons, New York, 1988.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (II semestre)**000002**

(per allievi in Ingegneria Nucleare)

Prof. Franco GIORDANA*Programma d'esame***1) Studio del comportamento delle macchine per la generazione, trasmissione e utilizzazione di potenza.**

Macchine elementari: moltiplicatori di sforzi, comportamento quasi statico. - Macchine motrici e utilizzatrici: lavoro, potenza, curve caratteristiche. - Accoppiamento diretto fra motore e utilizzatore: determinazione della velocità di regime. - Velocità di funzionamento ottimale, adattamento delle velocità, trasmissioni. - Regolazione della velocità di regime. - Effetto delle masse in moto vario, regime periodico e assoluto. - Transitori di avviamento e di arresto, accelerazione massima e tempo di avviamento. Regolazione del transitorio: volano e freno. - Stabilità della velocità di regime. - Effetto delle dissipazioni: rendimento della trasmissione, moto diretto e retrogrado, arresto spontaneo.

2) Analisi delle principali cause di dissipazione di energia.

Attrito secco, leggi di Coulomb, natura del contatto fra superfici non lubrificate. Momento d'attrito in cuscinetti portanti e spingenti, ipotesi di Reye sull'usura. - Resistenze al rotolamento, attrito volvente e aderenza, verifica allo strisciamento. - Utilizzo dell'attrito radente: freni e frizioni. - Utilizzo dell'aderenza per la trasmissione del moto: ruote di frizione e trasmissione a cinghia. - Cenni sulle resistenze del mezzo. - Metodi per la riduzione delle resistenze di strisciamento: lubrificazione untuosa e idrodinamica. Cuscinetti lubrificati e cuscinetti volventi.

3) Macchine per la trasformazione del movimento.

Membri dei meccanismi e coppie cinematiche. Coppie cinematiche elementari. - Sistemi articolati piani: calcolo delle velocità, centri di istantanea rotazione del moto assoluto e relativo, rapporto di trasmissione generalizzato. - Bilancio di potenze nel comportamento ideale di meccanismi lenti, determinazione del coefficiente di moltiplicazione dello sforzo. - Meccanismi veloci: effetto delle forze d'inerzia. Calcolo delle accelerazioni nei sistemi articolati piani. Equazione del bilancio di potenze nei meccanismi veloci. Problema dinamico e pseudodinamico. Cenni sulle tecniche di integrazione numerica. - Meccanismi con coppie cinematiche superiori: camme piane. Analisi cinematica delle camme. - Sintesi dei meccanismi, posizione del problema. Esempi elementari di sintesi: camme e ingranaggi.

4) Comportamento delle macchine in presenza di organi deformabili: vibrazioni.

Vibrazioni libere e forzate di sistemi a 1 grado di libertà. Frequenza naturale e risonanza, curve di risposta a forzante armonica. - Calcolo della frequenza naturale: scrittura dell'equazione di moto e metodi energetici. Instabilità. - Soluzioni approssimate, metodo di Reyleigh. - Effetto dello smorzamento viscoso. Soluzione dell'equazione tramite i numeri complessi e interpretazione vettoriale. - Determinazione del coefficiente di smorzamento: decremento logaritmico ed energia dissipata in risonanza. - Analisi delle principali cause di eccitazione. - Misura e isolamento delle vibrazioni. - Cenni sulle vibrazioni non lineari. - Sistemi a più gradi di libertà. Scrittura delle equazioni col metodo di Lagrange e loro linearizzazione. - Utilizzo del formalismo matriciale, proprietà delle matrici elastiche e inerziali e loro dipendenza dalla scelta del sistema di coordinate. Diagonalizzazione delle matrici. - Frequenze naturali e modi principali di vibrare, loro determinazione: metodo diretto e metodo iterativo. - Sistemi con collegamenti in serie, metodo di Holzer. - Ortogonalità dei modi principali di vibrare e coordinate principali. - Introduzione dello smorzamento e delle forzanti esterne. - Vibrazioni in sistemi continui: funi e travi. Scrittura dell'equazione, frequenze naturali e modi principali. Condizioni al contorno e condizioni iniziali. Scrittura delle equazioni in coordinate ortogonali e introduzione dello smorzamento. - Estensione del metodo di Holzer: matrici di trasferimento.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello sviluppo numerico di casi applicativi e nello svolgimento di esercizi sugli argomenti trattati nel corso delle lezioni.

Esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

F. Giordana: Lezioni di Meccanica delle Macchine, ed. Spiegel.
 E. Funaioli: Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. Pàtron.
 W.T. Thomson: Vibrazioni Meccaniche, ed. Tamburini

Libri ausiliari o di consultazione

O. Sesini: Meccanica Applicata alle Macchine, ed. CEA
 J. Hirshorn: Kinematics and Dynamics of plane Mechanisms, ed. McGraw-Hill
 G.H. Martin: Kinematics and Dynamics of Machines, ed. McGraw-Hill
 O. Sesini: Complementi di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. CEA
 Meirovitch: Elements of Vibration Analysis, ed. McGraw-Hill
 P. Strinivasan: Mechanical Vibration Analysis, ed. McGraw-Hill
 W. Seto: Sistemi Vibranti, collana SHAUM - Esercizi

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE**AR0027**

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali)

Prof. Andrea VANIA**Programma d'esame**

Il programma di esame è stato suddiviso in gruppi di argomenti definiti come segue:

Gruppo A: Argomenti fondamentali per i quali si richiede una conoscenza approfondita sia nell'aspetto teorico che in quello applicativo.

Gruppo B: Argomenti fondamentali per i quali si richiede una conoscenza di carattere generale rivolta essenzialmente all'aspetto delle applicazioni.

Gruppo C: Argomenti complementari per i quali è sufficiente una conoscenza a livello informativo.

I - Elementi di cinematica e di dinamica delle macchine.

- 1) Richiami di cinematica e dinamica del punto. Moto rigido piano: moto assoluto e moto relativo. Teoremi di Rivals e di Coriolis, per la composizione di velocità e accelerazioni. Centro delle velocità e delle accelerazioni. Applicazioni. (Gruppo A)
- 2) Dinamica del corpo rigido: forze d'inerzia, principio di D'Alembert; scrittura delle equazioni di equilibrio dinamico. (Gruppo A) Cenni a sistemi articolati; impiego della notazione vettoriale complessa. Applicazioni. (Gruppo B)
- 3) Natura del contatto tra superfici non lubrificate, attrito secco, leggi di Coulumb. Resistenze al rotolamento, attrito volvente, verifica dell'aderenza. (Gruppo A)
- 4) Dinamica delle macchine: principio delle potenze virtuali, bilancio di potenze. Potenza perduta, rendimento della trasmissione. Moto diretto e retrogrado. Arresto spontaneo. Curve caratteristiche motore-utilizzatore, scelta del motore, determinazione della velocità di regime. Stabilità della velocità di regime. Applicazioni. (Gruppo A) Regime periodico ed irregolarità periodica. Applicazioni. (Gruppo A)
- 5) Vibrazioni
 Oscillazioni libere forzate di sistemi ad 1 g.d.l.; smorzamento curva di risposta forzata, risonanza. Vibrazioni indotte da spostamento di vincolo. Isolamento delle vibrazioni: fondazioni rigide e sospese. Applicazioni. (Gruppo A) Velocità critiche flessionali e torsionali. Applicazioni. (Gruppo A) Vibrazioni longitudinali, flessioni e torsionali nei continui. (Gruppo B) Cenni a metodi ed a programmi di calcolo automatico agli elementi finiti. (Gruppo C)

II Organi di macchine.

- 1) Ingranaggi: ruote dentate cilindriche a denti diritti, retta d'azione, componenti di spinta. Giunti, innesto a frizione, freni, trasmissioni a cinghia. Cuscinetti a strisciamento ed a rotolamento. (Gruppo B)

III Stato di sollecitazione e verifiche di resistenza di elementi di macchine.

- 1) Prove statiche sui materiali a temperatura ordinaria: trazione e compressione semplici, diagramma di carico, deformazioni e definizione del limite di proporzionalità, di elasticità, di snervamento marcato o convenzionale, di rottura. Allungamento e contrazione percentuali nella prova di trazione. Prove di durezza. (Gruppo B)
- 2) Materiali fragili o duttili secondo il tipo di frattura: materiali ferrosi, ghise e acciai. Cenni sulla

- classificazione degli acciai. (Gruppo C)
- 3) Influenza della temperatura nelle prove rapide di trazione semplice. Fenomeno dello scorrimento sotto carico costante ad elevata temperatura (creep). (Gruppo B)
 - 4) Stato di tensione: stati semplici e composti, direzioni principali, cerchi di Mohr. (Gruppo A)
 - 5) Criteri di verifica della resistenza a sforzi statici: Rankine, Guest-Tresca, Huber, Mohr, Ros-Eichinger e relative tensioni di confronto. (Gruppo B) Generalità sulle verifiche di resistenza: concetto di tensione limite, di coefficiente di sicurezza, di tensione ammissibile. Coefficiente di sovrasollecitazione teorica e coefficiente di forma Coefficiente di collaborazione. (Gruppo B) Recipienti in pressione. calcolo mantelli cilindrici a piccolo ed a grande spessore soggetti a pressione interna ed esterna. Calcolo dei fondi, dei coperchi piani e sferici, delle flange. Applicazioni. (Gruppo B) Cenni e metodi ed a programmi di calcolo automatico agli elementi finiti. (Gruppo C)
 - 6) Prove sui materiali sottoposti a cicli di carico ripetuti (fatica): diagramma di Woehler e diagramma di Smith. Diagramma di Smith Semplificato per il provino e per il pezzo. Determinazione dell'area di sicurezza nel diagramma di Smith. Esperienze di Gough e verifica a fatica in stato composto. (Gruppo B)
 - 7) Verifica di resistenza a fatica di elementi in acciaio; fattori che influenzano la resistenza a fatica: overstressing, riposo, corrosione. Vibrazioni e sollecitazioni a fatica. (Gruppo B)
 - 8) Verifiche di resistenza a durata degli acciai: verifica alla rottura e verifica delle deformazioni per sollecitazioni statiche ad elevata temperatura. (Gruppo B).

Esercitazioni

Consistono in esercizi applicativi di dinamica delle macchine ed in esercizi di dimensionamento di elementi meccanici.

Modalità d'esame

L'esame è orale. L'argomento introduttivo all'esame stesso è scelto tra quelli oggetto di esercitazione.

Libri consigliati

AA. VV.: Appunti di Meccanica Applicata alle Macchine, Edizioni Spiegel

E. Massa, L. Bonfigli: Costruzioni di Macchine, Masson Italia Editori S.P.A., Milano, (2 Vol.).

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

AR0147

(per gli allievi di Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni)

Prof. Stefano BROGLIO

Programma d'esame

1. Descrizione di una macchina.

- struttura costitutiva e descrizione di una macchina, schema funzionale;
- modellazione matematica di una macchina: azioni che intervengono durante il funzionamento; concetto di campi di forze.

2. Forze agenti sulle macchine.

- forze agenti tra membri solidi: forze di attrito (attrito e aderenza); rotolamento e microscorrimento (forze di contatto);
- forze agenti tra fluidi e solidi: azioni fluidodinamiche (coefficienti di resistenza, portanza e coppia);
- forze agenti per interposizione di lubrificante.

3. Cinematica dei sistemi a 1 o più gradi di libertà.

- richiami di calcolo vettoriale;
- notazione complessa nel caso di moti piani;
- notazione matriciale nel caso di moti spaziali; matrici di trasformazione delle coordinate (angoli di Cardano, Eulero), formula di Poisson nel caso spaziale, matrici di trasformazione omogenee;
- cinematica del punto nel piano e nello spazio;
- cinematica del corpo rigido nel piano e nello spazio.

4. Statica dei sistemi a 1 o più gradi di libertà.

- statica del punto;

- statica del corpo rigido;
- statica dei sistemi a corpi rigidi;
- equazioni cardinali, principio dei lavori virtuali;
- 5. Dinamica dei sistemi a 1 o più gradi di libertà.**
- dinamica del punto (nel piano e nello spazio);
- dinamica del corpo rigido (nel piano e nello spazio);
- dinamica dei sistemi a corpi rigidi (nel piano e nello spazio);
- equazioni cardinali della dinamica, principio di d'Albert, principio dei lavori virtuali (nel piano e nello spazio);
- bilancio di potenze (curve caratteristiche motore utilizzatore);
- determinazione soluzione a regime, valutazione della stabilità del regime, condizioni di transitorio;
- 6. Vibrazioni.**
- sistemi a 1 grado di libertà: moto libero non smorzato, moto forzato, funzione di trasferimento armonico;
- sistemi a 2 gradi di libertà: moto libero non smorzato, approccio modale;
- sistemi a più gradi di libertà (cenni);
- 7. Elementi finiti (cenni).**
- 8. Introduzione alla Meccanica dei robot.**
- cinematica del robot: matrici di rotazione e matrici di trasformazioni omogenee, rappresentazione di Denavit-Hartenberg;
- Il problema della cinematica diretta (posizione estremità del robot) ed inversa;
- 9. La macchina controllata (Cenni).**

Esercitazioni

Consistono in esercizi applicativi di cinematica, dinamica delle macchine e applicazioni semplici di robotica. Le esercitazioni potranno essere svolte con l'ausilio del calcolatore.

Libri consigliati

- AA.VV.: Appunti di Meccanica Applicata alle Macchine, Ed. Spiegel, 1990.
 R. Ghigliazza, C.U. Galletti: Meccanica Applicata alle Macchine, ed. UTET, 1986.
 G. Diana, F. Cheli: Dinamica e vibrazioni dei sistemi meccanici, ed. UTET, 1993.
 K. Fu, R. Gonzales, C.S. Lee: Robotica, Mc Graw Hill, 1989.
 O. Sesini: Meccanica Applicata alle Macchine, ed. C.E.A., Milano

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (1/2 annualità)**AR0121**

(per allievi Ambiente e Territorio)

Prof. Giancarlo CUSIMANO*Programma d'esame***1) DESCRIZIONE DI UNA MACCHINA O DI UN SISTEMA MECCANICO.**

- Struttura costitutiva e descrizione di una macchina; schema funzionale;
- Modello fisico di una macchina: motore, trasmissione, utilizzatore, organi ausiliari: concetti generali di carattere descrittivo.
- Modellazione matematica di una macchina o di un sistema meccanico: azioni che intervengono durante il funzionamento, interazioni tra corpi rigidi e deformabili mutuamente accoppiati, interazioni con fluidi: concetti generali di carattere descrittivo, aderenza, attrito di strisciamento, attrito di rotolamento, microscorrimenti, azioni aerodinamiche.

2) RICHIAMI DI MECCANICA TEORICA.

- Richiami di cinematica e dinamica del punto e del corpo rotante: applicazione all'equilibramento dei rotori.
- Richiami di cinematica e dinamica del moto relativo: applicazioni allo studio di macchine elementari e di meccanismi piani.
- Richiami sul bilancio delle potenze.

3) SISTEMI AD UN GRADO DI LIBERTÀ'.**3.1 Sistemi a corpi rigidi.**

Dinamica di una macchina ad 1 g.d.l.

- Motore: tipologie e curve caratteristiche; trasmissione, rendimento e potenza perduta.
- Utilizzatore: tipologie e curve caratteristiche.
- Scrittura delle equazioni generali del moto; integrali particolari moto a regime; transitorio di avviamento e di fermata; irregolarità del moto.

3.2 Sistemi a corpi deformabili.

Vibrazioni meccaniche

- Sistemi perturbati nell'intorno della posizione di equilibrio statico: vibrazioni libere e forzate, risonanza, smorzamento;
- Azioni d'inerzia nelle macchine alternative;
- Fondazioni rigide e sospese.
- Relazione tra vibrazioni ed emissione acustica;
- Cenni sul controllo delle vibrazioni e del rumore;
- Normative relative all'inquinamento da vibrazioni ed acustico.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento e nella risoluzione di semplici problemi inerenti gli argomenti del Corso. Il contenuto e i fondamenti teorici ad esse relativi saranno oggetto di domande di esame, in accordo con il programma sopra indicato.

Libri consigliati

Appunti di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. Spiegel.
Dispense integrative.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (1/2 annualità)

AR0121

(per gli allievi di Ingegneria Civile, Edile, ed Informatica)

Prof. Giancarlo CUSIMANO

Programma d'esame

1) RICHIAMI DI MECCANICA TEORICA.

- Richiami di cinematica e dinamica del punto materiale: notazione vettoriale e complessa; legge fondamentale della Dinamica; integrazione dell'equazione del moto.
- Richiami di cinematica del corpo rigido in atto di moto piano, centro delle velocità, teoremi di Rivals e Coriolis.
- Richiami di dinamica del corpo rigido nel piano: scrittura delle equazioni di equilibrio dinamico; energia cinetica e potenziale, principio di conservazione dell'energia, bilancio di potenze.
- Cenni sulla cinematica e dinamica del corpo rigido nello spazio.
- Cinematica e dinamica di macchine elementari e di meccanismi piani.

2) DESCRIZIONE DI UNA MACCHINA O DI UN SISTEMA MECCANICO.

- Struttura costruttiva e descrizione di una macchina; schema funzionale.
- Modello fisico di una macchina: motore, trasmissione, utilizzatore, organi ausiliari: concetti generali di carattere descrittivo.
- Modellazione matematica di una macchina o di un sistema meccanico: azioni che intervengono durante il funzionamento, interazioni tra corpi rigidi o deformabili mutuamente accoppiati, interazioni con fluidi: concetti generali di carattere descrittivo, aderenza, attrito di strisciamento, attrito di rotolamento, microscorrimenti. Azioni aerodinamiche agenti su un veicolo ed azione del vento su una struttura. Azioni di una corrente fluida.

3) SISTEMI AD UN GRADO DI LIBERTA'.

3.1 Sistemi a corpi rigidi.

Dinamica di una macchina ad 1 g.d.l.

- Motore: tipologie e curve caratteristiche; trasmissione, rendimento e potenza perduta.
- Utilizzatore: tipologia e curve caratteristiche.
- Scrittura delle equazioni generali del moto; integrali particolari, moto a regime, transitorio di avviamento e di fermata; irregolarità del moto.

3.2 Sistemi a corpi deformabili.

Vibrazioni meccaniche

- Sistemi perturbati nell'intorno della posizione di equilibrio statico: vibrazioni libere e forzate, risonanza, smorzamento.
- Azioni d'inerzia nelle macchine alternative.
- Vibrazioni critiche flessionali di alberi rotanti; equilibramento di rotori rigidi.
- Fondazioni rigide e sospese.
- Relazione tra vibrazioni ed emissione acustica.
- Cenni sul controllo delle vibrazioni e del rumore.
- Normative relative all'inquinamento da vibrazioni ed acustico.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento e nella risoluzione di esercizi e nella risoluzione di semplici problemi inerenti gli argomenti del Corso. Il contenuto e i fondamenti teorici ad esse relativi saranno oggetto di domande di esame, in accordo con il programma sopra indicato.

Libri consigliati

Appunti di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. Spiegel.
O. Sesini - Meccanica Applicata alle Macchine, C.E.A., Milano.
Dispense integrative.

MECCANICA DEGLI AZIONAMENTI**BN0004****Prof. Guido RUGGIERI****Programma d'esame****1. LA PROGETTAZIONE DEL MOVIMENTO.**

Il problema della generazione e del controllo del movimento nelle macchine. Funzionamento a velocità costante. Funzionamento per cicli di lavoro. Funzionamento con asservimento.

Vari tipi di azionamento e loro caratteristiche principali.

Confronto fra i vari tipi di azionamento.

Il problema della determinazione delle leggi di moto.

2. AZIONAMENTI MECCANICI.

Le curve caratteristiche. Generatori di velocità, generatori di coppia, curve caratteristiche.

Accoppiamento diretto motore-utilizzatore, moto a regime, funzionamento nei quattro quadranti.

Transitori meccanici, stabilità del regime.

Dispositivi di avviamento e frenatura. I problemi di avviamento e frenatura dei motori.

Caratteristiche d'impiego del motore asincrono a gabbia.

Caratteristiche meccaniche del carico, casi tipici, determinazione sperimentale di curve caratteristiche e momenti d'inerzia.

Riduttori di velocità, scelta del rapporto di trasmissione, rendimento.

Trasformazione del moto rotatorio in traslatorio e viceversa: soluzioni tipiche.

Innesti a frizione. Variatori e cambi di velocità.

3. AZIONAMENTI ELETTRICI.

Caratteristiche funzionali d'impiego dei motori elettrici: asincrono, eccitazione in serie, separata, a magneti permanenti; brushless, passo passo.

Freni e frizioni elettromagnetici e giunti a correnti parassite.

Sensori e trasduttori.

Dispositivi di pilotaggio e di controllo.

4. AZIONAMENTI PNEUMATICI.

Attuatori pneumatici: cilindri e relative regolazioni.

Valvole pneumatiche, coefficienti di valvole.

Principi di algebra logica. Elementi pneumatici logici.

Sistemi oleopneumatici.

Tecniche di controllo digitali: sequenziatori, contatori, programmatori a fase, microprocessori.

Diagrammi funzionali: movimenti-fasi, grafcet, gemma.

Elementi di interfaccia, elettrovalvole e sistemi elettropneumatici.

Sensori ed elementi di fine corsa.

Modellazione e comportamento dinamico dei sistemi pneumatici.

Applicazioni: sistemi digitali con sequenziatori, controllori programmabili PLC, microprocessori.

5. AZIONAMENTI IDRAULICI.

Componentistica di base. Componenti per servocomandi.

Circuiti oleodinamici nei processi di automazione.

Idrostatica applicata ai veicoli.

Libri consigliati

Verranno distribuiti appunti delle lezioni, assieme ad una bibliografia relativa ai vari argomenti trattati.

MECCANICA DEI FLUIDI

AI0001

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Prof. Giovanni MENDUNI

Programma d'esame

- 1. Generalità sullo studio della meccanica dei fluidi.** Posizione del problema, comportamento *fluido e solido* dei materiali in relazione alla scala temporale dell'osservazione sperimentale, il numero di Deborah, il modello di Maxwell.
- 2. Richiami di meccanica dei sistemi continui.** Modello matematico di sistema continuo: lo spazio euclideo E^3 , densità di massa, scale spaziali e temporali. Quietè e moto: quantità di moto, velocità, moto uniforme e permanente, portata volumetrica, energia cinetica. L'approccio euleriano all'analisi del moto: la derivata sostanziale, il teorema di trasporto e relativi corollari. Conservazione della massa: equazione di continuità in forma cardinale ed indefinita, prime applicazioni. Forze esterne sui sistemi continui: forza specifica di massa, forza specifica di superficie. I postulati della meccanica classica: le equazioni del moto in forma cardinale. Il tensore delle tensioni: stato tensionale, tensione normale e tangenziale, teorema di Cauchy. Le equazioni del moto in forma indefinita o locale: derivazione ed osservazioni.
- 3. Fluidi in quiete.** Pressione, moduli di comprimibilità, equazioni indefinite della statica, equazione costitutiva di fluido in quiete. Equazioni di stato, fluidi isoterme, isocori, barotropici. Statica dei fluidi nel campo gravitazionale, carico piezometrico, legge di Pascal, piano delle pressioni nulle. Forze idrostatiche contro superfici piane e gobbe chiuse ed aperte.
- 4. Cinematica dei sistemi continui.** Accelerazione, traiettorie, linee di corrente, linee di emissione, i potenziali di Stokes, moti irrotazionali, moti piani. Analisi della velocità delle deformazioni infinitesime: il tensore dei gradienti di velocità, velocità di traslazione, rotazione, deformazione.
- 5. Dinamica dei fluidi ideali.** Modello di fluido ideale, equazione costitutiva dei fluidi ideali, equazione di Eulero, il teorema di Bernoulli. Primo principio della termodinamica: energia interna, lavoro, quantità di calore, conservazione dell'energia. Stime dell'energia usando il teorema di Bernoulli. Applicazioni del teorema di Bernoulli: venturimetri, tubo di Pitot, cenni di foronomia. Limitazioni imposte dal modello di fluido ideale: l'analisi puntuale del moto usando l'equazione di Eulero. Portanza, teorema di Kutta e Joukowski.
- 6. Dinamica dei fluidi viscosi.** Modello di fluido stokesiano e newtoniano, coefficienti di viscosità. Equazioni di Stokes-Navier, condizioni al contorno. Analisi puntuale del moto usando l'equazione di Navier: integrazione sui domini elementari, moto in tubi cilindrici, la cadente piezometrica, distribuzione delle velocità. Il moto tra lastre parallele, cilindri concentrici con flusso assiale e radiale. Cenni sui metodi numerici per l'integrazione. Equazione di Navier in forma *ridotta*: generalità sulla lubrificazione, il cuscinetto di spinta, l'accoppiamento albero rotante-boccola fissa. Teoria classica della filtrazione ed applicazioni di tipo industriale.
- 7. Moto turbolento.** Esperienza di Reynolds, caratteristiche fenomenologiche del moto, scale spaziali e temporali della turbolenza. Metodologie sperimentali per l'osservazione della turbolenza, cenni sulle principali tecniche di misura, cenni di anemometria laser e richiami di analisi del segnale. Modello di moto turbolento medio: valori medi e fluttuanti delle grandezze, le equazioni indefinite di continuità e del moto per il moto turbolento medio. Il tensore degli sforzi turbolenti di Reynolds. Aspetti del moto turbolento medio: distribuzione della velocità: nucleo

- della corrente e zona di parete, condizione di aderenza, distribuzione delle tensioni tangenziali, primi cenni alle leggi di resistenza in moto turbolento.
8. **Analisi globale del moto.** Equazione globale di continuità, derivazione del teorema della quantità di moto. Correnti e vene rettilinee: distribuzione della velocità e della pressione sulle sezioni normali, problemi di efflusso. Applicazioni del teorema della quantità di moto: spinta di un getto contro una lastra piana ed inclinata, macchine ad azione, turbina Pelton, spinta su curve, convergenti e divergenti, brusco allargamento di sezione, mulinello, cenni di propulsione a getto, calcolo elementare della spinta di esoreattori ed endoreattori.
 9. **Strato limite.** Posizione del problema e generalità. Lastra piana: stato limite laminare e turbolento. Strato limite in presenza di gradienti di pressione, separazione, resistenza del cilindro e della sfera, coefficienti di resistenza e di portanza di profili immersi in una corrente. Cenni alle tecniche di controllo dello strato limite, flaps, slats, aspirazione.
 10. **Moto uniforme nelle condotte.** La distribuzione delle tensioni tangenziali per un condotto cilindrico, raggio idraulico, perdite di carico, formula di Darcy-Weisbach, il coefficiente di resistenza distribuita. Derivazione delle leggi di resistenza in moto laminare e turbolento: esperienze di Nikuradse, leggi asintotiche di tubo liscio e scabro. Leggi di resistenza nei tubi commerciali: esperienze di Colebrook-White, legge di Colebrook, abaco di Moody, applicazioni di calcolo.
 11. **Moto permanente nelle condotte.** Perdite distribuite nei convergenti e nei divergenti, vari tipi di perdite concentrate. Problemi di verifica e di progetto. Condotte in depressione: sifone, problemi tecnologici legati alla cavitazione, esempi ed applicazioni.
 12. **Moto vario delle correnti in pressione.** Ipotesi e derivazione delle equazioni di continuità e del moto, coefficiente di ragguaglio della quantità di moto. Impianti idroelettrici a caduta e ad acqua fluente; cenni sugli impianti di pompaggio e sulle macchine reversibili. Il problema della regolazione ed analisi dei fenomeni di moto vario che ne conseguono. Oscillazioni di massa: il moto vario in un tubo ad U. Oscillazioni di massa nel sistema pozzo piezometrico-galleria in pressione. Le casse d'aria: fenomeni di moto vario negli impianti di pompaggio, problemi di progetto. Il colpo d'ariete: funzioni che si propagano sul dominio (s,t) , celerità di propagazione, posizione delle ipotesi e deduzione delle equazioni semplificate del moto vario. Sistema condotta + serbatoio + otturatore: trattazione classica secondo Allievi, celerità di propagazione, durata di fase e tempo di transito. Integrazione del sistema differenziale semplificato, condizioni al contorno. Manovre brusche e lente: formula di Joukowski e formula di Michaud.

Esercitazioni

Le esercitazioni, non obbligatorie ma vivamente consigliate, riguardano lo sviluppo di esercizi sulla materia svolta nelle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da una prova scritta non eliminatória: le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

E. Marchi, A. Rubatta: Meccanica dei fluidi, UTET, Torino, 1981.
 D. Citrini, A. Nosedà: Idraulica, CEA, Milano, 1987.
 A. Ghetti: Idraulica, Cortina, Padova, 1977.

MECCANICA DEI FLUIDI

(per gli allievi di Ingegneria Chimica e Nucleare)

Prof. Giancarlo ALFONSI

AU0006

Programma d'esame

Richiami di conoscenze di base. Richiami di teoria delle equazioni differenziali, calcolo vettoriale, algebra delle variabili complesse, statistica e termodinamica. Sistemi di coordinate curvilinee ortogonali. Sistemi di riferimento inerziali. Unità di misura.

Concetti fondamentali. I fluidi come sistemi continui. Classificazione dei fluidi. Proprietà fisiche

dei fluidi. Tipi di moto. Regimi di movimento. Punti di vista Lagrangiano ed Euleriano. Sistemi e volumi di controllo.

Statica dei fluidi. Equazione della statica in forma differenziale. Manometri. Accelerazione uniforme. Spinte su superfici piane orizzontali ed inclinate. Spinte su superfici curve. Forma integrale dell'equazione della statica. Forze di galleggiamento. Stabilità dei corpi galleggianti e immersi.

Cinematica dei fluidi. Nozioni di campo cinematico. Traiettorie, linee di corrente, linee di emissione. Derivata sostanziale. Scomposizione del moto nell'intorno di un punto. Funzione di corrente. Funzione potenziale. Condizioni di Cauchy-Riemann. Vorticità. Circolazione. Scomposizione cinematica del campo di moto.

Principi di conservazione in forma differenziale. Forma differenziale dei principi di conservazione della massa. Equazione di continuità. Forma differenziale del principio di conservazione della quantità di moto. Equazione di Navier-Stokes. Forma differenziale del principio di conservazione dell'energia.

Principi di conservazione in forma integrale. Forma integrale dei principi di conservazione di massa, quantità di moto ed energia. L'integrale di Bernoulli. Principio di conservazione del momento della quantità di moto.

Dinamica della vorticità. Equazione della vorticità in forma differenziale e integrale. Diffusione di vorticità. Vortice sferico di Hill. Produzione di vorticità alla parete. Teorema di Kelvin. Teorema di Helmholtz.

Analisi dimensionale e similitudine. Principio di omogeneità. Teorema di Buckingham. Gruppi adimensionali. Criteri di similitudine. Forma adimensionale delle equazioni del moto. Nozione di resistenza e di portanza.

Moto dei fluidi ideali incomprimibili. Equazioni di Eulero. Nozione di potenziale complesso. Equazione di Laplace. Casi elementari di moti a potenziale. Combinazioni di moto elementari. Teorema di Jukowski. Condizione di Kutta. Effetto Magnus. Trasformazioni conformi. Trasformazione di Kutta-Jukowski. Trasformazione di Schwartz-Christoffel.

Moti che rappresentano soluzioni esatte delle equazioni di Navier-Stokes. Flusso di Couette. Flusso fra due cilindri rotanti concentrici. Moti governati dalla pressione in condotte con sezioni di forma diversa. Soluzione di Hagen-Poiseuille.

Moto dei fluidi viscosi incomprimibili a bassi valori del numero di Reynolds. Equazioni di Stokes. Flusso di Stokes attorno ad una sfera. Equazioni di Reynolds per la lubrificazione. Equazione di Oseen.

Moto dei fluidi viscosi incomprimibili a valori intermedi del numero di Reynolds. Moti di ingresso. Soluzione del modello vorticità-funzione di corrente. Soluzioni in termini di pressione. Moti attorno ad un cilindro e ad una sfera.

Moto dei fluidi viscosi incomprimibili ad alti valori del numero di Reynolds. Caratteristiche fisiche fondamentali. Correnti principali non viscoso e strato limite alle pareti. Campo delle pressioni risultante.

Strato limite. Soluzione di Blasius per il moto su una lastra piana. Equazione integrale di Von Karman. Metodo approssimato di Karman-Polhausen. Strato limite del profilo di Jukowski. Strato limite attorno alla pila di un ponte. Il fenomeno della separazione. Getti e Scie.

Stabilità idrodinamica. Modi normali come perturbazioni. Instabilità di Kelvin-Helmholtz. Equazione di Orr-Sommerfeld. Equazione di Rayleigh. Instabilità di Taylor del flusso di Couette. Stabilità delle regioni ad alta concentrazione di vorticità.

Turbolenza. Tipi e caratteristiche dei moti turbolenti. Transizione alla turbolenza. Scomposizione di Reynolds. Il problema della chiusura delle equazioni del moto. Modelli di turbolenza.

Introduzione al moto dei fluidi polifase. Sistemi bifase gas-solido. Sistemi bifase gas-liquido.

Modalità d'esame

L'esame consiste in due prove scritte nel corso del semestre e in una prova orale finale.

Libri consigliati

Panton: Incompressible flow.

Granger: Fluid Mechanics.

Appunti dalle lezioni.

MECCANICA DEI MATERIALI
Prof.ssa Laura VERGANI

AR0112

*Programma d'esame***IN PRESENZA DI COMPORTAMENTO NON ELASTICO.****Legami sforzi-deformazioni indipendenti dal tempo:**

- Equazioni di base, comportamento perfettamente elastoplastico, schematizzazione dell'incrudimento plastico, legge di Ludwik, legge di Ramberg-Osgood, effetto Bauschinger, teorie di plasticizzazione.

Legami sforzi-deformazioni dipendenti dal tempo:

- Scorrimento viscoso, curve $\sim t$ di scorrimento viscoso, rilassamento, viscoelasticità lineare: modelli meccanici elementari, a due elementi, con più di due elementi, viscoelasticità non lineare, leggi costitutive.

IN PRESENZA DI CARICHI CICLICI.**Fatica a basso numero di cicli:**

- proprietà meccaniche: fenomeni di incrudimento e addolcimento, curve sforzi-deformazioni cicliche, ciclo di isteresi, fenomeni microstrutturali;
- definizione dei parametri più significativi: intagli, stato di sforzo composto, sforzo medio, gradiente di sollecitazione e deformazione, tensioni residue, carichi variabili;
- previsione della vita a fatica: curve $\sim N$, legge di Coffin-Manson, lavoro di deformazione plastica e legame con la vita a fatica, definizione dei parametri più significativi in presenza di intagli e stato di sforzo composto;
- nucleazione di cricche di fatica: fenomeni microstrutturali.

IN PRESENZA DI DIFETTI.**Propagazione instabile dei difetti (Meccanica della Frattura Lineare Elastica MFLE):**

- definizione dell'energia di deformazione, analisi elastica dello stato di sforzo all'apice di una cricca, definizione del fattore di intensificazione degli sforzi KI, KII, KIII, definizione del fattore di intensificazione degli sforzi critico K_{Ic} , modalità di prova, effetto dello spessore, della temperatura, della velocità di applicazione del carico, determinazione di KI per alcune geometrie;
- applicazione della MFLE alla sicurezza delle strutture fessurate: identificazione del difetto, caratterizzazione del materiale, cenno alle nuove norme.

Estensione della MFLE nel caso di plasticizzazioni limitate:

- estensione della zona plasticizzata all'apice della cricca, concetto di cricca equivalente.

Meccanica della Frattura Elasto Plastica MFEP:

- definizione di "crack opening displacement" COD e dell'integrale J, metodologie di prova, definizione dei parametri critici;
- applicazione della MFEP alle strutture, cenno alle nuove norme.

Propagazione dei difetti a fatica:

- meccanismi di propagazione dei difetti, modelli di propagazione, legge di Paris, principali fattori che influenzano la propagazione a fatica: rapporto R tra K_{min} e K_{max} , frequenza di applicazione del carico, spessore, temperatura;
- influenza delle tensioni residue sulla propagazione a fatica, condizioni di non propagazione;
- definizione delle curve caratteristiche dei materiali: cenno alle nuove norme, definizione di K di soglia e parametri che lo influenzano, propagazione in stato composto di sforzo, danneggiamento cumulativo.

MATERIALI COMPOSITI.**Caratteristiche meccaniche:**

- tipi di materiali compositi, curve $\sim \sim$, il cedimento, la verifica con i compositi; - la macromeccanica della lamina: l'equazione costitutiva, le ipotesi di rottura, la caratterizzazione meccanica;
- la micromeccanica della lamina: le costanti elastiche, i carichi di rottura;
- la macromeccanica del laminato: la teoria della laminazione;

La tecnologia dei compositi: metodi di fabbricazione.*Esercitazioni*

Nelle esercitazioni saranno affrontati i vari argomenti del corso considerandone l'aspetto applicativo. Si prevedono esercitazioni di laboratorio ed esercitazioni con l'utilizzo dell'elaboratore. Si ritiene il Corso adatto allo sviluppo e presentazione di tesi e/o progetti di laurea.

Libri consigliati

G. Belloni, G. Bernasconi: Sforzi deformazioni e loro legami, CLUP, Milano.

B. Carlsson: Experimental Characterization of Advanced Composite Materials, Prentice-Hall, 1987.

A. Carpinteri: Meccanica della Frattura e dei Materiali, Pitagora Editrice, Bologna, 1992.

Autori vari: Cyclic Deformation and Fatigue of Metals, Ed. Matej Bily, Elsevier, 1993.

N.E. Dowling: Mechanical Behavior of Materials, Prentice-Hall International, New Jersey, 1993.

MECCANICA DEI MATERIALI E DELLA FRATTURA**AN0115****Prof. Giulio MAIER***Programma d'esame***PARTE I - Anelasticità e danneggiamento dei materiali strutturali.**

1. Comportamento elastoplastico dei principali materiali strutturali: indicazioni sperimentali e modelli costitutivi basilari. Postulato di Drucker.
2. Aspetti salienti del problema elastoplastico in termini incrementali. Proprietà fondamentale della soluzione. Particolari soluzioni "esatte".
3. Danneggiamento di materiali e di componenti strutturali inteso come degrado di rigidità e/o resistenza ("softening"): evidenze sperimentali e leggi costitutive per calcestruzzi e murature.
4. Comportamenti dipendenti dal tempo (viscosi): viscoelasticità lineare: scorrimento viscoso ad alte temperature ("creep"); viscoplasticità.
5. Basi fisiche del comportamento anelastico dei materiali.
6. Biomateriali e biomeccanica delle strutture ossee: nozioni introduttive.
7. Fondamenti di identificazione parametrica per la calibrazione di modelli costitutivi.

PARTE II - Meccanica della frattura.

1. Nozioni basilari di meccanica della frattura elastico-lineare: approccio energetico; analisi tensionale; fattori di intensità degli sforzi. Verifiche di stabilità di difetti. Criteri di propagazione.
2. Il metodo degli elementi finiti in meccanica della frattura elastico-lineare: elementi normali e speciali. Metodi per elementi di contorno ("boundary elements").
3. Fenomeni di fatica: sintesi di osservazioni ed esperienze; leggi di Paris-Erdogan; criterio di Miner e varianti; influenza della temperatura e di ambienti corrosivi.
4. Frattura di materiali "quasi-fragili" lapidei (calcestruzzi, ceramici, laterizi, murature e certe rocce) interpretata con il "cohesive crack model". Comportamenti strutturali fragili e duttili: effetti scala.
5. Frattura elastoplastica in metalli. L'integrale J. La soluzione di Hutchinson-Rice-Rosengren.
6. Aspetti meccanici e computazionali dei processi di frattura quasi-fragile e duttile: fenomeni di instabilità e di biforcazione.

PARTE III - Calcolo anelastico, statico e dinamico, per elementi finiti.

1. Discretizzazione per elementi finiti (nello spazio) del problema elastoplastico incrementale quasi-statico.
2. Discretizzazione nel tempo: formulazione del problema nel passo finito. Tecniche risolutive del problema evolutivo anelastico quasi-statico.
3. Il problema elastoplastico incrementale dinamico. Discretizzazione nello spazio e nel tempo. Metodi iterativi di soluzione.
4. Dinamica veloce (esplosioni, urti, "crash"): metodi "espliciti"; comportamento dei materiali ad alte velocità di deformazione.

PARTE IV - Materiali strutturali a struttura interna periodica.

1. Materiali compositi: motivazioni, rassegna di applicazioni, prospettive di sviluppo.
2. Legami costitutivi "in media" di compositi in campo elastico-lineare: anisotropie, metodi di omogeneizzazione.
3. Generalità sui problemi micromeccanici e meccanico-strutturali peculiari dell'analisi di strutture in composito agli stati-limite (frattura, delaminazione, rottura).
4. Omogeneizzazione in regime elastoplastico di materiali compositi fibro-rinforzati unidirezionali.
5. La muratura come materiale composito. Calcolo anelastico agli stati-limite di strutture murarie.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni sono sviluppati complementi alle lezioni, vengono discusse tipiche applicazioni concrete di interesse pratico e sono tenuti seminari.

Libri consigliati

- J. Lemaitre, Chaboche, *Mechanics of solid Materials*, Cambridge University Press, 1990
 J. Lubliner, *Plasticity Theory*, Mcmillian Publ. Co., New York, 1990.
 S. Kalinszky, *Plasticity: Theory and Engineering Applications*, Elsevier, 1989.
 J. Lemaitre, *A Course on Damage Mechanics*, McMillian, 1992.
 L. Corradi dell'Acqua, *Meccanica delle strutture*, Vol. 1 e 3, McGraw-Hill, 1992.
 D. Broek, *The Practical Use of Fracture Mechanics*, Kluwer, 1989.
 A. Carpinteri (a cura di), *Meccanica dei materiali e della frattura*, Pitagora, 1992.
 M.Z. Cohn, G. Maier, Eds., *Engineering Plasticity by Mathematical Programming*, Pergamon Press, 1979.
 Z. Bazant, L. Cedolin, *Stability of Structures*, Cambridge University press, 1991.
 O.C. Zienkiewicz, R. Taylor, *The Finite Element Method*, Vol. 2, McGraw-Hill, 1991
 P.K. Mallick, *Fiber-Reinforced Composites*, M. Dekker, Inc., 1988.

MECCANICA DEI ROBOT**AR0110****Prof. Alberto ROVETTA***Programma d'esame*

L'insegnamento intende sviluppare gli aspetti connessi con la meccanica delle macchine a controllo con calcolatore, in relazione ai processi dinamici, alle interazioni sensoriali, alla integrazione con la fabbrica ad alta automazione.

MECCANICA IN ROBOTICA.**Introduzione.**

Tecnologia e scienza nella robotica. Caratteristiche dei robot. Integrazione dei robot nei sistemi di produzione. Il rapporto uomo/macchina. I telemanipolatori. Modelli geometrici, cinematici, dinamici, funzionali di robot.

Meccanica dei robot.

Configurazione sistemiche. La meccanica nei robot: componenti meccanici, azionamenti, trasmissioni. Gradi di libertà. Morfologia e funzionalità delle estremità. Ridondanza nei robot. Teoria dei sistemi multicorpo. Meccanica dei sistemi rigidi e deformabili a più gradi di libertà.

Cinematica dei robot.

Coppie fondamentali nella trasmissione del moto. Sistemi di riferimento. Applicazioni delle trasformazioni matriciali nello studio della meccanica di un robot. Coordinate omogenee. Coordinate assolute, angoli di Eulero e angoli assoluti per l'estremità del robot. Cinematica diretta: posizione dell'estremità dei robot. Cinematica inversa: soluzioni analitiche e numeriche.

Dinamica dei robot.

Modello matematico per l'analisi dinamica di robot. Applicazione dei sistemi multicorpo. Equazioni di Lagrange. Equazioni di Newton-Eulero. Sintesi ed analisi dinamica per il moto di estremità di robot lungo traiettorie prefissate. Matematica simbolica a supporto delle soluzioni. Determinazione delle condizioni dinamiche nominali di funzionamento e valutazione dei fenomeni di transitorio.

Funzionalità meccaniche dei robot.

Analisi di funzionalità. Analisi dinamica e modellizzazione del processo. Progetto della struttura meccanica e del software di controllo. Integrazione di CAD e CAM nell'automazione avanzata e nella robotica.

INTEGRAZIONE DEI ROBOT.**Applicazioni di robot.**

Robot di saldatura, di verniciatura, di montaggio, di manipolazione. Robot per applicazioni spaziali, sottomarine, nucleari, mediche, ecc.. Robot da laboratorio. Evoluzione dei robot e dei robot industriali. Costo del robot e costo del lavoro umano. Economia dei robot in relazione alle prestazioni. I robot e l'ambiente di lavoro. Affidabilità dei robot. Manutenzione dei robot. Sicurezza nell'applicazione dei robot. Integrazione dei robot nelle attuali strutture produttive.

Approfondimenti di cinematica e dinamica dei robot.

Impiego delle matrici di trasferimento per la definizione dello Jacobiano del sistema. Definizione dei punti di singolarità. Precisione di posizionamento dei robot. Valutazioni comparative dei metodi di calcolo con equazioni di Lagrange, Newton-Eulero e altri metodi misti di riferimento al calcolo numerico. Processi di iterazione e metodi numerici. Cinematica dei robot paralleli. Rendimenti delle trasmissioni e irreversibilità del moto. Fenomeni di instabilità dinamica dell'azionamento dei robot.

I sensori.

I sensori nei sistemi automatici. Sensorialità nei robot: sensori interni e esterni. Sensori e software. Integrazione dei sensori nel controllo dei robot.

Controllo e programmazione di un robot.

Strategie e soluzioni tecniche nel controllo di un robot. Schema del controllo. Modelli matematico-meccanici per il controllo. Programmazione di robot industriali. Programmazione in linea e fuori linea. Linguaggi nella robotica. Sistemi esperti nella robotica. Esempi di software nella robotica.

Integrazione di sistemi nella robotica.

Integrazione del calcolatore di controllo in rete CIM per la gestione completa del processo di automazione. FMS e robotica. Principi di telerobotica. Controllo vocale, analisi del linguaggio parlato. Sistemi di visione per la robotica: riconoscimento e interpretazione dell'immagine. Impiego di sistemi a calcolo parallelo per l'azionamento di robot e sistemi automatici. Applicazione di principi di robotica in sistemi biomeccanici.

Esercitazioni

Le esercitazioni sviluppano aspetti applicativi.

Applicazioni di sistemi robotici.

Mani meccaniche robotizzate. Robot a comando vocale. Protesi a controllo elettronico. Stazioni telerobotiche. Sistemi di visione e presa con calcolatori paralleli. Modellazione di robot. Sistemi esperti per il montaggio robotizzato. CAD per progettazione di robot.

Libri consigliati

K. Fu, R. Gonzales, C.S. Lee: Robotica, McGraw Hill, 1989.

M. Vukobratovic: Introduction to Robotics, ed. Springer, 1989.

R. Paul: Robot Manipulator: Mathematics, Programming and Control, MIT Press, Cambridge, 1981.

A. Rovetta: Fondamenti di robotica, ed. Hoepli, 1990.

A. Rovetta, E. Turci: Robot senza miti, ed. CLUP, 1987.

A. Rovetta: On the prehension of human hand, in Natural Computation, Ed. Richards, MIT Press, Cambridge, 1989.

R. Dorf: Encyclopedia of Robotics, Ed. J. Wiley, 1988.

MECCANICA DEI SOLIDI +**AR0129****MODELLISTICA E SIMULAZIONE DEI SISTEMI MECCANICI (C.I.)****Proff. Enzo GENTILI, Giannantonio SACCHI LANDRIANI***Programma d'esame*

1. **Descrizione di un sistema meccanico, dei campi di forze agenti in condizioni statiche ed in condizioni dinamiche.**
2. **Modellazione di un sistema meccanico, e delle forze agenti, in funzione delle problematiche oggetto dello studio.**
3. **Il modello a corpi rigidi:** studio della statica, della cinematica e della dinamica dei sistemi di corpi rigidi.
- 3.1 **Richiami di cinematica e determinazione delle azioni di inerzia; richiami sull'equilibrio dinamico e sui bilanci energetici. Applicazioni all'equilibramento dei corpi rotanti e dei meccanismi articolati.**
- 3.2 **Uso dei metodi matriciali per l'analisi cinematica di sistemi articolati nello spazio. Applicazione dell'equazione di Lagrange all'analisi dinamica dei sistemi articolati: esempi della meccanica dei robot e degli arti artificiali.**
- 3.3 **Forze di contatto ed energia dissipata (con applicazioni al corpo umano).**

- 3.4 Sistemi di trasmissione del moto.
- 3.5 Studio delle diverse condizioni di funzionamento di un sistema in movimento (regime assoluto e periodico, transitorio di avviamento e arresto) e cenni sulla regolazione della velocità e sulla stabilità del moto.
- 3.6 Fondamenti delle vibrazioni meccaniche: moto libero e forzato dei sistemi ad 1 g.d.l. Cenni sui sistemi a più gradi di libertà.
4. **Il modello a corpi deformabili:** studio della statica e della dinamica dei corpi deformabili.
- 4.1 Determinazione delle azioni interne (sforzo normale, taglio, momento flettente e momento torcente).
- 4.2 Statica dei solidi.
- 4.3 Deformazioni dei mezzi continui: deformazioni finite e infinitesime.
- 4.4 I legami costitutivi fondamentali (elastico, plastico, viscoso).
- 4.5 Verifiche di resistenza elastica e criteri di rottura.
- 4.6 Il problema elastico ed il problema di Saint-Venant.
- 4.7 La teoria flessionale della trave.
- 4.8 Cenni a membrane e gusci.
- 4.9 Cenni ai problemi di instabilità statica.

MECCANICA DEL VEICOLO

Prof. Federico CHELI

AR0105

Programma d'esame

1) NOZIONI DI CARATTERE GENERALE.

- Veicoli stradali e ferroviari: tipologie principali, componentistica.
- Problematiche associate: comportamento dinamico in rettilineo ed in curva, azioni associate; comfort di marcia, resistenze al moto.

2) DESCRIZIONE DELLA VIA.

- Armamento; profili ruota-rotaia; geometria del contatto, azioni di contatto e pseudoslittamenti.
- Irregolarità e rigidità di binario.
- Contatto pantografo catenaria.
- Azioni di contatto pneumatico-strada; irregolarità e rigidità della via e loro effetti.

3) SCHEMATIZZAZIONI E MODELLI MATEMATICI.

- Richiami di tecniche multibody. Sistemi di riferimento e matrici di trasformazione.
- Schematizzazione del veicolo a corpi rigidi. Autoveicolo: modello per la simulazione del comportamento in rettilineo ed in curva. Veicolo ferroviario: esempi di modelli lineari e non lineari per la simulazione del moto in rettilineo ed in curva.
- Deformabilità dei componenti e metodologie di schematizzazione.
- Linearizzazione delle equazioni del moto: stabilità del regime e piccoli moti nell'intorno delle condizioni di regime; calcolo della velocità critica.
- Integrazione nel tempo delle equazioni non lineari del moto. Stabilità del moto in rettilineo ed in curva. Determinazione dei cicli limite di auto-oscillazione.

4) QUALITÀ DI MARCIA.

Comfort di marcia: indici del comfort di marcia, effetti della componentistica. Veicolo ferroviario: accelerazione in cassa e curve di ponderazione, indici di ribaltamento e di svio; ottimizzazione dei parametri del veicolo; analisi di sensibilità. Rumore.

5) PROBLEMI DI CONTROLLO.

- Interazione tra l'azionamento e la dinamica longitudinale.
- Interazione veicolo-conduttore; simulatori di guida.

Libri consigliati

Appunti delle lezioni.

Riferimenti bibliografici specifici verranno indicati nel corso delle lezioni.

MECCANICA DEL VOLO
Prof. Marco BORRI
AL0015*Programma d'esame***Classificazione dei velivoli.**

- Classi dei velivoli.
- Categorie delle fasi di volo.
- Livelli di qualità di volo.

Richiami di Stabilità e Controllo dei Velivoli.

- Condizioni di volo simmetrico: rettilineo e manovrato.
- Modello delle forze aerodinamiche a comandi bloccati e liberi.
- Condizioni di centraggio.
- Criteri di stabilità statica.
- Condizioni di volo asimmetrico.

Il modello di corpo rigido.

- Cinematica del moto rigido.
- Parametrizzazione delle rotazioni: angoli e parametri di Eulero.
- Problemi di navigazione: ricostruzione della traiettoria e dell'orientazione.
- Le Equazioni Cardinali.
- Interpretazione del teorema dell'energia: eccesso di potenza specifica.
- Le manovre stazionarie: trimmaggio e stabilità.
- Le manovre periodiche: trimmaggio e stabilità.

Algoritmi di Simulazione.

- Metodi di integrazione al passo.
- Metodi variazionali ed elementi finiti temporali.
- Stabilità e convergenza degli algoritmi di integrazione.
- Sistemi vincolati: vincoli olonomi ed anolonomi.

Cenni all'identificazione dei velivoli.

- Algoritmi di identificazione.
- Problematiche di misura.

Controlli automatici di volo.

- Componentistica: sensori ed attuatori.
- Sistemi di aumento di stabilità.
- Controllori di sistema.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Nelson R.C. Flight stability and Automatic Control, Mc Graw Hill Book Company 1989

Etkin B. Dynamics of Atmospheric Flight, John Wiley & Sons. Inc. 1972

Mc Lean Automatic Flight Control Systems Prentice Hall 1990

Mangiacasale L. Meccanica del volo atmosferico Levrotto & Bella 1992

Nota per gli studenti

Alcuni degli argomenti sviluppati richiedono, per una migliore comprensione, l'aver preventivamente acquisito quanto svolto nel corso di "Automatica" che quindi viene vivamente raccomandato come precedenza consigliata.

MECCANICA DEL VOLO SPAZIALE I
Prof.ssa Amalia ERCOLI FINZI
AL0115*Programma d'esame*

- Richiami di elementi di meccanica classica - cinematica del punto e del corpo rigido - dinamica del punto - meccanica relativa - dinamica del corpo rigido - equazioni di Euler e fenomeni giroscopici.

- Cenni di astronomia - sfera celeste - coordinate orizzontali, equatoriali, eclittiche - movimenti della terra - i principali pianeti del sistema solare - la luna.
- Introduzione alla meccanica analitica - principio di D'Alembert - equazioni di Lagrange - equazioni canoniche - trasformazioni canoniche - metodo di Jacobi-Hamilton.
- Problema fondamentale della meccanica celeste - il problema della perturbazioni e le variabili kepleriane.
- Problema dei due corpi - cenno al problema dei tre corpi - cenno alla teoria delle orbite.
- Dinamica impulsiva - principi fondamentali.
- Dinamica del corpo con massa variabile - moto di un razzo.
- Movimento in atmosfera - cenni.
- Moti gravitazionali - velocità di fuga - messa in orbita - satellite sincrono - moto interplanetario.
- Moti con propulsione nel vuoto - stadi - trasferimenti orbitali passaggio iperbolico - rendez vous.
- Moti in atmosfera - cenni sul lancio e sul rientro.
- Moti dei velivoli spaziali - stabilità - despinaggio - piccoli spostamenti angolari.
- Determinazione dell'assetto di un veicolo spaziale.
- Effetti secondari - schiacciamento, rotazione e rivoluzione terrestre - influenza della luna.
- Parametri di influenza.
- Cenno sui viaggi interplanetari.
- Cenno su recenti indirizzi: i sistemi spaziali a filo.

Modalità d'esame

- L'esame consiste in una prova orale su alcuni argomenti del programma, e nello studio e risoluzione di piccoli problemi inerenti.

Libri consigliati

Appunti del corso.

Blanco, Mc Cuskey: Basic physic of the solar systems- Addison Wesley

Finzi: Meccanica razionale - Zanichelli

Ball e Osborne: Space Vehicle Dynamics - Claredon Press

Kaplan: Modern Spacecraft Dynamics & Control - Wiley & Sons

MECCANICA DEL VOLO SPAZIALE II

AL0101

Prof. Franco BERNELLI ZAZZERA

Programma d'esame

Moto angolare di un corpo rigido.

Momento della quantità di moto - Tensore di inerzia - Energia cinetica di rotazione - Equazioni di Eulero - Moto spontaneo di un corpo rigido - Precessione, nutazione e librazione - Moto angolare di un corpo rigido con elementi posti in rotazione - Stabilità dell'assetto di satelliti a semplice e doppio spin - Coppia di gradiente di gravità - Dinamica e stabilità dell'assetto di satelliti rigidi soggetti a gradiente di gravità.

Cinematica e parametrizzazione dell'assetto.

Coseni direttori - Asse ed angolo di Eulero - Quaternioni - Vettore di Gibbs - Angoli di Eulero - Equazioni della cinematica dell'assetto.

Dispositivi per il controllo d'assetto.

Sensori di Sole - Sensori di orizzonte - Sensori di campo magnetico - Sensori di stelle, identificazione delle stelle - Strumenti giroscopici - Ruote di inerzia e di reazione - Gas jets - Magnetometri

Controllo automatico dell'assetto.

Richiami di teoria del controllo lineare - Determinazione dell'assetto - Misure di angoli tra satellite e corpi celesti - Misure di angoli tra due corpi celesti - Controllo d'assetto su 3 assi del puntamento a Terra di un satellite mediante ruote di inerzia - Controllo su 3 assi del puntamento inerziale di un satellite mediante attuatori a getto.

Manovre d'assetto.

Precessione del momento della quantità di moto per satelliti rigidi - Controllo dello spin mediante elementi dispiegabili - Strategie per l'esecuzione di grandi manovre - Manovre in tempo minimo -

Manovre a consumo minimo - Manovre a minimo dispendio energetico

Dinamica di sistemi spaziali a filo.

Introduzione ai sistemi spaziali a filo - Equazioni della dinamica di sistemi con filo a lunghezza fissa - Dinamica con lunghezza del filo variabile - Oscillazioni dei corpi d'estremità.

Libri consigliati

M.H. Kaplan: Modern Spacecraft Dynamics and Control, Ed. Wiley & Sons.

J.Wertz: Spacecraft Attitude Determination and Control, D.Reidel Publishing Company.

K.J. Ball, G.F. Osborne: Space Vehicle Dynamics, Clarendon Press.

M.D. Griffin, J.R. French: Space Vehicle Design, AIAA Educational Series.

B.Friedland: Control System Design: an Introduction to State-Space Methods, McGraw Hill.

F.P.J. Rimrott: Introductory Attitude Dynamics, Springer-Verlag.

MECCANICA DELLE ROCCE

AN0046

Prof. Giancarlo GIODA

Programma d'esame

1. Introduzione.

Definizione - Cenni storici - Connessioni tra la Meccanica delle Rocce e le altre discipline dell'Ingegneria Geotecnica - Concetti fondamentali di "Roccia" (roccia intatta intesa come materiale) e di "Ammasso Roccioso" (inteso come corpo discontinuo) - Genesi delle rocce e loro classificazione geologica - Mutamenti e degrado delle rocce.

2. Il "materiale" roccia.

Classificazione ingegneristica delle rocce - Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche meccaniche delle rocce intatte - Fattori che influenzano i risultati delle prove di laboratorio: interazione tra campione e macchina di prova, rigidità della macchina di prova, disomogeneità dello stato di sforzo all'interno del campione, dimensioni del campione - Criteri di rottura - Influenza del tempo sul comportamento meccanico delle rocce - Influenza delle deformazioni sui parametri di rigidità e resistenza meccanica delle rocce - Anisotropia delle rocce.

3. Ammassi rocciosi.

Discontinuità presenti negli ammassi rocciosi: loro genesi e classificazione - Indici di qualità della roccia - Metodi della geologia strutturale per la descrizione geometrica delle discontinuità piane - Proprietà meccaniche delle discontinuità: prove in laboratorio ed in sito - Influenza delle discontinuità sul comportamento globale di ammassi rocciosi - Stato tensionale negli ammassi rocciosi, sua determinazione e sua influenza sulle opere di ingegneria.

4. Opere superficiali in roccia e casi particolari di opere in terra.

Opere superficiali in roccia - Fondazioni - Stabilità statica e dinamica dei pendii - Analisi di stabilità in campo bi- e tri-dimensionale - Cenni sulle dighe in terra - Analisi della filtrazione non confinata - Scavi aperti - Opere di sostegno - Illustrazione di alcuni casi.

5. Opere profonde in roccia.

Le gallerie e le aperture sotterranee - Determinazione dello stato di sforzo e di deformazione attorno a gallerie - Il metodo della curva caratteristica - Stabilità del fronte di scavo - Aperture sotterranee di grandi dimensioni - Opere di supporto degli scavi sotterranei - Influenza del moto di filtrazione delle acque sulla stabilità delle gallerie - Cenni sulle tecniche di scavo e di supporto delle gallerie, sui metodi di drenaggio e di consolidamento della roccia - Valutazione di cedimenti superficiali indotti da scavi sotterranei in terra e roccia - Importanza dell'Observational Design Method nel progetto e nell'esecuzione di opere in roccia - Illustrazione di alcuni casi.

6. Metodi di calcolo automatico.

L'impiego dei metodi degli elementi finiti e delle equazioni integrali di contorno nell'analisi di opere in roccia - Applicazione a problemi elastici lineari, elasto-plastici e visco-plastici - Analisi delle discontinuità mediante elementi "di giunto" - Analisi di processi di scavo e costruzione incrementali - Illustrazione di alcuni casi - Cenni sui problemi di identificazione o "back analysis".

Libri consigliati

- K. G. Stagg, O.C. Zienkiewicz: *Rock Mechanics in Engineering Practice*, J. Wiley & Sons, 1969.
 Z.T. Bieniawski: *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*, Balkema, 1984
 J.C. Jaeger, N.G.W. Cook: *Foundamentals of Rock Mechanics*, Chapman and Hall, 1979.
 L. Obert, W.I. Duvall: *Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock*, J. Wiley & Sons, 1967.
 R.E. Goodman: *Methods of Geological Engineering in Discontinuos Rocks*, West Publishing Co., 1976.
 R.E. Goodman: *Introduction to Rock Mechanics*, J. Wiley & Sons, 1980.
 C. Jaeger: *Rock Mechanics and Engineering*, Cambridge University Press, 1979.
 G.N. Pande, G. Beer, J.R. Williams: *Numerical Methods in Rock Mechanics*, J. Wiley & Sons, 1990.
 E. Hoek, J.W. Bray: *Rock Slope Engineering*, Institution of Mining and Metallurgy, London, 1974.
 E. Hoek, E.T. Brown: *Underground Openings in Rock*, Institution of Mining and Metallurgy, London, 1980.
 N. Cristescu: *Rock Rheology*, Kluwer Academic Publisher, 1989.
 K. Szechy: *The Art of Tunneling*, Akademiai Kiado; Budapest, 1973.
 G. Gioda: *Dispense di Meccanica delle Rocce*, Clup, Milano, 1981.

MECCANICA RAZIONALE**AP0011**

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica e Nucleare)

Proff. Carlo CERCIGNANI, Maria LAMPIS*Programma d'esame*

- 1. Campi vettoriali.** - Generalità. Circolazione e flusso. Campi irrotazionali e solenoidali.
- 2. Cinematica.** - Gradi di libertà e coordinate libere. Spostamento di un punto e di un sistema; spostamenti rigidi finiti e infinitesimi; spostamento regolare infinitesimo. Spostamenti virtuali. Movimento di un punto e di un sistema. Velocità ed atto di moto. Atti di moto traslatorio, rotatorio, roto-traslatorio. Descrizione geometrica del moto rigido. Atto di moto di un sistema vincolato. Atto di moto virtuale. Accelerazione. Moto centrale e moto kepleriano, Distribuzione delle accelerazioni nel moto rigido. Cinematica relativa.
- 3. Statica.** - Statica del punto e dei sistemi di punti; reazioni vincolari; attrito. Sistemi equipollenti di forze. Baricentro. Statica dei corpi rigidi liberi e vincolati. Equazioni cardinali. Postulati della statica dei sistemi deformabili. Statica dei sistemi articolati. Statica dei fili e delle verghe. Statica dei continui tridimensionali deformabili: sforzi, relazione di Cauchy, equazioni indefinite. Statica dei fluidi. Principio dei lavori virtuali; equilibrio dei sistemi olonomi; equilibrio dei sistemi pesanti.
- 4. Dinamica fisica.** - Riferimenti. Leggi fondamentali della dinamica. Lavoro ed energia. Quantità meccaniche: momento d'inerzia, quantità di moto, momento delle quantità di moto, energia cinetica. Teoremi di conservazione. Equazioni cardinali della dinamica. Teorema dell'energia cinetica. Metodi dimensionali. Meccanica relativa.
- 5. Calcolo del movimento.** - Dinamica del punto materiale libero e vincolato; attrito dinamico. Dinamica del corpo rigido libero e vincolato; corpo rigido con asse fisso e con punto fisso. Postulati della dinamica dei sistemi. Principio di d'Alembert. Dinamica dei sistemi olonomi; equazioni di Lagrange. Stabilità dell'equilibrio e vibrazioni. Principio variazionale di Hamilton.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi attinenti agli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame comporta una prova scritta (non eliminatoria), seguita da una prova orale.

Libri consigliati

- Bruno Finzi: *Meccanica Razionale*, Voll. I e II Zanichelli, Bologna.
 Carlo Cercignani: *Spazio Tempo Movimento (Introduzione alla Meccanica Razionale)* Zanichelli, Bologna.
 Bruno Finzi, Paolo Udeschini: *Esercizi di Meccanica Razionale*, Masson, Milano
 G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: *Meccanica Razionale: Esercizi*, Masson, Milano.

MECCANICA RAZIONALE**AP0011**

(per gli allievi di Ingegneria Civile, Edile ed Elettrica)

Prof. Enrico ALBERTI, Giancesare BELLI*Programma d'esame*

- 1. Cinematica.** - Gradi di libertà e coordinate libere. Spostamento di un punto e di un sistema; spostamenti rigidi finiti e infinitesimi; spostamenti virtuali. Movimento di un punto e di un sistema. Velocità ed atto di moto. Atti di moto rigido e sue riduzioni. Atto di moto dei sistemi olonomi. Accelerazione. Moti centrali. Distribuzione delle accelerazioni nei moti rigidi. Cinematica relativa.
- 2. Statica.** - Statica del punto e dei sistemi di punti; reazioni vincolari; attrito. Statica del corpo rigido: sistemi equipollenti di forze; baricentri; equazioni cardinali. Statica dei sistemi articolati. Azioni interne. Postulati della statica dei continui deformabili. Statica dei fili e delle verghe. Statica dei continui deformabili tridimensionali: sforzi, relazione di Cauchy, equazioni indefinite di equilibrio. Statica dei fluidi. Principio dei lavori virtuali; equilibrio dei sistemi olonomi; stazionarietà del potenziale.
- 3. Dinamica fisica.** - Osservatori. Legge d'inerzia, legge fondamentale, principio di azione e reazione. Lavoro ed energia. Quantità meccaniche: quantità di moto, momento delle quantità di moto, energia cinetica. Momenti di inerzia ed ellissoide d'inerzia. Equazioni cardinali della dinamica, equazione dell'energia cinetica e teoremi di conservazione. Meccanica relativa: forze apparenti e loro proprietà.
- 4. Calcolo del movimento.** - Dinamica del punto materiale libero e vincolato; attrito dinamico. Dinamica del corpo rigido libero e vincolato; corpo rigido con asse fisso e con punto fisso. Dinamica dei sistemi di corpi rigidi. Principio di d'Alembert. Dinamica dei sistemi olonomi; equazioni di Lagrange. Stabilità dell'equilibrio e vibrazioni. Principio variazionale di Hamilton.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi attinenti agli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame comporta una prova scritta ed una prova orale, che vertono su teoria ed applicazioni.

Libri consigliati

B. Finzi: Meccanica Razionale, Voll. I e II Zanichelli, Bologna.

C. Cercignani: Spazio Tempo Movimento (Introduzione alla Meccanica Razionale) Zanichelli, Bologna.

A.M. Merri Manarini: Lezioni di Meccanica Razionale, Voll. I e II, Masson, Milano.

G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: Meccanica Razionale: Esercizi, Masson, Milano.

B. Finzi, P. Udeschini: Esercizi di Meccanica Razionale, Masson, Milano

G. Nespoli: Esercitazioni di Meccanica Razionale, Voll. I e II, CUSL, Milano.

MECCANICA RAZIONALE**AP0011**

(per gli allievi di Ingegneria Chimica)

Prof.ssa Anna Marisa MANARINI MERRI*Programma d'esame*

- 1. Campi ed operatori vettoriali. Tensori.** - Campi scalari e vettoriali, circolazione e flusso. Gradiente, divergenza, rotore, operatore di Laplace. Teorema della divergenza e di Stokes. Campi solenoidali, irrotazionali, armonici. Omografie vettoriali e tensori del 2° ordine. Tensore inverso, trasposto, simmetrico, emisimmetrico. Invarianti di un tensore, autovettori ed autovalori. Tensori di ordine superiore al secondo (cenno).
- 2. Cinematica.** - Sistemi di punti, gradi di libertà e coordinate libere. Richiami di cinematica del punto. Atto di moto rigido, formule di Poisson. Moto rigido piano. Cinematica relativa. Spostamenti virtuali e velocità virtuali. Sistemi olonomi.
- 3. Statica.** - Vettori applicati e forze. Risultante, momento risultante, invariante scalare, sistemi

equipollenti. Baricentro. Classificazione delle forze (attive, reattive, esterne, interne). Postulato fondamentale per le forze interne. Equazioni cardinali. Principio dei lavori virtuali. Principio di stazionarietà del potenziale.

4. **Dinamica.** - Principi fondamentali della dinamica. Moto oscillatorio armonico. Oscillazioni smorzate, oscillazioni forzate, risonanza. Moto centrale. Dinamica relativa. Centro di massa, momenti di inerzia, ellissoide d'inerzia. Equazioni cardinali. Teorema dell'energia cinetica. Integrali primi del moto. Principio d'Alembert. Dinamica dei sistemi olonomi, equazioni di Lagrange e di Hamilton. Principio variazionale di Hamilton.
5. **Stabilità e piccole oscillazioni.** - Stabilità di un sistema dinamico e stabilità dell'equilibrio. Teorema di Dirichlet. Piccole oscillazioni attorno ad una posizione di equilibrio stabile.
6. **Meccanica dei continui.** - Punto di vista euleriano e lagrangiano. Equazione di bilancio della massa. Tensore di deformazione. Tensore degli sforzi, relazione di Cauchy. Equazioni indefinite di equilibrio. Equazioni di bilancio della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Teorema dell'energia cinetica. Equazione del calore. Relazioni costitutive nei materiali. Corpi elastici, fluidi perfetti, fluidi viscosi. Equilibrio di un fluido, Equazione di moto di un fluido perfetto, teorema di Bernoulli. Equazione di Navier-Stokes per i fluidi viscosi.
7. **Problemi di propagazione e di diffusione.** - Equazioni differenziali alle derivate parziali fondamentali della Fisica Matematica (equazione delle onde, del calore, di Laplace, di Poisson). Classificazione. Nozione di problema ben posto. Esempi di metodi di integrazione. Applicazioni a particolari problemi di Fisica Matematica.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi attinenti agli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame comporta una prova scritta (non eliminatória), seguita da una prova orale.

Libri consigliati

- A.M. Manarini Merri: *Lezioni di Meccanica Razionale*, Voll. I e II, Ed. Masson.
 C. Cercignani: *Spazio Tempo Movimento (Introduzione alla Meccanica Razionale)*, Zanichelli, Bologna.
 B. Finzi: *Meccanica Razionale*, Voll. I e II, Zanichelli, Bologna.
 S.J. Farlow: *Partial Differential Equations for Scientist and Engineers*, Wiley, New York.
 L. Amerio: *Analisi Matematica 3 (Metodi matematici e applicazioni)*, Voll. I e II, UTET
 B. Finzi, P. Udeschini: *Esercizi di Meccanica Razionale*, Masson, Milano.
 G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: *Meccanica Razionale - Esercizi*, Masson, Milano.
 G. Nespola: *Esercitazioni di Meccanica Razionale*, CUSL, Milano.

MECCANICA RAZIONALE

AP0011

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica, Informatica e dei Materiali)

Prof. Carlo MOROSI, Giancarlo SPINELLI

Programma d'esame

1. **Calcolo vettoriale.** - Generalità. Geometria delle linee.
2. **Statica.** - Statica del punto e dei sistemi di punti; reazioni vincolari; attrito. Sistemi equipollenti di forze. Baricentro. Statica dei corpi rigidi liberi e vincolati. Equazioni cardinali. Postulati della statica dei sistemi deformabili. Statica dei sistemi articolati. Statica dei fili e delle verghe. Sforzi nei continui tridimensionali.
3. **Principio dei lavori virtuali.** - Gradi di libertà e coordinate libere. Spostamento di un punto e di un sistema; spostamenti rigidi finiti e infinitesimi; spostamento regolare infinitesimo. Spostamenti virtuali. Principio dei lavori virtuali; equilibrio dei sistemi olonomi; equilibrio dei sistemi pesanti.
4. **Cinematica del corpo rigido e di sistemi di corpi rigidi.** - Introduzione del formalismo matriciale in cinematica. Movimento di un punto e di un sistema. Velocità ed atto di moto. Atti di moto traslatorio, rotatorio, roto-traslatorio. Descrizione geometrica del moto rigido. Atto di

- moto di un sistema vincolato. Atto di moto virtuale. Accelerazione. Moto centrale e moto kepleriano. Distribuzione delle accelerazioni nel moto rigido. Cinematica relativa.
- 5. Dinamica fisica.** - Riferimenti. Leggi fondamentali della dinamica. Lavoro ed energia. Quantità meccaniche: momento d'inerzia, quantità di moto, momento delle quantità di moto, energia cinetica. Teoremi di conservazione. Equazioni cardinali della dinamica. Teorema dell'energia cinetica. Metodi dimensionali. Meccanica relativa.
- 6. Calcolo del movimento.** - Dinamica del punto materiale libero e vincolato; attrito dinamico. Dinamica del corpo rigido libero e vincolato; corpo rigido con asse fisso e con punto fisso. Postulati della dinamica dei sistemi. Principio di d'Alembert e sue applicazioni alla dinamica del corpo rigido e dei sistemi di corpi rigidi mutuamente accoppiati. Dinamica dei sistemi olonomi; equazioni di Lagrange. Stabilità dell'equilibrio e vibrazioni. Principio variazionale di Hamilton.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi attinenti agli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame comporta una prova scritta (non eliminatoria), seguita da una prova orale.

Libri consigliati

B. Finzi: Meccanica Razionale, Voll. I e II, Zanichelli, Bologna.

C. Cercignani: Spazio Tempo Movimento (Introduzione alla Meccanica Razionale), Zanichelli, Bologna.

A.M. Merri Manarini: Lezioni di Meccanica Razionale, Voll. I e II, Masson, Milano.

B. Finzi, P. Udeschini: Esercizi di Meccanica Razionale, Masson, Milano.

G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: Meccanica Razionale: Esercizi, Masson, Milano.

MECCANICA RAZIONALE

AP0011

(per gli allievi di Ingegneria Elettronica ed Informatica)

Prof.ssa Elisa BRINIS UDESCHINI

Programma d'esame

Premesse. Richiami di calcolo vettoriale. Elementi di calcolo tensoriale.

Cinematica. Gradi di libertà e coordinate libere. Spostamento di un punto e di un sistema; spostamenti rigidi finiti e infinitesimi; spostamento regolare infinitesimo. Spostamenti virtuali. Movimento di un punto e di un sistema. Velocità ed atto di moto. Atti di moto traslatorio, rotatorio, roto-traslatorio. Descrizione geometrica del moto rigido. Atto di moto di un sistema vincolato. Atto di moto virtuale. Accelerazione. Moto centrale e moto kepleriano. Distribuzione delle accelerazioni nel moto rigido. Cinematica relativa.

Statica. Statica del punto e dei sistemi di punti; reazioni vincolari; attrito. Sistemi equipollenti di forze. Baricentro. Statica dei corpi rigidi liberi e vincolati. Equazioni cardinali. Postulati della statica dei sistemi deformabili. Statica dei sistemi articolati. Statica dei fili e delle verghe. Statica dei continui tridimensionali deformabili: sforzi, relazione di Cauchy, equazioni indefinite. Statica dei fluidi. Principio dei lavori virtuali; equilibrio dei sistemi olonomi; equilibrio dei sistemi pesanti.

Dinamica fisica. Riferimenti. Leggi fondamentali della dinamica. Lavoro ed energia. Quantità meccaniche: momento d'inerzia, quantità di moto, momento delle quantità di moto, energia cinetica. Teoremi di conservazione. Equazioni cardinali della dinamica. Teorema dell'energia cinetica. Metodi dimensionali. Meccanica relativa.

Calcolo del movimento. Dinamica del punto materiale libero e vincolato; attrito dinamico. Dinamica del corpo rigido libero e vincolato; corpo rigido con asse fisso e con punto fisso. Postulati della dinamica dei sistemi. Principio di d'Alembert. Dinamica dei sistemi olonomi; equazioni di Lagrange. Stabilità dell'equilibrio e vibrazioni. Principio variazionale di Hamilton.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi attinenti agli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame comporta una prova scritta (non eliminatoria), seguita da una prova orale.

Libri consigliati

Bruno Finzi: Meccanica Razionale, Voll. I e II, Zanichelli, Bologna.
 Bruno Finzi, Paolo Udeschini: Esercizi di Meccanica Razionale, Masson, Milano.
 G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: Meccanica Razionale: Esercizi, Masson, Milano.
 G. Nespoli: Esercitazioni di Meccanica Razionale, CUSL, Milano.

Testi di consultazione

T. Levi-Civita, U. Amaldi: Meccanica Razionale, Zanichelli, Bologna.
 C. Cercignani: Spazio Tempo Movimento (Introduzione alla Meccanica Razionale), Zanichelli, Bologna.

MECCANICA RAZIONALE (1/2 annualità)**AP0106**

(per gli allievi di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio e Ingegneria Elettrica)

Prof. Aldo FREZZOTTI*Programma d'esame***1 - Richiami di Calcolo Vettoriale.**

Definizioni, operazioni fondamentali sui vettori, identità notevoli.

2 - Cinematica del punto.

Linea d'universo, traiettoria, curva oraria. Velocità, accelerazione, terna intrinseca. Moti centrali, coordinate polari nel piano, formula di Binet. Cinematica relativa: cambiamenti di riferimento, matrici di rotazione, velocità angolare, velocità ed accelerazione di trascinamento, accelerazione complementare, formule di Poisson.

3 - Meccanica Newtoniana.

Leggi di Newton: Principio d'inerzia legge fondamentale, sovrapposizione degli effetti. Equazioni Cardinali: quantità di moto, teorema del moto del centro di massa, momento della quantità di moto, momento di un sistema di forze. Il teorema dell'energia cinetica: energia cinetica, potenza, sollecitazione conservativa, potenza delle forze interne, il teorema di Koenig.

Applicazioni allo studio del moto di sistemi di punti: moto di un punto su una linea liscia, problema dei due corpi, oscillazioni forzate, risonanza.

Il corpo rigido (cinematica): spostamento rigido e matrici di rotazione, cenni agli angoli di Eulero, il teorema di Eulero, il teorema di Chasles, spostamento rigido infinitesimo, atto di moto rigido e sue proprietà, atto di moto rigido piano.

Il corpo rigido (dinamica): quantità meccaniche fondamentali, matrice d'inerzia e sue proprietà, Equazioni di Eulero. Il teorema dell'energia cinetica nella dinamica del corpo rigido.

Sistemi di forze equipollenti e loro riduzione, baricentri e loro proprietà. Caratterizzazione dei vincoli più comuni, reazioni vincolari. Applicazioni: calcolo del moto e delle reazioni vincolari in sistemi di corpi rigidi nel piano. Moto di un corpo rigido con asse fisso e calcolo delle reazioni vincolari. Moto per inerzia di un corpo rigido con punto fisso. Cenni alla statica del corpo rigido con applicazioni nel caso piano.

4 - Elementi di Meccanica Analitica.

Vincoli olonomi, cenni ai vincoli anolonomi, spostamento virtuale, lavoro virtuale, lavoro virtuale delle reazioni vincolari, vincoli ideali. Equazione simbolica della dinamica, Equazioni di Lagrange, funzione di Lagrange. Momenti cinetici ed integrali primi del moto, Lagrangiana ridotta, Integrale generalizzato dell'energia. Principio dei lavori virtuali, stazionarietà del potenziale e semplici applicazioni alla statica dei sistemi.

Modalità d'esame

L'esame si compone di una prova scritta seguita da una prova orale.

Libri consigliati

- C. Cercignani: Spazio, tempo, movimento..., Zanichelli.

- B. Finzi: Meccanica Razionale, Zanichelli.
- A.M. Merri Manarini: Lezioni di Meccanica Razionale, Masson.
- G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: Meccanica Razionale: Esercizi, Masson.
- B. Finzi, P. Udeschini: Esercizi di Meccanica Razionale, Masson.
- G. Nespoli: Esercitazioni di Meccanica Razionale, Masson.
- M.D. Vivarelli: Appunti di Meccanica Razionale, Masson.

MECCANICA RAZIONALE (1/2 annualità)
(per gli allievi di Ingegneria Gestionale ed Informatica)
Proff. Maurizio VIANELLO, Maria Dina VIVARELLI

AP0106

Programma d'esame

Cinematica. Richiami sui campi vettoriali. Cinematica del corpo rigido: configurazione, atto di moto, distribuzione delle accelerazioni. Vincoli e atto di moto virtuale. Cinematica relativa.

Meccanica newtoniana. Richiami di dinamica del punto. I teoremi generali della meccanica: della quantità di moto, del momento delle quantità di moto, dell'energia cinetica. Le equazioni cardinali della dinamica e della statica. Casi notevoli di equilibrio e di moto del punto e del corpo rigido vincolato. Cenni di meccanica dei sistemi articolati. Meccanica relativa.

Meccanica analitica. Principio dei lavori virtuali e stazionarietà del potenziale. La relazione simbolica della dinamica. Equazioni di Lagrange per sollecitazione generica e conservativa. Costanti del moto. Cenni di stabilità dell'equilibrio.

Avvertenza. Per gli studenti del vecchio Corso di Laurea in Ingegneria delle Tecnologie Industriali il programma del corso è quello dell'annualità comune agli altri corsi di laurea (Ingegneria Meccanica esclusa).

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi attinenti agli argomenti del corso.

Modalità d'esame

L'esame comporta una prova scritta, seguita da una prova orale.

Libri consigliati

Gli argomenti svolti nel corso e nelle applicazioni sono contenuti in

C. Cercignani: Spazio, tempo, movimento. Introduzione alla Meccanica Razionale, Zanichelli.

B. Finzi: Meccanica Razionale, Zanichelli.

T. Levi-Civita, U. Amaldi: Compendio di Meccanica Razionale, Zanichelli.

A.M. Merri Manarini: Lezioni di Meccanica Razionale, Masson.

M.D. Vivarelli: Appunti di Meccanica Razionale, Corso semiannuale, Masson.

B. Finzi, P. Udeschini: Esercizi di Meccanica Razionale, Masson.

G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: Meccanica Razionale: Esercizi, Masson.

G. Nespoli: Esercitazioni di Meccanica Razionale, CUSL.

MECCANICA SPERIMENTALE
Prof. Carlo Andrea MAROZZI

AR0127

*Programma d'esame***Introduzione al corso.**

Il problema ingegneristico dell'equilibrio di un corpo deformabile; la legge costitutiva; il rilevamento delle deformazioni; metodi sperimentali.

Relazioni spostamenti deformazioni.

Usuali semplificazioni; definizioni di deformazioni; relazioni generali spostamenti-deformazioni (per deformazioni e spostamenti grandi e per deformazioni e spostamenti piccoli).

Le macchine di prova dei materiali.

Le macchine di prova universali; le macchine di prova a comando manuale; le macchine elettroidrauliche ed elettromeccaniche; il comando e la programmazione delle macchine universali a comando elettronico; il controllo della macchina; la misura del carico, della deformazione, dello spostamento; gli accessori; la verifica delle macchine di prova; l'influenza della velocità dell'applicazione del carico, della deformabilità delle macchine di prova sul carico di snervamento del provino; deformabilità delle macchine di prova e rapporto di durezza; sistemi ed impianti di prova; macchine di prova statiche e a fatica; i vari tipi di dinamometri meccanici, elettrici e idraulici.

I diversi tipi di prova.

Prove statiche; prove a fatica oligociclica e a lungo termine; prove di scorrimento viscoso; prove sugli ingranaggi.

Campi di deformazione ad elevato gradiente.

Cenni di meccanica della frattura; fattori di intensità degli sforzi; il C.O.D. e l'integrale J; metodi standardizzati per la determinazione dei parametri della meccanica della frattura.

Cenni di teoria dell'elasticità per lo studio dei modelli.

Prodotto dimensionale; omogeneità dimensionale; strutture elastiche staticamente caricate; applicazione del metodo al problema specifico degli sforzi; similarità strutturale.

Metodi interferometrici per l'indagine sperimentale su solidi elastici.

Metodi ottici a bassa sensibilità (interferometria Moirè); metodi ottici ad elevata sensibilità (interferometria olografica, Speckle e metodo del phototest).

Metodi per il rilevamento del danno.

Interferometria olografica; emissione acustica e termografia (basi fondamentali).

Esercitazioni

Nell'ambito del corso si prevedono esercitazioni di carattere sperimentale sia sull'utilizzo delle macchine di prova sia sull'applicazione dei metodi interferometrici.

Libri consigliati

Bray, Vicentini: Meccanica sperimentale, Ed. Levrotto e Bella
 Yokobary: Strength, Fracture and Fatigue of metals, Ed. P. Noordhoff.
 Durelli, V.J. Parks: Moirè Analysis, Ed. Prentice-Hall.
 R.J. Klaiber: Lasers in industry, Ed. Charschan.

METALLURGIA**AR0070****Proff. Mario BALBI, Giuseppe SILVA***Programma d'esame*

Brevi nozioni di fisica dei metalli.

Diagrammi di stato delle leghe metalliche con particolare riferimento a: Fe-Ni, Fe-Cr, Cu-Zn, Al-Cu. Fasi e costituenti del diagramma Fe-C.

Trattamenti termici: punti critici, influenza della velocità di raffreddamento, curve isoterme e anisoterme, strutture degli acciai. Trattamenti termici di interesse applicativo: ricottura, normalizzazione, tempra, ricottura di addolcimento, rinvenimento, bonifica. Trattamenti particolari. Trattamenti termochimici di diffusione: cementazione e nitrurazione.

Influenza degli elementi aggiunti al ferro sul campo gamma e sulle proprietà; diagrammi strutturali allo stato ricotto di acciai legati al Ni, Mn, Cr, ecc. ed al Cr-Ni.

Proprietà meccaniche; prove meccaniche; significato e validità dei dati ricavabili da tali prove e loro reciproche correlazioni.

Cenni sulle proprietà fisiche, sugli esami metallografici e sui controlli non distruttivi.

Fenomeni metallurgici di particolare interesse applicativo: fragilità, scorrimento viscoso, fatica, usura e corrosione.

Classificazione degli acciai; in particolare, per gli acciai da costruzione, calcolo approssimato di R in funzione della composizione chimica, indici di qualità, cicli schematici di lavorazione e trattamento termico. Proprietà e applicazioni: degli acciai comuni e di qualità; degli acciai speciali da costruzione (bonifica, cementazione, nitrurazione, molle autotemperanti); degli acciai per utensili.

Cenni sugli acciai inossidabili e sulle ghise.

Classificazione, proprietà e applicazioni dei principali metalli e leghe non ferrose: alluminio, rame, nichel, titanio.

Materiali compositi a matrice metallica. Proprietà meccaniche. Campi di impiego. Lavorazioni caratteristiche.

Introduzione alle materie plastiche. Proprietà meccaniche; elasticità e viscoelasticità; scorrimento e rottura; rilassamenti e scorrimenti per sollecitazioni meccaniche periodiche. Applicazioni nei diversi settori industriali. Tecnologie di lavorazione.

Introduzione ai materiali compositi a matrice polimerica.

Introduzione ai materiali ceramici. Proprietà termiche e meccaniche. Applicazioni. Preparazione e lavorazioni.

Queste parti sono tenute in forma seminariale, ed hanno lo scopo di introdurre l'allievo alle tematiche dei materiali alternativi di interesse per l'ingegneria meccanica.

Libri consigliati

W. Nicodemi: Metallurgia, ed. Masson, Milano, 1991.

METALLURGIA (C)

AR0131

Prof. Walter NICODEMI

Programma d'esame

Nozioni di fisica dei metalli: i solidi cristallini e i loro difetti.

Diagrammi di stato delle leghe metalliche, con particolare riferimento ai diagrammi binari Fe-Ni, Fe-Cr, Cu-Zn, Al-Cu. Fasi e costituenti strutturali del diagramma Fe-C.

Influenza degli elementi aggiunti al metallo base. Influenza degli elementi aggiunti al ferro sul campo gamma e sulle proprietà; diagrammi strutturali allo stato ricotto degli acciai legati al Ni, Mn, Cr, ecc. e al Cr-Ni. Influenza degli elementi aggiunti all'alluminio. Influenza degli elementi aggiunti al rame.

Trattamenti termici delle leghe ferrose: punti critici, influenza della velocità di raffreddamento, curve isoterme ed anisoterme, strutture degli acciai. Trattamenti termici di interesse applicativo: ricottura, normalizzazione, tempra, ricottura di addolcimento, rinvenimento, bonifica. Trattamenti termici particolari. Trattamenti termochimici di diffusione. Trattamenti termici di metalli e leghe non ferrose.

Proprietà fisiche e proprietà meccaniche. Significato e validità dei dati ricavabili dalle prove meccaniche e loro reciproche correlazioni; esami metallografici; controlli non distruttivi; prove di laboratorio e sul campo.

Fenomeni metallurgici di particolare interesse applicativo: fatica, fragilità, scorrimento viscoso, corrosione, usura.

Classificazione e criteri di scelta degli acciai e delle ghise. Proprietà ed applicazione degli acciai comuni e di qualità, degli acciai speciali e delle ghise.

Classificazione, criteri di scelta, proprietà ed applicazioni dei principali metalli e leghe non ferrose: alluminio, rame, nichel, magnesio, titanio, ecc.

La metallurgia nei processi di lavorazione e di trasformazione: metallurgia della saldatura, delle lavorazioni per asportazione di truciolo, delle lavorazioni per deformazione plastica a caldo e a freddo, dei processi fusori e di fonderia; metallurgia delle polveri.

Libri consigliati

W. Nicodemi: Metallurgia, ed. Masson, Milano, 1991.

METODI DI COMUNICAZIONE TECNICA (corso libero)

AR0145

Prof. Edoardo ROVIDA

Programma d'esame

1. I principi generali.

- oralità, scrittura e comunicazione

- la comunicazione in campo tecnico ed i relativi schemi logici
- cenni alle teorie psicologiche dell'apprendimento ed alla teoria dell'informazione

2. La strutturazione.

- gli obiettivi della comunicazione (il "comportamento terminale")
- i prerequisiti della comunicazione (il "comportamento iniziale")
- l'analisi degli obiettivi
- evidenziazione e sintesi dei concetti che costituiscono gli obiettivi

3. L'unità di comunicazione.

- l'elemento base della comunicazione
- la parti costituenti: informativa, critica, applicativa

4. Scelta del mezzo di trasmissione.

- principi generali
- i principali tipi di trasmissione: verbale, scritta, grafica, audiovisiva, espositiva, informatica, multimediale

5. Altri problemi di comunicazione.

- la didattica tecnica
- la comunicazione in azienda
- lo sviluppo della creatività
- la capacità di relazionare
- la verifica
- l'orientamento
- l'educazione permanente

Esercitazioni

Durante il corso verranno organizzati alcuni incontri con rappresentanti di Aziende, allo scopo di esaminare le principali problematiche della comunicazione aziendale.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio sugli argomenti del corso.

Libri consigliati

G. F. Biggoggero, E. Rovida Metodi di comunicazione tecnica CittàStudi (in corso di pubblicazione)
 C.E. Shannon, W. Weaver La teoria matematica della comunicazione Etas Libri
 E. Matriccioni La scrittura tecnico-scientifica CittàStudi
 Ulteriore bibliografia di approfondimento verrà indicata durante il corso.

METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA

AP0013

Prof. Giovanni PROUSE

Programma d'esame

1. **Teoria delle distribuzioni.** Gli spazi D e D' . Definizione delle operazioni fondamentali. Derivazione ed integrazione. Convoluzione. Distribuzioni temperate. Distribuzioni periodiche e serie di Fourier. Trasformata di Fourier. Trasformata di Laplace. Equazioni di convoluzione. Distribuzioni in più variabili.
2. **Equazioni alle derivate parziali nell'ambito della teoria delle distribuzioni.** Definizione di soluzione e di problema ben posto. L'equazione di D'Alembert nell'ambito delle distribuzioni: soluzione fondamentale, integrale generale, discontinuità. Introduzione alla teoria hilbertiana delle equazioni alle derivate parziali. L'equazione generalizzata di Poisson: definizione di soluzione debole e sua interpretazione fisica, teoremi di esistenza ed unicità, soluzione fondamentale, autovalori ed autosoluzioni. Altri esempi di equazioni di tipo ellittico. L'equazione generalizzata delle onde: definizione di soluzione debole e sua interpretazione fisica, problemi di propagazione, teoremi di esistenza ed unicità. L'equazione generalizzata del calore: definizione di soluzione debole, teoremi di esistenza ed unicità. L'equazione di Schrödinger. Risoluzione di equazioni di evoluzione con il metodo delle trasformate.
3. **Analisi funzionale.** Operatori lineari limitati negli spazi di Banach. Spazio duale. Teorema di

- Hahn-Banach. Prodotto di operatori. Polinomi e serie di potenze di operatori. Teorema dell'uniforme limitatezza. Convergenza forte di una successione di operatori. Operatore inverso; teoremi di limitatezza e di dipendenza continua. Operatore aggiunto negli spazi di Hilbert. Operatori autoaggiunti. Proiettori ed operatori unitari. Convergenza scalare e convergenza debole. Compattezza debole negli spazi di Hilbert. Autovalori, autosoluzioni, autovettori; caso autoaggiunto. Valori singolari. Risoluzione dell'equazione di Fredholm. Teoremi di Fredholm. L'equazione di Fredholm nel caso autoaggiunto. Sviluppi in serie di autosoluzioni. Teoremi di punto unito. L'integrale di Stieltjes.
4. **Teoria spettrale degli operatori.** Ordinamento parziale degli operatori autoaggiunti. Funzioni di un operatore autoaggiunto. Analisi spettrale degli operatori autoaggiunti limitati. Operatori illimitati. Operatori chiusi. Il teorema del grafico chiuso. Aggiunto di un operatore illimitato; operatori simmetrici ed autoaggiunti. Teorema di decomposizione spettrale di Von Neumann. Risolvente e spettro di un operatore lineare. Analisi spettrale degli operatori autoaggiunti illimitati. Spettro puntuale e spettro continuo. Teoremi di sviluppo.
 5. **Calcolo delle variazioni.** Insiemi compatti. Funzionali semicontinui inferiormente. Teorema fondamentale di esistenza di un minimo. Successioni relativamente compatte; teoremi di Ascoli-Arzelà e di Tonelli. Teoremi di semicontinuità inferiore. Teorema di esistenza di un minimo. Equazione non lineare della corda vibrante; interpretazione variazionale ed esistenza di una configurazione di equilibrio nel caso statico; teorema di unicità. Teorema di densità. Calcolo numerico delle funzioni di minimo; metodi di Ritz e di penalizzazione. Cenni sugli ulteriori sviluppi del calcolo delle variazioni.
 6. **Analisi qualitativa di sistemi differenziali ordinari non lineari.** Posizione del problema. Sistemi autonomi e sistemi periodici. Analisi nell'intorno di un punto singolare. Traiettorie di separazione o di addensamento. Soluzioni periodiche e cicli limiti. Teorema topologico di Brouwer. Analisi qualitativa di equazioni non lineari della meccanica e dell'elettronica. Modelli matematici biologici. Analisi qualitativa nel campo analitico.

Modalità d'esame

L'esame consiste di una prova orale.

Il programma consta degli argomenti:

- 1, 2, 3 e di uno, a scelta, degli argomenti 4, 5, 6 per gli studenti che abbiano seguito un corso annuale di Analisi Matematica III;
- 2, 3 e di due, a scelta, degli argomenti 4, 5, 6 per gli studenti che abbiano seguito il corso semiannuale 1 di Analisi Matematica III;
- 1, 3 e di due, a scelta, degli argomenti 4, 5, 6 per gli studenti che abbiano seguito un corso semiannuale 2A di Analisi Matematica.
- 1, 2, 3 e di uno, a scelta, degli argomenti 4, 5, 6 per gli studenti che abbiano seguito il corso semiannuale 2B di Analisi Matematica III.

Libri consigliati

- L. Amerio: *Analisi Matematica con elementi di Analisi Funzionale. Metodi Matematici ed applicazioni*, parte I e II UTET, 1986.
- L. Schwarz: *Theorie des distributions*, voll. I e II, Hermann, 1966.
- L. Schwarz: *Methodes mathematiques pour les sciences physiques*, Hermann, 1965.
- O.A. Ladyzhenskaja: *The boundary value problems of mathematical physics*, Springer, 1985.
- F. Riesz, B. Sz Nagy: *Lecons d'analyse fonctionnelle*, Gauthier-Villars, 1965.
- K. Yoshida: *Functional Analysis*, Springer, 1966.
- E. Lorch: *Spectral theory*, Oxford University Press, 1962.
- L. Tonelli: *Fondamenti di Calcolo delle variazioni*, voll. I e II, Zanichelli, 1928.
- C.B. Morrey: *Multiple integrals in the Calculus of variations*, Springer, 1966.
- V. Nemitskii, V.V. Stepanov: *Qualitative theory of differential equations*, Princeton University Press, 1960.

METODI NUMERICI PER L'INGEGNERIA (1/2 annualità)
Prof. Alfio QUARTERONI

AP0113

Scopo.

Il corso intende fornire una presentazione rigorosa dei "moderni" metodi di approssimazione di problemi alle derivate parziali, con riferimento alle proprietà di stabilità, convergenza, accuratezza. Si presentano inoltre algoritmi efficienti di risoluzione di sistemi sparsi di grandi dimensioni, derivanti da discretizzazioni basate sul metodo degli elementi finiti, delle differenze finite e sui metodi spettrali, con riferimento a vari problemi della fisica-matematica.

In particolare, si considerano problemi associati a equazioni di tipo ellittico (con riferimento a problemi di potenziale e dell'elasticità lineare), parabolico (equazioni di diffusione e trasporto), e iperbolico (con riferimento a leggi di conservazione), nonché alcune applicazioni rilevanti a problemi dell'ingegneria.

Questo corso mette a fuoco gli aspetti numerici dei problemi alle derivate parziali. I corrispondenti aspetti-analitici sono invece sviluppati nel corso (semi-annuale) di Analisi Matematica III (2). I due corsi pertanto saranno strettamente coordinati.

Contenuti.

1. Richiami di formulazioni "variazionali" di problemi differenziali al contorno.
2. Generalità sulle moderne metodologie di approssimazione: il metodo di Galerkin e di collocazione. Analisi di stabilità e convergenza.
3. Due esempi notevoli di approssimazione: gli elementi finiti e i metodi spettrali.
4. Problemi di evoluzione per equazioni di tipo parabolico (equazioni di diffusione e diffusione-trasporto).
5. Il metodo Petrov-Galerkin e la viscosità numerica; metodi di stabilizzazione.
6. Approssimazione di problemi di evoluzione per equazioni di tipo iperbolico (leggi di conservazione, equazione delle onde).
7. Algoritmi moderni di risoluzione di sistemi lineari di grandi dimensioni associati ad equazioni a derivate parziali. Metodi iterativi con preconditionamento, metodi multigrid.
8. Tecniche numeriche per la discretizzazione della derivata temporale in processi evolutivi: metodi alle differenze finite, e metodi di tipo "fractional step". Applicazione alle equazioni paraboliche ed iperboliche.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale. Per quegli studenti che avessero seguito il corso semiannuale di Analisi Matematica III (2) è prevista una prova d'esame coordinata fra i due corsi.

Testi consigliati

A. Quarteroni, A. Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Springer-Verlag, Berlin, 1994.

Claes Jonhson: Numerical solution of partial equations by the finite element method, Cambridge University Press, 1987.

Pierre-Arnaud Raviart, Jean-Marie Thomas: Introduction à l'analyse numerique des équations aux dérivées partielles, Masson, Paris, 1983.

C. Canuto, M.Y. Hussaini, A. Quarteroni, T.A. Zang: Spectral Methods in Fluid Dynamics, Springer, New York, 1988

METODI PROBABILISTICI, STATISTICI E PROCESSI STOCASTICI (1/2 ann.) AP0103
Prof. Thomas F. CARROL
Programma d'esame

1. **Probabilità.** Richiami di teoria degli insiemi. Spazio dei campioni, eventi, algebra degli eventi. Definizione assiomatica di probabilità. Probabilità condizionata e indipendenza stocastica. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes. Esempi.

2. **Variabili casuali e funzioni di distribuzione (f.d.d.).** F.d.d. discrete: funzione indicatrice di un evento (distribuzione di Bernoulli), estrazioni seguite da reimpulso (distribuzione binomiale), estrazione senza reimpulso (distribuzione ipergeometrica), tempo di attesa del primo successo (distribuzione geometrica e di Pascal), dell'ennesimo successo (distribuzione binomiale e negativa), distribuzione di Poisson, ... F.d.d. continue e funzioni di densità: distribuzione uniforme, gaussiana, esponenziale (tempo di attesa nel continuo), ... Caratteristiche numeriche delle variabili casuali: il valore atteso, varianza, momenti, significato fisico, calcolo di aspettative e varianze. Altri indici posizionali: mediana, moda, ... Funzioni di una variabile casuale. Disuguaglianze di Tchebycheff e di Jensen. Funzione generatrice dei momenti. Funzioni caratteristiche (f.c.) di una variabile casuale; proprietà ed esempi. Corrispondenza biunivoca tra f.d.d e f.c.
3. **Distribuzioni congiunte e condizionate.** Funzioni di distribuzione congiunte, esempi: distribuzione multinomiale, uniforme, gaussiana. Valori attesi, matrice di covarianza, coefficiente di correlazione. Distribuzioni condizionate per variabili casuali discrete e continue. Valori attesi condizionati. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Funzioni di più variabili casuali. Somma di variabili casuali. Propagazione della covarianza, propagazione degli errori.
4. **Campionamento e distribuzioni campionarie.** Statistiche e momenti campionari. Convergenza in probabilità di una successione di variabili casuali. Legge debole dei grandi numeri. Convergenza in legge. Teorema limite centrale o teorema centrale della statistica. Esempi ed applicazioni.
5. **Stima di parametri puntuale e per intervalli.** Stima puntuale di parametri. Metodi di ricerca di stimatori. Stimatori di massima verosimiglianza e loro proprietà. Stimatori non distorti (unbiased), consistenti, efficienti. Disuguaglianza di Cramér-Rao. La famiglia esponenziale. Statistiche sufficienti, complete. Teoremi di Rao-Blackwell e di Lehmann-Scheffé. Intervalli di confidenza. Applicazione alla stima dei parametri di una distribuzione gaussiana.
6. **Regressione lineare.** Coefficienti di correlazione lineare. Curve di regressione. Metodo dei minimi quadrati. Teorema di Gauss-Markov. Modelli lineari e non lineari, parametrici e non.

Modalità d'esame

Prova scritta, più prova orale facoltativa.

Testi consigliati

A.M. Mood, F.A. Graybill, D.C. Boes: Introduzione alla Statistica, McGraw-Hill Italia, Milano, 1988.

E. Parzen: Stochastic Processes, Holden-Day, San Francisco, 1962.

P. Baldi: Calcolo delle Probabilità e Statistica, McGraw-Hill, 1992.

Testi di consultazione

A. Papoulis: Probabilità, Variabili Aleatorie e Processi Stocastici, Boringhieri, Torino, 1973.

L. Daboni: Calcolo delle Probabilità ed Elementi di Statistica, U.T.E.T., Torino, 1970.

N.G. van Kampen: Stochastic Processes in Physics and Chemistry, North-Holland, Amsterdam, 1981.

B.V. Gnedenko: Teoria della Probabilità, Editori Riuniti, Roma, 1979.

METODI PROBABILISTICI, STATISTICI E PROCESSI STOCASTICI**AP0102**

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica e Nucleare)

Proff. Federico MARCHETTI, Maurizio VERRI*Programma d'esame*

1. **Probabilità.** Richiami di teoria degli insiemi. Spazio dei campioni, eventi, algebra degli eventi. Definizione assiomatica di probabilità. Assioma di continuità e di completa additività. Probabilità condizionata e indipendenza stocastica. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes.
2. **Variabili casuali e funzioni di distribuzione. F.d.d.** F.d.d. discrete: funzioni indicatrici di un evento (distribuzione di Bernoulli), estrazioni seguite da reimpulso (distribuzione binomiale), estrazioni senza reimpulso (distribuzione ipergeometrica), tempo di attesa del primo successo (distribuzione geometrica o di Pascal), dell'ennesimo successo (distribuzione binomiale

- negativa), distribuzione di Poisson. F.d.d. continue e funzioni di densità: distribuzione uniforme, gaussiana, esponenziale (tempo di attesa nel continuo). Caratteristiche numeriche delle variabili casuali: valore atteso, varianza, momenti, significato fisico, calcolo di aspettative e varianze. Altri indici posizionali: mediana, moda, quantili. Funzioni di una variabile casuale. Disuguaglianze di Techebycheff e di Jensen. Funzione generatrice dei momenti. Funzione caratteristica (f.c.) di una variabile casuale; proprietà ed esempi. Corrispondenza biunivoca tra f.d.d. e f.c.
3. **Distribuzioni congiunte e condizionate.** Funzioni di distribuzione congiunte, esempi: distribuzione multinomiale, uniforme, gaussiana. Valori attesi, matrice di covarianza, coefficiente di correlazione. Distribuzione condizionate per variabili casuali discrete e continue. Valori attesi condizionati. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Funzioni di più variabili casuali. Somma di variabili casuali. Propagazione della covarianza, propagazione degli errori.
 4. **Campionamento e distribuzione campionarie.** Statistiche e momenti campionari. Convergenza in probabilità di una successione di variabili casuali. Legge debole dei grandi numeri. Convergenza in legge. Teorema limite centrale. Esempi ed applicazioni.
 5. **Stima di parametri puntuale e per intervalli.** Stima puntuale di parametri. Metodi di ricerca di stimatori. Stimatori di massima verosimiglianza e loro proprietà. Stimatori non distorti, consistenti, efficienti. Disuguaglianza di Cramér-Rao. La famiglia esponenziale. Statistiche sufficienti, complete. Teoremi di Rao-Blackwell e di Lehmann-Scheffé. Intervalli di confidenza. Applicazione alla stima dei parametri di una distribuzione gaussiana.
 6. **Regressione lineare.** Coefficienti di correlazione lineare. Curve di regressione. Metodo dei minimi quadrati. Teorema di Gauss-Markov.
 7. **Processi stocastici.** Definizione e legge di probabilità di un processo stocastico. Funzioni di distribuzione di probabilità e funzioni caratteristiche finito-dimensionali. Esempi. Indipendenza. Processi stocastici a incrementi indipendenti. Processi di Wiener e di Poisson. Il processo di Poisson sotto selezione casuale. Tempi d'attesa per il processo di Poisson. Funzioni valore medio e covarianza per un processo stocastico. Esempi di calcolo di tali funzioni. Processi strettamente stazionari di ordine k . Processi strettamente stazionari. Processi stazionari in senso lato. Processi stocastici gaussiani (o normali). Operazioni lineari su processi gaussiani. Processi stocastici asintoticamente normali. Cenni sul concetto di ergodicità. La media campionaria per un processo a parametro discreto. Convergenza in media quadratica. Integrazione e derivazione di processi stocastici.
 8. **Processi di Markov.** Definizione di processo di Markov. Spazio degli stati. Classificazione in base al tipo di spazio degli stati e di parametro. Esempi. Funzione di probabilità di transizione. Catene di Markov a parametro discreto. Distribuzione di probabilità ad un tempo. Probabilità di transizione in n passi. Notazione matriciale; vettori stocastici e matrici stocastiche. Equazione di Chapman-Kolmogorov. Catene di Markov a parametro discreto omogenee. La distribuzione d'equilibrio o a tempi lunghi. Tempi d'attesa, tempi d'attesa medi e connessione con la soluzione d'equilibrio. Catene di Markov omogenee a parametro continuo (spazio degli stati finiti). Equazione di Chapman-Kolmogorov. Generatore infinitesimale. Tempi medi di permanenza. Matrice di transizione infinitesimale. Master equation.
 9. **Verifica di ipotesi.** Confronto fra due ipotesi statistiche; ipotesi semplici ed ipotesi composte; la regione critica migliore; lemma di Neyman-Pearson. Esempi. Tests uniformemente più potenti; funzione di potenza. Il metodo di massima verosimiglianza nel confronto fra due ipotesi. Esempi. Criterio del rapporto di verosimiglianza generalizzato. Il test chi-quadrato.

Modalità d'esame

Prova scritta, più prova orale facoltativa.

Libri consigliati

- A.M. Mood, F.A. Graybill, D.C. Boes: Introduzione alla Statistica, McGraw-Hill Italia, Milano, 1988.
 P. Baldi: Stochastic Processes, Holden-Day, San Francisco, 1962.
 P. Baldi: Calcolo delle Probabilità e Statistica, McGraw-Hill, 1992.

Testi di consultazione

- A. Papoulis: Probabilità, Variabili Aleatorie e Processi Stocastici, Boringhieri, Torino, 1973.
 L. Daboni: Calcolo delle Probabilità ed Elementi di Statistica, U.T.E.T., Torino, 1970.
 B.V. Gnedenko: Teoria della Probabilità, Editori Riuniti, Roma, 1979.

Eserciziari

M.R. Spiegel: Probabilità e Statistica, ETAS libri (collana SHAUM), 1979.

M.I. Stoka: Esercizi e problemi di Calcolo delle Probabilità e Statistica Matematica, Cedam, Padova 1989.

B. Apolloni, A. Barchielli, E. Battistini, D. De Falco, M. Verri: Problemi svolti di Probabilità e Statistica Matematica, McGraw-Hill Italia, Milano 1993.

METODI PROBABILISTICI, STATISTICI E PROCESSI STOCASTICI**AP0102**

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni)

Prof. Alessandro GLUSCIAK*Programma d'esame*

1. **Probabilità.** Richiami di teoria degli insiemi. Spazio dei campioni, eventi, algebra degli eventi. Definizione assiomatica di probabilità. Probabilità condizionata e indipendenza stocastica. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes. Esempi.
2. **Variabili casuali e funzioni di distribuzione (f.d.d.).** F.d.d. discrete: funzione indicatrice di un evento (distribuzione di Bernoulli), estrazioni seguite da reimbussolamento (distribuzione binomiale), estrazione senza reimbussolamenti (distribuzione ipergeometrica), tempo di attesa del primo successo (distribuzione geometrica e di Pascal), dell'ennesimo successo (distribuzione binomiale e negativa), distribuzione di Poisson,.... F.d.d. continue e funzioni di densità: distribuzione uniforme, gaussiana, esponenziale (tempo di attesa nel continuo),.... Caratteristiche numeriche delle variabili casuali: il valore atteso, varianza, momenti, significato fisico, calcolo di aspettative e varianze. Altri indici posizionali: mediana, moda,.... Funzioni di una variabile causale. Disuguaglianze di Tchebycheff e di Jensen. Funzione generatrice dei momenti. Funzioni caratteristiche (f.c.) di una variabile casuale; proprietà ed esempi. Corrispondenza biunivoca tra f.d.d e f.c.
3. **Distribuzioni congiunte e condizionate.** Funzioni di distribuzione congiunte, esempi: distribuzione multinomiale, uniforme, gaussiana. Valori attesi, matrice di covarianza, coefficiente di correlazione. Distribuzioni condizionate per variabili casuali discrete e continue. Valori attesi condizionati. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Funzioni di più variabili casuali. Somma di variabili casuali. Propagazione della covarianza, propagazione degli errori.
4. **Campionamento e distribuzioni campionarie.** Statistiche e momenti campionari. Convergenza in probabilità di una successione di variabili casuali. Legge debole dei grandi numeri. Convergenza in legge. Teorema limite centrale o teorema centrale della statistica. Esempi ed applicazioni.
5. **Stima di parametri puntuale e per intervalli.** Stima puntuale di parametri. Metodi di ricerca di stimatori. Stimatori di massima verosimiglianza e loro proprietà. Stimatori non distorti (unbiased), consistenti, efficienti. Disuguaglianza di Cramér-Rao. La famiglia esponenziale. Statistiche sufficienti, complete. Teoremi di Rao-Blackwell e di Lehmann-Scheffé. Intervalli di confidenza. Applicazione alla stima dei parametri di una distribuzione gaussiana.
6. **Regressione lineare.** Coefficienti di correlazione lineare. Curve di regressione. Metodo dei minimi quadrati. Teorema di Gauss-Markov. Modelli lineari e non lineari, parametrici e non.
7. **Complementi: probabilità e variabili casuali.** Algebra di Borel. Assioma di continuità e di completa additività. Esperimenti indipendenti: schema di Bernoulli, distribuzione binomiale. Teoremi asintotici di De Moivre e Laplace (locale ed integrale). Esempi di applicazioni: legge debole dei grandi numeri. Entropia, entropia relativa ed applicazioni. Teorema di Cramér sulla somma di variabili casuali distribuite normalmente.
8. **Processi stocastici.** Definizione e legge di probabilità di un processo stocastico. Funzioni di distribuzione di probabilità e funzioni caratteristiche finito-dimensionali. Esempi. Indipendenza. Processi stocastici a incrementi indipendenti. Processi di Wiener e di Poisson. Il processo di Poisson sotto selezione casuale. Tempi d'attesa per il processo di Poisson. Funzioni valore medio e covarianza per un processo stocastico. Esempi di calcolo di tali funzioni. Processi strettamente stazionari di ordine k . Processi strettamente stazionari. Processi stazionari in senso lato. Processi stocastici gaussiani o normali. Operazioni lineari su processi gaussiani. Processi stocastici asintoticamente normali. Cenni sul concetto di ergodicità. La media campionaria per un processo a parametro discreto. Convergenza in media quadratica. Integrazione e derivazione di processi stocastici.
9. **Processi di Markov.** Definizione di processo di Markov. Spazio degli stati. Classificazione in

base al tipo di spazio degli stati e di parametro. Esempi. Funzioni di probabilità di transizione. Catene di Markov a parametro discreto. Distribuzione di probabilità ad un tempo. Probabilità di transizione in n passi. Notazione matriciale; vettori stocastici e matrici stocastiche. Equazione di Chapman-Kolmogorov. Catene di Markov a parametro discreto omogenee. La distribuzione d'equilibrio o a tempi lunghi. Tempi d'attesa, tempi d'attesa medi e connessione con la soluzione d'equilibrio. Catene di Markov omogenee a parametro continuo (spazio degli stati finito). Equazione di Chapman-Kolmogorov. Generatore infinitesimale. Tempi medi di permanenza. Matrice di transizione infinitesimale. Master equation.

- 10. Verifica di ipotesi.** Confronto fra due ipotesi statistiche; ipotesi semplici ed ipotesi composte; la regione critica migliore; lemma di Neyman-Pearson. Esempi. Tests uniformemente più potenti; funzione di potenza. Il metodo di massima verosimiglianza nel confronto fra due ipotesi. Esempi. Criterio del rapporto di verosimiglianza generalizzato. Il test chi-quadrato.

Modalità d'esame

Prova scritta, più prova orale facoltativa.

Testi consigliati

A.M. Mood, F.A. Graybill, D.C. Boes: Introduzione alla Statistica, McGraw-Hill Italia, Milano, 1988.

E. Parzen: Stochastic Processes, Holden-Day, San Francisco, 1962.

P. Baldi: Calcolo delle Probabilità e Statistica, McGraw-Hill Italia, 1992.

Testi di consultazione

A. Papoulis: Probabilità, Variabili Aleatorie e Processi Stocastici, Boringhieri, Torino, 1973.

L. Daboni: Calcolo delle Probabilità ed Elementi di Statistica, U.T.E.T., Torino, 1970.

N.G. van Kampen: Stochastic Processes in Physics and Chemistry, North-Holland, Amsterdam, 1981.

B.V. Gnedenko: Teoria della Probabilità, Editori Riuniti, Roma, 1979.

METODI PROBABILISTICI, STATISTICI E PROCESSI STOCASTICI

AP0102

(per gli allievi di Ingegneria Informatica)

Prof. Bruno BASSAN

Programma d'esame

- 1. Probabilità.** Richiami di teoria degli insiemi. Spazio dei campioni, eventi, algebra degli eventi. Definizione assiomatica di probabilità. Probabilità condizionata e indipendenza stocastica. Teorema della probabilità totale. Teorema di Bayes. Esempi.
- 2. Variabili casuali e funzione di distribuzioni. F.d.d.** F.d.d. discrete: funzione indicatrice di un evento (distribuzione di Bernoulli), estrazioni seguite da reimbussolamento (distribuzione binomiale), estrazioni senza reimbussolamento (distribuzione ipergeometrica), tempo di attesa del primo successo (distribuzione geometrica o di Pascal), dell'ennesimo successo (distribuzione binomiale negativa), distribuzione di Poisson. ... F.d.d. continue e funzione di densità: distribuzione uniforme, gaussiana, esponenziale (tempo di attesa nel continuo), Caratteristiche numeriche delle variabili casuali: valore atteso, varianza, momenti, significato fisico, calcolo di aspettative e varianze. Altri indici posizionali: mediana, moda, Funzioni di una variabile casuale. Disuguaglianze di Tchebycheff e di Jensen. Funzione generatrice dei momenti. Funzione caratteristica (f.c.) di una variabile casuale; proprietà ed esempi. Corrispondenza biunivoca tra f.d.d. e f.c.
- 3. Distribuzioni congiunte e condizionate.** Funzioni di distribuzione congiunte, esempi: distribuzione multinomiale, uniforme, gaussiana. Valori attesi, matrice di covarianza, coefficiente di correlazione. Distribuzioni condizionate per variabili casuali discrete e continue. Valori attesi condizionati. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Funzioni di più variabili casuali. Somma di variabili casuali. Propagazione della covarianza, propagazione degli errori.
- 4. Campionamento e distribuzioni campionarie.** Statistiche e momenti campionari. Convergenza in probabilità di una successione di variabili casuali. Legge debole dei grandi numeri. Convergenza in legge, Teorema limite centrale della statistica. Esempi ed applicazioni.

5. **Stima di parametri puntuale e per intervalli.** Stima puntuale di parametri. Metodi di ricerca di stimatori. Stimatori di massima verosimiglianza e loro proprietà. Stimatori non distorti (unbiased), consistenti, efficienti. Disuguaglianza di Cramér-Rao. La famiglia esponenziale. Statistiche sufficienti, complete. Teoremi di Rao-Blackwell e di Lehmann-Scheffé. Intervalli di confidenza. Applicazione alla stima dei parametri di una distribuzione gaussiana.
6. **Regressione lineare.** Coefficienti di correlazione lineare. Curve di regressione. Metodo dei minimi quadrati. Teorema di Gauss-Markov. Problemi lineari e non lineari, parametrici e non.
7. **Complementi: probabilità e variabili casuali.** Algebra di Borel. Assioma di continuità e di completa additività. Esperimenti indipendenti: schema di Bernoulli, distribuzione binomiale. Teoremi asintotici di De Moivre e Laplace (locale ed integrale). Esempi di applicazioni: legge debole dei grandi numeri. Entropia, entropia relativa ed applicazioni. Teorema di Cramér sulla somma di variabili casuali distribuite normalmente.
8. **Processi stocastici.** Definizione e legge di probabilità di un processo stocastico. Funzioni di distribuzione di probabilità e funzione caratteristica finito-dimensionali. Esempi. Indipendenza. Processi stocastici a incrementi indipendenti. Processi di Wiener e di Poisson. Il processo di Poisson sotto selezione casuale. Tempi d'attesa per il processo di Poisson. Funzioni valore medio e covarianza per un processo stocastico. Esempi di calcolo di tali funzione. Processi strettamente stazionari di ordine k . Processi strettamente stazionari. Processi stazionari in senso lato. Processi stocastici gaussiani (o normali). Operazioni lineari su processi gaussiani. Processi stocastici asintoticamente normali. Cenni sul concetto di ergodicità. La media campionaria per un processo a parametro discreto. Convergenza in media quadratica. Integrazione e derivazione di processi stocastici.
9. **Processi di Markov.** Definizione di processo di Markov. Spazio degli stati. Classificazione in base al tipo di spazio degli stati e di parametro. Esempi. Funzione di probabilità di transizione. Catene di Markov a parametro discreto. Distribuzione di probabilità ad un tempo. Probabilità di transizione in n passi. Notazione matriciale; vettori stocastici e matrici stocastiche. Equazione di Chapman-Kolmogorov. Catene di Markov a parametro discreto omogenee. La distribuzione d'equilibrio o a tempi lunghi. Tempi d'attesa, tempi d'attesa medi e connessione con la soluzione d'equilibrio. Catene di Markov omogenee a parametro continuo (spazio degli stati finiti). Equazione di Chapman-Kolmogorov. Generatore infinitesimale. Tempi medi di permanenza. Matrice di transizione infinitesimale. Master equation.
10. **Verifica di ipotesi.** Confronto fra due ipotesi statistiche; ipotesi semplici ed ipotesi composte; la regione critica migliore; lemma di Neyman-Pearson. Esempi. Tests uniformemente più potenti; funzione di potenza. Il metodo di massima verosimiglianza nel confronto fra due ipotesi. Esempi. Criterio del rapporto di verosimiglianza generalizzato. Il test chi-quadrato.

Modalità d'esame

Prova scritta, più prova orale facoltativa.

Libri consigliati

F. Sansò: Il trattamento statistico dei dati, CLUP

P. Balbi: Calcolo delle probabilità e statistica, McGraw-Hill, Milano, 1992.

A.M. Mood, F.A. Graybill, D.C. Boes: Introduzione alla Statistica, McGraw-Hill Italia, Milano, 1988.

E. Parzen: Stochastic Processes, Holden-Day, San Francisco, 1962.

Testi di consultazione

A. Papoulis: Probabilità, Variabili Aleatorie e Processi Stocastici, Boringhieri, Torino, 1973.

B.V. Gnedenko: Teoria della Probabilità, Editori Riuniti, Roma, 1979.

MICROONDE

Prof. Giovanni Battista STRACCA

AG0041

Programma d'esame

1. Generalità sull'uso delle gamme di frequenza delle "microonde".

2. Giustificazione dell'applicazione dei modelli elementari monomodali di linee di trasmissio-

- ne alle linee di trasmissione multimodali.** Richiami sulla teoria dei campi e.m. Confronto fra mezzi isotropi e non isotropi. Descrizione tensoriale dei mezzi non isotropi. Principali teoremi dei campi e.m. che verranno utilizzati nel corso e loro estensione ai mezzi non isotropi. Propagazione guidata senza perdite di onde elettromagnetiche piane. Modi TEM, TE e TM. Estensione al caso di propagazione guidata con perdite. Giustificazione dei modelli elementari monomodali di linee di trasmissione. Cenni alla propagazione guidata di onde elettromagnetiche non piane. Cenni alla propagazione in guide multimodali. Propagazione in mezzi non isotropi.
3. **Modelli elementari monomodali di linee di trasmissione.** Descrizioni analitiche e grafiche dello stato stazionario sulle linee, utilizzando parametri diversi in presenza od in assenza di perdite. Linee non uniformi. Comportamento di linee di trasmissione accoppiate.
 4. **Caratteristiche di alcune linee di trasmissione per microonde.** Linee di trasmissione utilizzate nel modo principale. Linee bifilari, coassiali ed a striscia. Utilizzazione della trasformazione conforme per determinare le caratteristiche di tali linee. Guide d'onda rettangolari e circolari nel modo fondamentale. Guide d'onda circolari nel modo TE₀₁. Guide dielettriche e fibre ottiche.
 5. **Circuiti reciproci per microonde.** Definizione e proprietà di una giunzione tra linee di trasmissione. Definizione di circuito equivalente a costanti concentrate di un circuito a costanti distribuite. Estensione ai circuiti a costanti distribuite dei metodi descrittivi dei circuiti a costanti concentrate e di teoremi già noti della teoria delle reti. Uso delle matrici d'impedenza, di ammettenza, catena, di diffusione e di trasmissione. Esempi di circuiti ad una bocca (carico terminale, cavità risonante, terminale, ecc.). Esempi di circuiti a due bocche (cavità risonanti, attenuatori, trasformatori e invertitori d'impedenze, filtri per microonde). Circuiti a tre bocche. Circuiti a quattro bocche (accoppiatori direzionali).
 6. **Circuiti non reciproci per microonde.** Definizioni e proprietà generali. Esempi di circuiti a due bocche (isolatori, giratori). Esempi di circuiti a tre bocche (circolatori).
 7. **Cenni sulle applicazioni di dispositivi non lineari a 2 terminali.** Dispositivi resistivi non lineari. Applicazioni come rivelatori di segnali, moltiplicatori di frequenza e convertitori di frequenza. Dispositivi reattivi non lineari. Applicazione nei convertitori di frequenza e moltiplicatori di frequenza.
 8. **Cenni sulla amplificazione e generazione di segnali mediante dispositivi che presentano una resistenza negativa.** Dispositivi con resistenza negativa (Diodi tunnel, Diodi Impatt, TED). Applicazioni come oscillatori ed amplificatori. Amplificatori parametrici.
 9. **Amplificazione mediante transistori.**
 10. **Cenni sui tubi elettronici per microonde.** Principi generali. Amplificatori Klystron. TPO. Oscillatori Klystron reflex. Magnetron.
 11. **Cenni sulle misure d'impedenza.** Linee fessurate. Ponti di impedenza. Misure panoramiche.

Esercitazioni

Esercitazioni numeriche e sperimentali.

Libri consigliati

Giovanni B. Stracca: Teoria e tecnica delle microonde, CLUP - CittàStudi, Milano, 1991.

Dispense del corso.

Robert E. Collin: Foundations for microwave engineering, McGraw-Hill Co.

MISSILISTICA

Prof.ssa Liliana FERRI DEGLI ANTONI

AK0113

Programma d'esame

Dinamica del missile:

- Problemi balistici fondamentali
- Introduzione alla stabilizzazione dei missili balistici
- Missili alati
- ICBM
- Cenni alle traiettorie spaziali

Guida:

- Il sistema di guida
- Componenti fondamentali
- Il sistema di controllo
- Studio dei sistemi di guida
- Affidabilità e manutenibilità:**
- Introduzione ai concetti di affidabilità
- Predizione e modelli di affidabilità
- Analisi di affidabilità di specifici sistemi
- Introduzione ai concetti di manutenzione: manutenzione preventiva e programmata
- Considerazioni economiche.
- Tecniche di sopravvivenza:**
- Introduzione generale al problema
- Vulnerabilità
- Suscettibilità
- Sopravvivenza

Esercitazioni

Si svolgeranno parallelamente al corso e tenderanno ad un approfondimento degli argomenti trattati a lezione ed alla acquisizione numerico-pratica degli stessi.

Libri consigliati

Dispense, preparate durante il corso, saranno consegnate agli studenti.

Precedenze

Motori per aeromobili.

MISURE DELLE RADIAZIONI E PROTEZIONE **Prof.ssa Anna L. FANTOLA LAZZARINI**

AV0023

Programma d'esame

Richiami sulle interazioni delle particelle cariche e delle radiazioni elettromagnetiche con la materia. Interazioni de neutroni. Schermature per radiazioni β , X e γ .

Rivelatori di radiazioni nucleari a gas. Formazione dell'impulso nelle camere a ionizzazione, nel contatore proporzionale e nel contatore di Geiger-Mueller. Determinazione dei loro parametri operativi. Funzionamento a corrente.

Rivelatori a scintillazione. Principio di funzionamento. Scintillatori organici e inorganici. Tubi fotomoltiplicatori. Impieghi nel conteggio e nella spettroscopia di radiazioni α , β , γ e X.

Rivelatori a semiconduttore. Principio di funzionamento. Rivelatori a barriera superficiale, a compensazione di litio, a germanio iperpuro. Impieghi nella spettroscopia di radiazioni α , β , γ e X.

Rivelatori di neutroni. Contatori dal B-10 e all'He-3, camere a fissione. Rivelatori di neutroni veloci. Misure di flussi neutronici mediante attivazione. Strumentazione impiegata nei reattori di potenza. Altri rivelatori (cenni). Camere a scintilla e a multifili. Emulsioni nucleari. Rivelatori a tracce nei materiali plastici.

Produzione di raggi X: generatori, caratteristiche dei fasci, dipendenza dello spettro dai parametri elettrici e dal filtraggio aggiunto.

Dosimetria a stato solido, con particolare riguardo alla dosimetria personale e ai metodi di calibrazione. Dosimetria fotografica - caratteristiche delle emulsioni fotografiche, applicazioni e descrizione di vari metodi filmdosimetrici. Dosimetria a termoluminescenza - caratteristiche dei TLD e descrizione dei metodi applicati nella pratica.

Applicazioni varie delle radiazioni nucleari. Analisi per radioattivazione e per fluorescenza. Tecniche diagnostiche per la fusione termonucleare controllata. Diagnostiche nucleari: spettrometria di neutroni, di particelle α , di radiazioni X, di particelle neutre. Cenni sulle diagnostiche ottiche ed elettromagnetiche. Panorama delle tecniche in uso nelle grandi macchine toroidali.

Esercitazioni

L'insegnamento prevede sedute di laboratorio da svolgere in squadre di 4-5 allievi ed aventi per argomento gli impieghi del contatore di Geiger, le interazioni delle radiazioni β , le camere a ionizzazione, i rivelatori a scintillazione, i rivelatori a semiconduttore, i rivelatori per neutroni ed in genere le applicazioni delle radiazioni e dei rivelatori. Saranno inoltre corredate dalla presentazione di strumentazione.

Libri consigliati

A. Foglio Para: Misure e Strumentazione Nucleare. Dispense del Corso, CUSL.

A. Foglio Para: Laboratorio di Misure Nucleari, Dispense per le esercitazioni di laboratorio, CUSL.

G.F. Knoll: Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, 1989.

J.S. Handloser: Health Physics Instrumentation, Pergamon Press, 1959.

MISURE E STRUMENTAZIONE NUCLEARI**AV0114****Prof. Armando FOGLIO PARA***Programma d'esame*

Richiami sull'interazione delle particelle cariche e delle radiazioni elettromagnetiche con la materia. Interazioni dei neutroni.

Rivelatori di radiazioni nucleari a gas. Formazione dell'impulso nelle camere a ionizzazione, nel contatore proporzionale e nel contatore di Geiger-Mueller. Determinazione dei loro parametri operativi. Funzionamento a corrente.

Rivelatori a scintillazione. Principio di funzionamento. Scintillatori organici e inorganici. Tubi fotomoltiplicatori. Impieghi nel conteggio e nella spettroscopia di radiazioni α , β , γ e X.

Rivelatori a semiconduttore. Principio di funzionamento. Rivelatori a barriera superficiale, a compensazione di litio, a germanio iperpuro. Impieghi nella spettroscopia di radiazioni α , β , γ e X.

Rivelatori di neutroni. Contatori al B-10 e all' ^3He , camere a fissione. Rivelatori di neutroni veloci.

Misure di flussi neutronici mediante attivazione. Strumentazione impiegata nei reattori di potenza. Altri rivelatori (cenni). Camere a nebbia e a bolle. Camere a scintilla e a multifili. Emulsioni nucleari.

Rivelatori a tracce nei materiali plastici. Tecniche di coincidenza. Taratura di sorgenti. Determinazione di schemi di decadimento. Coincidenze ritardate. Applicazioni dei convertitori tempo-ampiezza.

Statistica dei decadimenti radioattivi e dei conteggi nucleari. Distribuzioni di Bernoulli, di Poisson, di Gauss. Stima dei parametri di una distribuzione. Test del χ^2 . Analisi di curve di decadimento, elaborazione di spettri differenziali.

Applicazioni varie delle radiazioni nucleari. Analisi per radioattivazione e per fluorescenza.

Tecniche diagnostiche per la fusione termonucleare controllata. Diagnostiche nucleari: spettrometria di neutroni, di particelle α , di radiazioni X, di particelle neutre. Cenni sulle diagnostiche ottiche ed elettromagnetiche. Panorama delle tecniche in uso nelle grandi macchine toroidali.

Esercitazioni

L'insegnamento prevede sedute di laboratorio da svolgere in squadre di 4-5 allievi ed aventi per argomento gli impieghi del contatore di Geiger, le interazioni delle radiazioni β , le camere a ionizzazione, i rivelatori a scintillazione, i rivelatori a semiconduttore, i rivelatori per neutroni, l'elaborazione statistica dei dati nucleari ed in genere le applicazioni delle radiazioni e dei rivelatori.

Libri consigliati

1) A. Foglio Para: Misure e Strumentazione Nucleare. Dispense del Corso, CUSL.

2) A. Foglio Para: Laboratorio di Misure Nucleari, Dispense per le esercitazioni di laboratorio, CUSL.

3) G.F. Knoll - Radiation Detection and Measurements. John Wiley and Sons, New York, 1989.

MISURE ELETTRICHE
Prof. Arnaldo BRANDOLINI

AH0008

Programma d'esame

1. **Definizioni e qualità di una misura.** Concetto di misura di una grandezza. Fenomeni deterministici e fenomeni casuali. Errori sistematici ed accidentali. Determinazione degli errori. Principali cause di errore. Funzioni di correlazione temporale. Qualità di una misura: sensibilità, precisione, accuratezza, affidabilità. Linearità di uno strumento: linearità integrale, linearità differenziale.
2. **Elementi di metrologia.** Sistema di unità di misura SI e definizione operativa delle unità fondamentali. Il campione di corrente elettrica. Campioni di tensione. Effetto Josephson. Il condensatore campione calcolabile. Confronto tra condensatori campione. Schermatura nei circuiti elettrici di misura.
3. **Trasduttori, sensori e convertitori.** Definizione di: trasduttore, sensore, convertitore. Definizione di segnale. Tecniche di trasduzione. Classificazione dei trasduttori. Sensori elettromeccanici. Sensori digitali. Derivatori, divisori di tensione, per c.c. e c.a.. Trasformatori di misura induttivi, capacitivi, elettronici. Convertitori tensione-frequenza, tensione tempo.
4. **Trattamento dei segnali elettrici.** Amplificatori operazionali. Amplificatori per le varie funzioni di misura. Moltiplicatori analogici. Tecniche di filtraggio analogico. Conversione tensione frequenza e tensione tempo. Componenti logici elementari impiegati nei dispositivi di misura: OR, AND, NOT, NOR, NAND, EXOR. Multivibratori. Contatore elettronico binario, decimale. Divisore di frequenza. Conversione numerica di un segnale. Convertitori ibridi. Convertitori A/D ad approssimazioni successive. Convertitori Flash. Implicazioni del teorema del campionamento per segnali periodici e per segnali aperiodici nelle misure. Analisi spettrale. Fenomeno di aliasing. Discretizzazione di un segnale continuo. Errori di quantizzazione. Analisi degli errori di un convertitore con la trasformata di Walsh. Filtraggio digitale.
5. **Metodi di misura tradizionali.** Ponti in c.c. ed in c.a.. Potenzimetri. Ponti e potenziometri automatici. Metodi di confronto in alta frequenza: metodi di risonanza. Impiego di amperometri e voltmetri e wattmetri in c.c. e c.a.. Costanti strumentali. Errori di fase, errori di indicazione. Misure in sistemi elettrici trifasi. Dipendenza ed indipendenza delle misure wattmetriche con inserzioni diverse in sistemi trifasi. Numero minimo di misure indipendenti. Teorema di Aron. Misure nei sistemi ad n conduttori.
6. **Strumenti di misura elettrici.** Galvanometro elettromagnetico. Strumenti a ferromobile ed elettrodinamici. Strumenti elettronici analogici. Oscilloscopi. Misuratori di energia ad induzione. Misuratori statici di energia.
7. **Metodi di misura automatici.** Impiego del calcolatore nelle misure. Microcalcolatore di processo. Sistema di sviluppo. Sistemi automatici di acquisizione dati. Sistemi di interfaccia. Sistemi di misura integrati. Elaborazione in tempo reale e in tempo differito. Sistemi esperti.
8. **Applicazioni di laboratorio.** (Esercitazioni). Campionamento di una tensione. Condizionamento del segnale di tensione. Scelta della frequenza di campionamento. Analisi spettrale: finestra di campionamento. Filtraggio analogico. Verifica del limite di aliasing. Ricostruzione del segnale campionato.
Conversione A/D di un segnale di tensione. Rilievo della caratteristica di quantizzazione. Analisi del rumore di quantizzazione. Filtraggio digitale. Conversione D/a di un segnale numerico. Analisi dell'architettura di un sistema di acquisizione dati. Rilievo multiplo di segnali. Esempi di elaborazione di segnali. Valori efficaci di tensione. Potenza attiva e reattiva. Analisi armonica dei segnali. Rilievo di grandezze magnetiche tramite elaborazione del ciclo di isteresi. Sistema di sviluppo microcalcolatori di processo. Sistemi integrati per le misure su reti industriali.

Esercitazioni

Esercitazioni sperimentali sono obbligatorie.

Modalità d'esame

L'esame consta di una applicazione pratica individuale e di domande teoriche.

*Libri consigliati*A. Brandolini, P. Regoliosi: Misure elettriche, ed. Masson
G. Zingals: Misure elettriche, ed. UTET

A. Brandolini: Elementi di strumentazione elettrica, ed. CLUP.
 A. Brandolini: Appunti di Misure Elettriche, Dip. di Elettrotecnica.
 Oliver, Cage: Electronic Measurements and Instrumentation, ed. McGraw-Hill.
 Charniak, McDermot: Artificial Intelligence, ed. Addison Wesley Publishing Company.

MISURE ELETTRONICHE

AG0114

Prof. Elio BAVA

Programma d'esame

Principali sorgenti di incertezza nelle misure. Incompletezza di modello, incertezza dei riferimenti, limiti di risoluzione, instabilità dei parametri ambientali. Caratteristiche metrologiche di uno strumento. La struttura del Sistema Internazionale di Unità con particolare riferimento alle unità elettriche e di tempo.

Assegnazione delle incertezze di misura. Incertezze di tipo A e di tipo B, legge di propagazione dell'errore. Incertezze di tipo A: stime di valor medio, di varianza e di varianza del valor medio. Numero di gradi di libertà. Misure non indipendenti: covarianza. Caratterizzazione delle incertezze di tipo B. Incertezza combinata e gradi effettivi di libertà.

Disturbi accoppiati ai sistemi di misura. Principali tipi di accoppiamento dei disturbi al sistema di misura, rumore di modo normale e di modo comune. Riduzione del rumore mediante filtri, metodo di integrazione, scelte di messa a terra. Schermature.

Voltmetri e multimetri numerali. Voltmetri differenziali: potenziometrici, ad approssimazioni successive, a rampa analogica, a scaletta. Voltmetri ad integrazione: a conversione tensione-frequenza e tensione-tempo, a modulazione d'impulsi e a interpolazione. Tecniche multirampa in fase di salita e di discesa. Struttura di un multimetro.

Misure di tempo, di periodo e di frequenza mediante contatore. Cenni ai campioni di frequenza di tipo atomico (Cs, H, Rb) e ai piezooscillatori. La misura di tempo e di frequenza con l'ausilio del contatore elettronico. Struttura dello strumento di misura. Condizionamento dei segnali di start e di stop, sensibilità di un contatore. Schemi funzionali di un contatore convenzionale e di un contatore reciproco. Misure di intervalli di tempo con tecniche di interpolazione. Incertezze di misura derivanti da quantizzazione, interpolazione, rumore nei circuiti d'ingresso, fluttuazione della base tempi. Tecnica di prescaler. Misure di frequenza in microonde con oscillatore di trasferimento e con convertitore eterodina.

Misure in alta frequenza di potenza con metodo bolometrico, di riflessione con riflettometro modificato, di attenuazione con metodo di sostituzione in corrente continua, a frequenza acustica e a frequenza intermedia. Principi dei metodi multiporta per la determinazione dei parametri di diffusione.

Misure di impedenza. Ponte di Wheatstone e doppio ponte di Kelvin, ponte a rapporto con comparatore di corrente, misure di resistenze molto elevate. Misure potenziometriche. Resistori di Kelvin-Varley e decadi complementari. I principali ponti in c.a.. Rappresentazioni di elementi circuitali schermati; divisori induttivi ed equalizzatori di corrente. Ponte in quadratura. Impedenzimetri, ponti autobilanciati, ponti a radiofrequenze e analizzatori vettoriali di impedenza. Metodi di risonanza: Q-metro.

Analisi temporale di segnali. Oscilloscopio analogico. Il tubo a raggi catodici, deflessione statica e dinamica, elettrodo post-acceleratore. Schema a blocchi di un oscilloscopio analogico: generazione e sincronizzazione del dente di sega, base dei tempi semplice e doppia, sistema multitraccia.

Oscilloscopio numerico. Tubi a raggi catodici. Oscilloscopio a memoria numerica e oscilloscopio numerico.

Analisi spettrale. Analizzatori analogici per analisi simultanea e analisi sequenziale. Analizzatore con supereterodina; risoluzione spettrale e sensibilità; analisi di segnali ad onda continua e pulsanti. Misura precisa di frequenza di segnali al limite della sensibilità.

Caratterizzazione delle instabilità di frequenza. Modello matematico, definizione delle grandezze di interesse e delle relative densità spettrali di potenza. Metodi di misura nel dominio della frequenza. Definizione delle instabilità mediante le varianze di N e di 2 campioni adiacenti, proprietà di convergenza in funzione del tipo di rumore. Relazioni tra densità spettrali e instabilità temporali. Metodi di misura nei due domini con esaltazione delle fluttuazioni. Varianza di Allan modificata.

Esercitazioni

Metodi di misura e modalità di impiego dell'oscilloscopio analogico e dell'oscilloscopio numerico.
Misure eseguibili con un contatore elettronico.
Misure con analizzatore di spettro analogico.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta che può essere integrata a giudizio del docente da una prova orale.

Libri consigliati

Oliver-Cage: Electronic measurements and instrumentation, McGraw-Hill.

L. Benetazzo: Misure elettroniche, vol. 1: Strumentazione analogica, vol. 2: Strumentazione numerica, ed. CLUEP, Padova.

A. De Marchi, L. Lo Presti: Incertezze di misura, ed. CLUT - Torino.

Dispense in preparazione.

MISURE GEODETICHE

Prof. Riccardo BARZAGHI

AX0009

*Programma d'esame***Elementi di Geodesia.**

- Potenziale della gravità, geoide, linee della verticale.
- Campo normale: espressione analitica del potenziale e della gravità; parametri geometrici e dinamici per la definizione dell'ellissoide di livello.
- Campo anomalo; potenziale anomalo, anomalie della gravità, deviazione della verticale.
- Sistemi di coordinate in geodesia: sistemi cartesiani geocentrici e locali, coordinate geodetiche, coordinate naturali.
- Determinazione astro-geodetica del geoide.
- Sviluppi delle grandezze geodetiche in serie di armoniche sferiche.
- Determinazione gravimetrica del geoide: formula di Stokes.
- Utilizzo della formula di Stokes per la determinazione del geoide a partire da dati gravimetrici su regioni limitate.

Misure geodetiche classiche.

- Misure delle coordinate naturali e dell'azimut con metodi astrogeodetici.
- Influenza del campo di gravità sulle reti geodetiche.
- Cenni alle misure di gravità assolute e relative.
- Metodi di riduzione ed interpretazione delle misure di gravità.
- Calcolo dell'effetto della topografia sul campo di gravità locale.
- Interpretazione geofisica delle misure gravimetriche.
- Orientamento dell'ellissoide e calcolo delle reti. Determinazione della deviazione della verticale.
- Trasformazioni tra ellissoidi di riferimento.

Elementi di geodesia spaziale.

- Reti tridimensionali appoggiate ad orbite di satelliti: metodi di posizionamento di punti sulla superficie terrestre.
- Cenni alle orbite kepleriane e alle loro perturbazioni: applicazioni alle orbite dei satelliti artificiali.
- Stima dei coefficienti armonici del potenziale anomalo dalle perturbazioni orbitali di lungo periodo.
- Misure Doppler.
- Misure Laser.
- Radar-altimetria.
- Il GPS: descrizione generale.
- Le equazioni di osservazione del GPS.
- Il trattamento delle misure GPS con diversi modelli.
- Errori nelle misure GPS.
- Applicazioni del GPS al rilievo del territorio ed al controllo.
- GPS, geoide e sistemi di riferimento.

Tecniche statistiche per calcoli geodetici.

- Cenni sui metodi di interpolazione.
- Descrizione del potenziale anomalo come processo stocastico sulla sfera.
- Funzione di covarianza e sue proprietà.
- Calcolo di funzionali del potenziale anomalo col metodo della collocazione.
- L'uso della collocazione a livello locale: problemi connessi al calcolo del geode gravimetrico in Italia.
- Calcolo di modelli globali del potenziale anomalo da dati spaziali e terrestri.
- Geodesia integrata: calcolo di grandezze geodetiche da combinazioni di misure geometriche e gravimetriche.

Materiale didattico

Appunti distribuiti a cura del docente, con indicazioni bibliografiche.

Modalità d'esame

Colloquio orale.

MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI
Proff. Marzio FALCO, Michele GASPARETTO
AR0104*Programma d'esame*

Introduzione. La misura e l'operazione del misurare: errori.

Studio dello strumento e significato delle sue indicazioni. Caratteristiche dello strumento di misura sia in relazione al tipo di misura sia in relazione al sistema fisico cui appartiene la grandezza da misurare. Sensibilità, giustezza, fedeltà, ecc. Risposta di uno strumento ad eccitazioni dinamiche. Influenza delle condizioni ambientali sullo strumento. Analisi dei vari errori dovuti allo strumento.

Interpretazione delle misure. Cenni sui fondamenti della teoria degli errori.

Misure di grandezze meccaniche. Misure di lunghezza, di angolo, di area, di volume. Misure di deformazione, di spostamento, di velocità, di portata, di accelerazione. Misure di grandezze caratteristiche delle vibrazioni. Misure di massa, di forza, di coppia, di pressione.

Misure di temperatura. Scale di temperatura. Scala pratica internazionale della temperatura. Termometri a dilatazione, a variazione di pressione, a resistenza elettrica, termocoppie, pirometri a irraggiamento, metodi speciali e precauzioni particolari.

Circuiti e apparecchiature analogiche per la misurazione. Circuiti a ponte e potenziometrico. Oscilloscopi, oscillografi, registratori, amplificatori, ecc. Trattamento analogico dei segnali.

Trattazione digitale delle misure. Cenni sulla strumentazione per l'acquisizione e la elaborazione digitale dei segnali, problemi legati al campionamento ed alla discretizzazione.

Norme di collaudo. Fondamenti di collaudo di macchine utensili, di turbine, di compressori, ecc.

Libri consigliati

A. Capello - Misure Meccaniche e Termiche, C.E.A., Milano.

Dispense integrative del corso a cura del Dipartimento di Meccanica.

J. Bendat and A.G. Piersol - Engineering Applications of correlation and spectral analysis, John Wiley and Sons.

Ernest O. Doebelin: Measurement systems, application and design, McGraw-Hill Publishing Company.

Toraldo di Francia: L'indagine del mondo fisico, Einaudi, Torino 1976.

UNIFICAZIONI:

- UNI-CNR 10.003-74 - Unità di misura.
- UNI 4546 (nov. 1984) Misure e misurazioni - Termini e definizioni fondamentali.
- CNR-CEI 66-2 (1976) Definizione di qualità di funzionamento delle apparecchiature elettroniche di misura.
- CEI 85-3 (giu. 1991) Strumenti di misura elettrici definizioni e prescrizioni.

MISURE PER L'AUTOMAZIONE E LA PRODUZIONE INDUSTRIALE**AH0115**

Prof. Franco CASTELLI

*Programma d'esame***Parte I - Errori delle osservazioni e analisi statistico-probabilistica dei risultati delle misure.**

- A) Errori delle osservazioni e loro trattamento statistico.
 B) Elementi di statistica: le varie definizioni di probabilità; operazioni elementari fra probabilità; variabili aleatorie e statistiche e loro rappresentazione; parametri rappresentativi di una distribuzione di probabilità e loro proprietà; misure in numero finito e piccolo; distribuzioni di probabilità speciali: normale, di Student, binomiale, dei valori estremi, di Weibull, del 2; interpolazione, regressione e correlazione, il metodo dei minimi quadrati.

Parte II - Misure per via elettrica di grandezze non elettriche.

- A) Concetto di trasduttore, la caratteristica statica e quella dinamica; trasduttori: a variazione di impedenza (resistenza, auto e muta induttanza, capacità, trasduttore spostamento - capacità calcolabile - teorema di Thompson e Lampard); a correnti parassite ed i loro trasmettitori; a macchina elettrica statica; a trasformatore; bifase, goniometro elettromagnetico, resolver, inductosyn, sinchros; rotante (generatrici tachimetriche a dinamo, con o senza spazzole, sincrono, asincrono); a strumento di misura elettrico; a convertitore non elettrico per trasduttori di: pressione, temperatura; la misura interferometrica di spostamenti (la sorgente laser); uso di strumenti a servomotore; ad effetto generatore elettrico: termoelettrico, piezoelettrico, fotovoltaico. Misura di grandezze geometriche, meccaniche, spessori, livelli, spostamenti, forze, bilance a bilanciamento automatico, studio delle bilance di corrente elettrodinamiche, l'elettrometro di Kelvin, coppie, pressioni, velocità, accelerazioni. Misura di grandezze termiche. Misura di grandezze ottiche. Il comportamento dinamico dei trasduttori e dei convertitori.

Parte III - Sensori per la robotica.

I sottosistemi del robot intelligente - suo apparato sensoriale per la:

- A) Locomozione sensori di: a) posizione; b) riconoscimento del tracciato da percorrere; c) prossimità;
 B) Manipolazione dotazioni della "pelle artificiale" suoi sensori: a) tattili; b) della pressione esercitata; c) della temperatura; d) di riconoscimento della forma; e) di prossimità, inizio-fine corsa.

Parte IV - Convertitori elettrici.

- A) Convertitori per alta tensione: TV capacitivo; convertitori elettroottici, il convertitore di corrente ad effetto Faraday; convertitori di tensione ad effetto Pockels e Kerr; convertitori di corrente: elettroottico a modulazione di frequenza, a risonatore iperfrequenza YFG. Convertitori numerico-analogici e analogo-numeric.
 B) Convertitori magnetoelettrici: ad effetto Hall classico e quantistico, magnetoresistori, magnetodioidi; moltiplicatori wattmetrici e convertitore di corrente magnetoelettrici.
 C) Modulatore e rivelatori per telemisure e la teleconduzione: in ampiezza; in frequenza.
 D) Convertitori di precisione: generatori di d.d.p. campione a diodi Zener; convertitori resistivi: di rapporto 1:100 (circuito Hamon), divisori Kelvin-Varley, l'isoshunt, il derivatore coassiale; convertitori induttivi: divisori con trasformatore a decadi, il comparatore di c.a. e quello di c.c. normale ed a superconduttore; rivelatore quantico di flusso (lo SQUID); convertitori per strumenti campione di trasferimento c.a./c.c. tipo: elettrodinamici normali e autocompensati, elettrostatici, termoelettrici, uni e multigiunzione con rivelatore d'energia termica e riscaldatore piatto tipo sandwich; convertitore corrente-induzione- frequenza basato sulla frequenza libera di precessione ed il rapporto giromagnetico del protone; convertitore tensione-frequenza ad effetto Josephson.

Parte V - Elementi di metrologia di precisione.

- A) Il problema delle schermature in corrente continua e alternata (impedenze a due o quattro morsetti e tre o cinque terminali). Confronto delle impedenze campione a più di 2 terminali, misure in audiofrequenza e in alta tensione.
 B) Il confronto di impedenze a due ed a quattro morsetti e la loro misura mediante ponte con lati di rapporto a trasformatore (per rapporto di tensioni o di correnti), ponti con trasformatore di misura.
 C) Il trasferimento della precisione dei campioni in corrente continua alle misure in corrente alternata. La misura di potenza ed energia di sistemi con onde fortemente deformate.

Parte VI - Telemisure.

Concetto di telemisure. - Trasmissione e totalizzazione di più misure con trasformatori di misura

di corrente e di tensione. - Trasmissione di una misura per variazione di resistenza, di fase, di frequenza. - Sistema di telemisura a durata di impulsi, a numero di impulsi, a frequenza di impulsi, trasmissioni multiplex ad onde convogliate, in alta tensione; mediante convertitori elettroottici. La trasmissione di segnali mediante modulazione in ampiezza o in frequenza di una portante, modulatori, rivelatori, canali.

Parte VII - Prove sugli impianti, macchine e apparecchi elettrici.

- A) Verifica dell'efficienza di un sistema di messa a terra.
- B) Ricerca dei guasti nei cavi.
- C) Prove dinamiche di un motore.
- D) Analisi delle scariche elettriche nei dielettrici: generalità; determinazione sperimentale dei parametri: prove di breve e lunga durata; valutazione statistica dei risultati di prova, classificazione delle prove. Analisi statistica dei metodi di prova.
- E) Misura delle scariche parziali negli isolanti ad alta tensione.

Parte VIII - Elaborazione automatica delle misure.

- A) Richiami sui tipi di misure richiesti nei laboratori industriali (prove, norme, precisione richiesta nelle misure). Scopi e obiettivi dell'automazione: riduzione dei tempi di esecuzione e dei costi; miglioramento della qualità delle misure (affidabilità, numero e tipo di informazioni ottenibili in "real time" e in tempi successivi, memorizzazione dei dati storici).
- B) Acquisizione delle misure: criteri di scelta di un sistema automatico di acquisizione dati; mercato attuale dei componenti; gestione del sistema di misura; lettura e conversione digitale delle misure, organizzazione e memorizzazione dei dati di misura acquisiti.
- C) Elaborazione e restituzione dei dati: trattamento dei dati di misura acquisiti; elaborazione locale con micro/mini-calcolatori o elaborazione centralizzata; rappresentazione dei risultati richiesti; gestione degli archivi dei dati primari acquisiti durante le prove.

Esercitazioni teoriche sperimentali

Consistono nell'elaborazione numerica dei risultati di prova di collaudo utilizzando procedimenti normalizzati e in rilievi sperimentali relativi al programma del corso, svolti anche durante visite tecniche a laboratori e sale prove industriali.

Libri consigliati

Dispense integrative del professore presso il Dipartimento.

MISURE PER LA DIAGNOSTICA E L'AFFIDABILITA' NEI SIST. MECCANICI AR0107 **Prof. Andrea VANIA**

Programma d'esame

ACQUISIZIONE DATI.

- Tecniche di digitalizzazione dei segnali analogici: campionamento, filtraggio.
- Tecniche di elaborazione dei dati: trasformate varie, riconoscimento dei contenuti in termini deterministici ed in termini aleatori.
- Memorizzazione: memorizzazione dei segnali acquisiti, elaborati; collassamento temporale dei dati. Individuazione dei valori medi, delle varianze, delle tendenze temporali.
- Correlazione delle varie grandezze: indice di regressione, funzioni di correlazione varie, etc.

MODELLI DIAGNOSTICI.

- Costruzione di modelli delle macchine e degli impianti a fini diagnostici sia come mezzo per il calcolo di grandezze non direttamente misurate o misurabili sia come mezzo per la individuazione delle correlazioni fra grandezze misurabili ed i malfunzionamenti che le provocano.
- Individuazione della dinamica di peggioramento dei malfunzionamenti, definizione dei margini di sicurezza e della vita residua.

DIAGNOSTICA.

- Scelta delle grandezze da controllare per l'individuazione dei malfunzionamenti.
- Esame comparato dei risultati sperimentali e dei risultati dai modelli per la individuazione precoce dei malfunzionamenti.
- Elaborazione di tecniche sperimentali, da compiersi da parte degli operatori di impianto, per

- individuare in maniera quantitativa i malfunzionamenti e corrispondentemente la vita residua.
- Determinazione della tempistica della manutenzione programmata.
- Banche dati per la memorizzazione del comportamento di impianti simili.
- Sviluppo di sistemi esperti basati sulle banche dati. Elaborazione di tabelle di comportamenti attesi.

Libri consigliati

Appunti delle lezioni

Richard H. Lyon: Machinery noise and diagnostics, Butterworths.

J. Bendat, A. Piersol: Engineering applications of correlation and spectral analysis, John Wiley & Sons.

Mervin H. Jones: Condition monitoring 84, Pineridge Press.

Rao, Au, Griffiths: Condition monitoring and diagnostic engineering management, Chapman and Hall.

MODELLI MATEMATICI PER L' URBANISTICA

AJ0110

Prof. Giovanni RABINO

Programma d'esame

1 - Fondamenti concettuali.

Contenuto della disciplina e specificità del corso. Relazioni con altri corsi.

Il metodo scientifico nell'urbanistica. Olismo e riduzionismo. L'approccio sistemico. Teorie e modelli.

Metodologie per lo sviluppo e l'applicazione dei modelli urbanistici nella pianificazione urbanistica e territoriale.

2 - Le basi informative e le procedure informatiche.

Caratteristiche dei sistemi informativi territoriali. Le fonti. Il rilevamento dati. Gestione ed aggiornamento delle basi di dati. Le elaborazioni automatiche. Procedure statistiche standard. Modellizzazione e simulazione.

Rappresentazione dei dati. Cenni alla cartografia automatica.

3 - Le tecniche statistiche.

Le statistiche standard: specificità delle applicazioni spazializzate. Serie temporali spazializzate. L'autocorrelazione spaziale. L'analisi delle componenti di scala e delle distribuzioni di punti.

4 - Metodi di ottimizzazione e di aiuto alla decisione.

Applicazione della R.O.: specificità dei problemi territoriali. Le tecniche di zonizzazione. Indicatori di "performance". Standard e fabbisogni. I metodi di valutazione multicriteri.

5 - Modelli matematici.

L'interazione spaziale. Localizzazione di attività produttive e di servizi. Localizzazione residenziale. Modelli dei trasporti. Modelli urbani. Modelli delle gerarchie territoriali. Modelli di diffusione spaziale. Modelli urbanistici di microsimulazione. Teoria del controllo dei sistemi dinamici territoriali. Sistemi territoriali autoorganizzativi.

Esercitazioni

Le esercitazioni, come parte integrante del corso, consistono nello sviluppo e nella applicazione di alcuni dei metodi e modelli presentati nelle lezioni, a casi reali di pianificazione e gestione urbanistica e territoriale.

Modalità d'esame

All'esame viene presentato l'elaborato prodotto nelle esercitazioni. L'esame comprende un colloquio sul programma svolto e la discussione dell'elaborato delle esercitazioni.

Libri consigliati

Ad integrazione delle dispense previste di pubblicare nel corso dell'anno e dei saggi sui diversi argomenti messi a disposizione dalla docenza, si consiglia la consultazione anche delle seguenti opere (disponibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali).
E. Scandurra: Tecniche urbanistiche per la pianificazione del territorio, CLUP, Milano, 1987.

A.A. - V.V.: Enciclopedia di urbanistica e pianificazione territoriale: Vol. VII (Analisi/2), Franco Angeli, Milano, 1988.

A.A. - V.V.: Urban systems: contemporary approaches and modelling, Croom Helm, Londra, 1988.

A. Wilson, R. Bennet: Mathematical methods in human geography and planning, Wiley, Chichester, 1985.

MODELLI PER IL SUPPORTO ALLE DECISIONI

AQ0112

Prof. Carlo VERCELLIS

Programma d'esame

Obiettivi del corso

L'insegnamento Modelli per il supporto alle decisioni si pone l'obiettivo di fornire agli studenti la conoscenza di modelli, algoritmi e strumenti informatici che consentano di affrontare processi decisionali complessi, che si presentano nella gestione di imprese o di altre organizzazioni. Il corso rappresenta una naturale estensione dell'insegnamento di Ricerca Operativa, nel cui ambito vengono impartite le conoscenze di base teoriche e metodologiche relative alle tecniche di ottimizzazione, di simulazione, di analisi statistica dei dati e di analisi decisionale. Assumendo pertanto che tali nozioni siano note, il corso Modelli per il supporto alle decisioni illustra specifici modelli e strumenti informatici utilizzabili in diversi domini di applicazione, quali la produzione, il marketing, la pianificazione e il controllo, i sistemi di servizio. Tali tematiche vengono affrontate in una prospettiva multidisciplinare, che investe aspetti modellistici, informatici e organizzativi.

Il corso è strutturato in due parti. Nella prima vengono fornite conoscenze di carattere generale, relative alla rappresentazione dei processi decisionali, allo sviluppo degli strumenti informatici, alle tecniche avanzate di modellazione. La seconda parte, invece, riguarda i diversi ambiti di applicazione di modelli di supporto decisionale.

Programma del corso

Parte I: Generalità.

1. Introduzione al corso. Analisi e rappresentazione del processo decisionale. Misura delle prestazioni e valutazione delle alternative. Paradigmi di decisione.
2. Modelli e metodi avanzati di ottimizzazione. Paradigmi di rappresentazione. Formulazioni equivalenti di problemi di ottimizzazione. Paradigmi algoritmici. Modelli a obiettivi multipli. Modelli di grandi dimensioni. Modelli gerarchici. Metodi di rilasciamento. Metodi di scomposizione. Metodi approssimati.
3. I sistemi di supporto alle decisioni. Relazioni tra sistemi informativi aziendali e sistemi di supporto alle decisioni. Le componenti di un sistema di supporto alle decisioni: modelli, dati e strutture organizzative. La realizzazione di sistemi di supporto alle decisioni: scelta delle modalità di colloquio; scelta degli ambienti di sviluppo; valutazione economica; impatto organizzativo.

Parte II: Applicazioni Specifiche.

4. Modelli per la progettazione e la pianificazione di sistemi di produzione. Paradigmi di rappresentazione dei sistemi di produzione. Processi decisionali e misura delle prestazioni. Scelte di investimento. Pianificazione della capacità produttiva. Analisi tattica e miglioramento continuo.
5. Modelli di sistemi di servizio. Localizzazione di servizi. Pianificazione della capacità. Intradamento di veicoli. Turnazione di veicoli ed equipaggi per aziende di trasporto pubblico.
6. Modelli per il marketing. Modelli di pricing statici e dinamici. Analisi di posizionamento competitivo. Modelli di predizione avanzati per la valutazione di azioni promozionali.

Testi consigliati

Il materiale didattico è costituito in prevalenza da una raccolta di dispense e articoli che saranno distribuiti durante lo svolgimento del corso. Gli studenti possono consultare anche i seguenti testi, relativi alla prima parte del corso:

A.P. Sage: Decision support system engineering, Wiley, 1991.

M.W. Davis: Applied decision support, Prentice Hall, 1988.

L.S. Lasdon: Optimization theory for large system, MacMillan, 1970.

J.F. Shapiro: Mathematical programming: structures and algorithms, Wiley, 1979.

Modalità d'esame

L'esame si articola attraverso due fasi: lo svolgimento di un progetto durante il corso, e una prova orale al termine.

MODELLISTICA DEI SISTEMI ELETTROMECCANICI
Prof. Gabrio SUPERTI FURGA
AH0108*Programma d'esame*

- 1. Generalità.** Principi generali delle azioni elettromeccaniche. Calcolo delle forze dovute a uno o più circuiti elettrici. Equazioni del mutuo induttore tempo-variante. Magneti permanenti. Modello dinamico di un sistema elettromeccanico. Tecniche di simulazione numerica dei sistemi elettromeccanici.
- 2. Strutture rotanti.** Calcolo di auto e mutue induttanze in avvolgimenti polifase. Approssimazione radiale. Strutture isotrope e anisotrope. Espressioni generali della coppia elettromagnetica: coppia di eccitazione e di riluttanza.
- 3. Macchina a collettore.** Formulazione del modello dinamico. Eccitazione indipendente, parallela, serie, mista. Funzioni di trasferimento elettriche e ed elettromeccaniche. Metodi di regolazione.
- 4. Analisi dei sistemi trifase.** Trasformazione di Park. Vettori spaziali in transitorio e a regime. Regime periodico e serie di sequenze armoniche. Scelta degli assi di riferimento. Potenze, energie e valori efficaci trifase. Applicazione della trasformazione di Park a reti a simmetria trifase.
- 5. Macchina asincrona trifase.** Formulazione del modello dinamico del quinto ordine. Macchine a rotore avvolto, a gabbia, a gabbia profonda. Indicazione del modello. Funzioni di trasferimento elettriche. Circuiti equivalenti. Identificazione del modello. Connessione in rete. Funzioni di trasferimento elettriche. Linearizzazione e frequenze proprie. Funzionamento in regime deformato. Modello ridotto del terzo ordine.
- 6. Macchina sincrona trifase.** Formulazione del modello dinamico del settimo ordine. Identificazione del modello. Circuiti equivalenti. Connessioni in rete. Funzioni di trasferimento elettriche. Linearizzazione e frequenze proprie. Funzionamento in regime deformato. Modelli ridotti del quinto, terzo e secondo ordine. Modelli transitori.
- 7. Sistemi elettrici di potenza.** Modelli dinamici dei componenti di un sistema elettrico: trasformatori, linee, carichi. Interconnessione con macchine sincrope e asincrone. Modelli generali di reti elettriche di potenza. Casi semplici di analisi di stabilità.
- 8. Convertitori statici.** Modelli di convertitori a valvole ideali: cc-cc, cc-ca, ca-cc. Funzioni di commutazione. Modelli a convertitore ideale. Convertitori trifase. Funzioni di commutazione complesse. Sistemi convertitore-macchina operatrice: macchina c.c., asincrono, sincrone.

Esercitazioni

Sono di tipo analitico-numerico e prevedono l'uso autonomo di PC per simulazioni numeriche. I principali argomenti trattati sono:

Transitori di un mutuo induttore trifase. Macchina asincrona: transitorio di inserzione; avviamento; corto circuito (velocità costante e variabile); gradino di carico (analisi linearizzata e non lineare); modelli ridotti e confronti con il modello completo. Macchina sincrona: analisi di regime; corto circuito (velocità costante e variabile, rete di potenza infinita e finita); errato parallelo; apertura del corto circuito, analisi di stabilità e confronti tra modelli.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale. Per essere ammessi all'esame gli allievi dovranno aver frequentato le esercitazioni, presentando almeno due settimane prima dell'esame, le relative relazioni redatte correttamente. In mancanza, l'ammissione all'esame, è subordinata al superamento di una prova scritta su argomenti oggetto delle esercitazioni.

Libri consigliati

Dispense: Elementi di dinamica delle macchine elettriche, a cura del Dipartimento di Elettrotecnica.
G.J. Retter: Matrix and space-phasor theory of electrical machines. Academiai Kiado, Budapest 1987.

MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI
Prof.ssa Giovanna FINZI

AG0256

*Programma d'esame***1. Introduzione.**

Il ruolo dei modelli di simulazione, previsione, gestione e pianificazione nei problemi di inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo. Importanza di un approccio integrato. Acquisizione dei dati, modellistica e centri di difesa ambientale.

2. Dinamica degli inquinanti.

Bilanci di massa ed energia. Generalità sulle equazioni di trasporto e dispersione. Reazioni chimiche e loro modellizzazione. Approccio euleriano e lagrangiano. Schemi di integrazione numerica. Emissioni concentrate e distribuite; condizioni al contorno. Problemi "mal posti". Equazioni di trasporto mono e bidimensionali.

3. Inquinamento atmosferico.

Elementi di meteorologia e modellizzazione di variabili meteorologiche al suolo (vento, temperatura, altezza dello strato di nebbia,...). Modelli di simulazione di inquinanti inerti e loro uso nei problemi di localizzazione e dimensionamento degli impianti industriali e dei servizi sul territorio. Modelli stocastici per la previsione degli episodi critici in aree urbane. Gestione in tempo reale delle emissioni industriali. Modellizzazione dello smog fotochimico, delle piogge acide, dell'ossido di carbonio. Analisi quantitativa degli effetti su flora, fauna e materiali.

4. Inquinamento idrico.

Modellistica dell'inquinamento fluviale da sostanze biodegradabili. Modelli chimici (Streeter-Phelps, Dobbins, ...) e modelli ecologici. Cenni ad alcuni codici di calcolo. Dimensionamento e localizzazione degli impianti di trattamento. Uso dei modelli nel contesto normativo nazionale. Piani di risanamento di bacino. Previsione degli episodi critici e controllo degli scarichi. Modellistica dell'eutrofizzazione ed applicazioni a casi di inquinamento lacustre. Modellistica dell'inquinamento da sostanze tossiche. Cenni alla modellistica dell'inquinamento delle falde, degli estuari e del mare.

5. Inquinamento del suolo.

Modelli dell'organizzazione del servizio di raccolta, trasporto e smaltimento dei rifiuti solidi urbani ed industriali. Loro uso nella localizzazione e nel dimensionamento degli impianti. Analisi quantitativa degli effetti delle discariche sugli acquiferi. Analisi economica del problema del recupero dei rifiuti industriali.

6. Valutazione di impatto ambientale e pianificazione territoriale.

Interazioni aria-acqua-suolo nei problemi di pianificazione. Schemi di tassazione per il controllo della qualità ambientale. Indicatori ambientali, obiettivi e vincoli. La valutazione di impatto ambientale. Metodi delle matrici, degli schemi di flusso e dell'analisi a molti obiettivi per la scelta tra diverse alternative. Normativa CEE per la valutazione di impatto ambientale. Studi di casi.

7. Sistemi informativi per la difesa ambientale.

Tecniche di rilevamento, archiviazione e gestione automatica dei dati. Tecniche di visualizzazione dei dati geografici. Sistemi di supporto alle decisioni e sistemi esperti. Sistemi a struttura decentralizzata. Centri urbani e centri di bacino. Cenni alle più importanti realizzazioni in Italia e all'estero.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

G.Finzi, G. Brusasca: La Qualità dell'aria; Modelli Previsionali e Gestionali, Masson, 1991.
 Rinaldi, Soncini-Sessa, Stephest, Tamura: Modeling and Control of River Quality, McGraw Hill, 1979.

MODELLISTICA E GESTIONE DELLE RISORSE NATURALI
Prof. Rodolfo SONCINI SESSA

AG0257

*Programma d'esame***1. Introduzione.**

Risorse e riserve. Risorse e tecnologie disponibili. Risorse rinnovabili e non-rinnovabili.

Esauribilità delle risorse. Trasformazione, distribuzione e consumo di risorse. Strutture decisionali. L'uso dei modelli di simulazione e previsione. Nessi tra pianificazione e gestione. Formalizzazione del problema di gestione.

2. Economia delle risorse, politiche di gestione.

Elementi di economia marginalista: domanda e offerta, funzioni di produzione, il mercato e l'equilibrio, la teoria del benessere. Esternalità, beni pubblici e monopolio. Il ruolo del tempo. Criteri per l'intervento pubblico. Analisi costi-benefici: la valutazione dei costi e dei benefici, il problema del tasso di sconto, l'efficienza e la redistribuzione del reddito. Limiti dell'impostazione marginalista. Conflittualità tra produzione e protezione ambientale. Analisi costi-efficacia e analisi a molti obiettivi. Analisi di impatto ambientale. Processi decisionali e politiche di gestione. Costi e realizzabilità di sistemi informativo-decisionali.

3. Le risorse non-rinnovabili.

Il problema dello sfruttamento ottimo. Monopolio e mercato concorrenziale. Esplorazione, innovazione tecnologica, sostituibilità e curva di domanda. Il ruolo della simulazione nella valutazione della domanda futura (scenari). La struttura del sistema economico e le materie prime: implicazioni nelle funzioni obiettivo. Modelli di pianificazione e gestione dello sfruttamento. L'allocazione temporale ottima. Un esempio: le risorse energetiche. Scarsità delle risorse e sviluppo: i modelli globali.

4. Le risorse rinnovabili.

Modelli di crescita di una popolazione. Analisi dei dati e taratura dei modelli. Crescita naturale e relazione sforzo-rimozione. Massimo rendimento sostenibile. Risorse ad accesso aperto. Modello di Schaefer. Possibilità di estinzione. Calcolo delle curve di offerta. Variabili di controllo. Politiche di gestione: tasse, quote di prelievo individuali e totali, licenze, diritti di proprietà, accordi internazionali. Vincoli e funzioni obiettivo. Problemi di controllo ottimo. Modelli discreti con classi di età. I modelli di Beverton-Holt. Modelli di competizione tra specie. Il modello di Lotka-Volterra. Modelli di gestione in presenza di più classi di età e/o specie interagenti.

5. Analisi dettagliata di una risorsa: l'acqua.

Raccolta, trasmissione e archiviazione dei dati. Banche di dati geografiche. Analisi dei dati: piene, magre. Modelli idrologici e ricostruzione dei dati mancanti. Serbatoi e reti idriche. Scopi della regolazione. Valutazione dei benefici e dei danni. Previsioni della disponibilità di risorsa a breve e medio termine. Domanda idrica. Variabili di decisione e politiche di gestione. Le regole operative. Regolazione di un serbatoio. Politiche in anello aperto, in anello chiuso, compensazione. Scelta iniziale della politica di gestione: ottimizzazione parametrica e funzionale. Il miglioramento della gestione dopo un periodo di esperienza. Il valore dell'informazione e l'uso dei predittori. Problemi di pianificazione e gestione di reti idriche di grandi dimensioni. Sistemi decentralizzati. Coordinamento tra domanda e offerta. Le reti di rilevamento idrometeorologico. Loro ottimizzazione. Sistemi digitali centralizzati e decentralizzati. Banche dati.

L'inquinamento: descrizione del problema aspetti biologici, aspetti economici. Modelli di simulazione della qualità dell'acqua in fiumi e laghi. Taratura dei modelli. Strumenti di intervento e pratica implementabilità. Modelli di pianificazione e gestione della qualità dell'acqua. Gestione congiunta di qualità e quantità.

Programma delle esercitazioni

Il programma comprenderà:

- 1) **Esercitazioni al terminale:** in cui gli allievi effettueranno piccoli studi di casi reali con software da loro preparato o software già disponibile.
- 2) **Studi di casi:** che, per quanto possibile, saranno presentati dagli esperti che li hanno realizzati.

Libri consigliati

A lezione verranno distribuiti appunti e, su alcuni argomenti, fotocopie di articoli.

MODELLISTICA E SIMULAZIONE DEI SISTEMI MECCANICI

AR0132

Prof. Giorgio DIANA

Programma d'esame

Classificazione dei sistemi vibranti:

- sistemi conservativi, sistemi dissipativi; stabilità del moto perturbato nell'intorno di una posizione di quiete o di regime.

Sistemi dissipativi ad 1 grado di libertà:

- scrittura delle equazioni del moto; metodo degli equilibri dinamici; metodo dei lavori virtuali; l'equazione di Lagrange; equazioni lineari e non; linearizzazione delle equazioni di moto nell'intorno della posizione di quiete; moto libero non smorzato: frequenze proprie; moto libero smorzato: calcolo del transitorio; moto forzato: risposta in frequenza.

Sistemi dissipativi a 2-n gradi di libertà:

- scrittura delle equazioni del moto in termini scalari e matriciali; metodo degli equilibri dinamici; equazioni di Lagrange: coordinate fisiche, coordinate lagrangiane indipendenti, la funzione dissipativa; linearizzazione delle equazioni nell'intorno della posizione di quiete, simmetria della matrice di massa, rigidità e smorzamento;
- moto libero non smorzato: frequenze proprie e modi principali di vibrare; moto libero smorzato: calcolo del transitorio; moto forzato: risposta in frequenza; approccio modale; coordinate principali; ortogonalità dei modi principali di vibrare;
- scrittura delle equazioni del moto forzato in coordinate principali, componente lagrangiana delle forzanti; introduzione dello smorzamento in coordinate principali.

Tecniche di identificazione modale:

- definizione sperimentale delle frequenze proprie e dei relativi modi principali di vibrare; determinazione sperimentale dello smorzamento strutturale; definizione della massa generalizzata modale.

Sistemi continui (ad infiniti gradi di libertà):

- vibrazioni trasversali nelle funi; vibrazioni trasversali nelle travi; vibrazioni longitudinali nelle travi; vibrazioni torsionali nelle travi; condizioni al contorno: calcolo frequenze proprie e modi principali di vibrare; calcolo della soluzione a regime del problema forzato (approccio diretto);
- condizioni iniziali, problemi di transitorio, analisi dell'integrale generale dell'equazione nel moto libero; approccio modale in coordinate principali: trasformazione di coordinate; introduzione dello smorzamento strutturale e isteretico.

Metodi di discretizzazione dei continui:

- Matrici di trasferimento (cenni).
- Metodi degli elementi finiti, introduzione: la funzione di forma; elemento finito fune (matrice elastica e di massa in coordinate locali); elemento finito trave (matrice elastica e di massa in coordinate locali); elemento finito trave tesata (matrice elastica e di massa in coordinate locali); cenni ed altri tipi di elementi finiti (piastra, membrana, etc.);
- coordinate locali, coordinate globali, matrici di trasformazione delle coordinate; calcolo delle forze generalizzate; assemblaggio del modello completo; condizioni al contorno; calcolo frequenze proprie e modi principali di vibrare; calcolo della risposta a forzanti assegnate o a spostamenti assegnati;
- problemi non lineari: metodi di integrazione numerica; linearizzazione delle equazioni di moto nell'intorno della posizione di equilibrio statico, definizione della posizione di equilibrio statico.

Comportamento dei sistemi vibranti a forzanti aleatorie:

- definizione di densità di potenza spettrale; funzione di trasferimento armonico dei sistemi vibranti; risposta di un sistema lineare e non ad un ingresso aleatorio; esempi di applicazioni (sismica, turbolenza del vento, moto ondoso).

Sistemi non conservativi (sistemi immersi in campi di forze non conservative):

- definizione di sistemi conservativi e non, immersi in campi di forze; sistemi vibranti ad 1 grado di libertà: trattazione generale, scrittura delle equazioni del moto e loro linearizzazione; soluzione delle equazioni di moto, discussione delle condizioni di stabilità; campi di forze posizionali e funzioni della velocità; esempi applicativi;
- definizione delle forze agenti su un corpo investito da una vena fluida, instabilità aerodinamica; sistemi vibranti a 2 gradi di libertà; trattazione generale, scrittura delle equazioni di moto e loro linearizzazione; soluzione delle equazioni di moto, discussione delle condizioni di stabilità; campi di forze posizionali e funzioni della velocità; esempi applicativi;
- instabilità da flutter di profili alari, scrittura delle equazioni, condizioni di stabilità; instabilità di una sala di un convoglio ferroviario, scrittura delle equazioni, condizioni di stabilità;
- sistemi vibranti ad n gradi di libertà; trattazione generale, scrittura delle equazioni del moto e loro linearizzazione; soluzione delle equazioni di moto, discussione delle condizioni di stabilità.

Dinamica dei rotori:

- problemi correlati alla dinamica dei rotori; schematizzazione di un rotore reale; caratterizzazione

- di un modello matematico dei cuscinetti (a rotolamento e a lubrificazione idrodinamica), rigidità e smorzamenti equivalenti del problema linearizzato;
- i cuscinetti lubrificati: l'equazione di Stokes-Navier per la teoria della lubrificazione; l'equazione di Reynolds, metodi per l'integrazione della stessa; determinazione del luogo dei carichi e dei coefficienti di rigidità e smorzamento equivalente;
 - caratterizzazione della cassa e della fondazione: modelli semplificati ad 1 grado di libertà, schematizzazione ad elementi finiti, impedenze meccaniche;
 - risposta del rotore allo squilibrio, velocità critiche flessionali, schema semplificato a 2 gradi di libertà, schema ad n gradi di libertà;
 - equilibramento dei rotori rigidi, macchine a centro di oscillazione determinato e indeterminato, metodo dei coefficienti di influenza, metodo delle forze, metodo degli spostamenti;
 - equilibramento dei rotori flessibili, metodo dei coefficienti di influenza, metodo modale, metodo ibrido;
 - instabilità da film d'olio; rotori con diverse rigidità flessionali (vibrazioni 2 x giro); isteresi elastica; effetti giroscopici (cenni).

Regolazione delle macchine:

- stabilità dei sistemi di controllo ad anello aperto e chiuso; cenni agli algoritmi generalmente utilizzati nella specifica disciplina; inquadramento nel problema generale della stabilità dei sistemi.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono suddivise in 3 fasi distinte:

- esempi di scrittura delle equazioni di moto dei sistemi vibranti (a 1, 2, n gradi di libertà) e risoluzione formale delle stesse;
- esercitazioni numeriche, in cui l'allievo, mediante l'ausilio degli elaboratori del centro di Calcolo del Politecnico, provvede ad elaborare programmi di calcolo per la soluzione delle equazioni di moto dei sistemi vibranti;
- esercitazioni di simulazione, in cui l'allievo, mediante programmi di calcolo già predisposti, può simulare e risolvere particolari problemi (dinamica delle strutture, dinamica dei rotori, problemi di transitori etc.).

Sono previste esercitazioni pratiche sperimentali su modelli fisici in scala ridotta di strutture ed alberi rotanti.

Testi consigliati

Diana, Cheli: *Dinamica e Vibrazioni dei Sistemi meccanici*, UTET

Gjes: *Appunti alle lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine*.

Bishop: *The Mechanics of Vibration*.

Krall: *Meccanica Tecnica delle Vibrazioni*.

Thomson: *Vibrazioni Meccaniche*.

Giavotto: *Strutture Aeronautiche*.

MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA **Prof. Giancarlo FERRARI**

AK0114

Programma d'esame

1. Caratteristiche dei motori a combustione interna.

- Classificazione dei motori: relativi campi di impiego e parametri caratteristici.
- Prestazioni dei motori: curve caratteristiche di potenza, coppia e consumo.
- Accoppiamento di un motore al proprio utilizzatore.
- Rilievo sperimentale delle prestazioni: apparecchiature e normativa.

2. Alimentazione aria nel motore a quattro tempi.

- Processo di sostituzione della carica in un motore a quattro tempi.
- Flusso attraverso le valvole: sezione di passaggio e coefficiente di efflusso.
- Criteri per il progetto del gruppo condotto-valvole a fungo.
- Ottimizzazione del diagramma della distribuzione. Fasatura variabile.
- Influenza dell'apporto di combustibile e dei parametri motoristici sul riempimento.

3. Alimentazione aria nel motore a due tempi.

- Il processo di lavaggio: disposizione delle luci e coefficienti caratteristici.
- Analisi sperimentale del processo di lavaggio: prove su motori al banco e su modelli.
- Progetto dei gruppi di lavaggio e scarico: dettagli nel disegno di luci e condotti.
- Ottimizzazione delle fasature. Valvole di parzializzazione delle luci.
- Scelta del coefficiente di lavaggio e del tipo di pompa di lavaggio.

4. Sistemi di aspirazione e scarico.

- Funzioni svolte dai sistemi di aspirazione e scarico.
- Condizioni di moto dei fluidi: effetti dinamici, inerziali e d'onda.
- Dimensionamento della camera di espansione in due tempi per motociclo.
- Sistemi a geometria variabile con il regime del motore.
- Modelli per il calcolo del flusso in aspirazione e scarico.

5. La sovralimentazione.

- Scopi della sovralimentazione e classificazione dei principali sistemi.
- La turbosovralimentazione: sistemi a pressione costante e ad impulsi.
- Accoppiamento del sovralimentatore al motore; ottimizzazione delle prestazioni.
- Modelli per il calcolo del turbocompressore azionato dai gas di scarico.
- Risposta al transitorio di un motore turbosovralimentato.

6. Combustibili per motori.

- Esigenze dei motori a combustione interna: combustibili attualmente utilizzati.
- Calcolo dell'aria necessaria per la combustione e potere calorifico.
- Resistenza alla detonazione di una benzina: numero d'ottano.
- Accendibilità dei gasoli: numero di cetano.

7. Alimentazione combustibile nel motore Otto.

- Rapporto di miscela aria/combustibile richiesto dal motore a ciclo Otto.
- Carburatore elementare: dosatura fornita al variare del carico.
- Carburatore completo: circuito principale, del minimo e dispositivi supplementari.
- Scelta delle dimensioni delle principali sezioni di controllo dei flussi.
- Sistema per l'iniezione di combustibili nel motore Otto.
- Iniezione (elettronica e meccanica) a punti multipli ed a punto singolo.
- Regolazione della dosatura della miscela mediante sonda lambda.

8. Iniezione di combustibile nel motore Diesel.

- Esigenze del motore Diesel e funzioni svolte dall'apparato d'iniezione.
- Principali sistemi di iniezione. Gruppi a controllo elettronico.
- Caratteristiche dello spray di combustibile: polverizzazione, penetrazione e diffusione.
- Scelta dei componenti principali del gruppo d'iniezione: pompa, tubazioni ed iniettori.
- Modelli di simulazione del comportamento dei sistemi d'iniezione.

9. Moto della carica nel cilindro.

- Caratterizzazione delle condizioni di moto dell'aria nel cilindro.
- Scale spaziali e temporali caratteristiche dei moti turbolenti.
- Movimenti turbolenti organizzati della carica: swirl e squish.
- Evoluzione delle condizioni di moto del fluido durante il ciclo.

10. Combustione nel motore Otto.

- Combustione normale nel motore ad accensione comandata.
- Propagazione del fronte di fiamma e sviluppo della pressione nel cilindro.
- Calcolo della legge di rilascio del calore e della frazione di miscela bruciata.
- Combustioni anomale: preaccensione, accensione a superficie e detonazione.
- Criteri di progetto della camera di combustione.
- Modelli per la simulazione del processo di combustione nel motore Otto.

11. Combustione nel motore Diesel.

- Il ritardo d'accensione: correlazioni empiriche per il suo calcolo.
- Combustione del gasolio in fase premiscelata ed in fase diffusiva.
- Progetto della camera di combustione ad iniezione diretta ed a precamera.
- Calcolo del rilascio del calore e della frazione di combustibile bruciata.
- Modelli per la simulazione del processo di combustione nel motore Diesel.

12. Formazione e controllo degli inquinanti.

- Emissione dallo scarico di un motore Otto: incombusti, ossidi di carbonio e d'azoto.

- Controllo delle emissioni: interventi su combustibili, alimentazione e combustione.
- Abbattimento degli inquinanti mediante reattori termici e marmite catalitiche.
- Emissione dallo scarico di un motore Diesel: controllo degli inquinanti gassosi.
- Il particolato nell'emissione del Diesel. Processo di formazione e suo controllo.
- Trappole per il filtraggio del particolato dai gas combusti.

13. Controllo del rumore.

- Il motore come sorgente di rumore: meccanico, di combustione e gasdinamico.
- Tipi di silenziatori e valutazione dell'attenuazione del rumore prodotta.
- Caratteristiche di abbattimento degli elementi costituenti un silenziatore.
- Criteri di progetto dei sistemi di aspirazione e scarico dei motori.
- Modelli di simulazione per il calcolo delle prestazioni dei silenziatori.

14. Flussi di calore e sistemi di raffreddamento.

- Bilancio energetico di un motore ed impianti di cogenerazione.
- Processo di trasmissione del calore in un motore. Calcolo del flusso termico.
- Raffreddamento a liquido: dimensionamento dell'impianto e del radiatore.
- Raffreddamento ad aria: Proporzionamento dell'alettatura e del ventilatore.
- Calcolo dei flussi di calore, delle temperature e delle sollecitazioni di origine termica.

Libri consigliati

G.C. Ferrari: Motori a Combustione Interna, Il Capitello, Torino, 1992.

J.B. Heywood: Internal Combustion Engines Fundamentals, McGraw-Hill Book Co., New York, 1988.

N. Watson, M. S. Janota: Turbocharging the Internal Combustion Engine, MacMillan Publ. LTD, 1982.

R.S. Benson: The Thermodynamics and Gas Dynamics of I.C. Engines, Clarendon Press, Oxford, 1982.

MOTORI PER AEROMOBILI

AK0014

Prof. Umberto GHEZZI

Programma d'esame

1. **INTRODUZIONE.** Le macchine intese come sedi di trasformazione ed elaborazione dell'energia. Storia delle realizzazioni compiute. Le applicazioni dei motori in aeronautica e la spinta evolutiva determinata da questo tipo di utilizzazione, evoluzione del motore alternativo, sue interrelazioni e differenziazioni dalle motrici alternative terrestri, introduzione della turbina a gas in aeronautica, evoluzione, contrapposizione con le turbine di potenza per installazioni fisse, sue differenziazioni e soprattutto influenza delle soluzioni delle turbomacchine aeronautiche su realizzazioni terrestri.

Turbine a gas non aeronautiche di ispirazione aeronautica, prospettive della trazione terrestre, esempi applicativi, hovercrafts, costruzioni navali, generatori di gas, gruppi di condizionamento, ecc.

Propulsione mediante endoreattori.

- **Elementi di termodinamica applicata.** Trasformazioni reversibili, redimenti delle trasformazioni. Rendimenti adiabatici politropici, coefficienti, ecc. Il lavoro delle resistenze passive e l'interpretazione dei piani t.s.

Recupero e controrecupero. Grandezze totali ed equazioni di conservazione della energia.

- **Turbine a gas e turboreattori.** Generalità sulle turbine a gas. Turbine a gas a ciclo aperto e a ciclo chiuso. Ciclo ideale semplice e ciclo reale. Interrefrigerazione ricombustione e rigenerazione nel caso ideale e nel caso reale.

- **Generalità sui turboreattori.** I componenti dei turboreattori nei piani termodinamici totali. Analisi dei cicli per accumulazione di componenti energetica ed entropica. Schemi principali di propulsori a getto.

2. **ELEMENTI DI MACCHINE.** Cicli termodinamici e principali tipi di macchine e di componenti. Componenti a fluido incompressibile: motori e operatori a flusso continuo e a flusso alternativo. Componenti a fluido comprimibile: motori e operatori a fluido continuo e a flusso alternativo.

- **Meccanica dei propulsori.** La spinta di un propulsore. La potenza disponibile, utile e perdita di un propulsore. Il rendimento interno propulsivo e globale di un propulsore.

- **Le prestazioni dei propulsori.** Influenza delle condizioni operative sulla spinta e sul consumo specifico dei propulsori. Influenza della quota, della velocità di volo, del numero di giri sulla spinta e sul consumo specifico dei turbopropulsori.
- **Il propulsore operativo.** Requisiti operativi del propulsore. Effetti delle caratteristiche del propulsore sulle prestazioni dell'aeromobile. Il peso specifico e le spinte specifiche di propulsione.
- **La integrazione operativa tra propulsione ed aeromobile.** Il rapporto spinta/peso di un aeromobile. L'efficienza di un aeromobile. La velocità di salita, la quota massima di tangenza e l'autonomia di un aeromobile. I tipi di installazione del propulsore sull'aeromobile. Il ciclo termodinamico ottimo del propulsore. Il rapporto di diluizione ottimo del propulsore. Il propulsore ottimo per velivoli subsonici, transonici, supersonici, in funzione delle caratteristiche del decollo, della velocità di salita, della quota massima di tangenza, della capacità di manovra, della autonomia, della sicurezza dell'aeromobile. I propulsori per veicoli a decollo raccorciato e verticale. Propulsori per elicotteri. Propulsori di derivazione aeronautica per applicazioni marine, hovercrafts e hydrofoils, per la trazione terrestre, ecc.
- **La presa d'aria.** Termodinamica e fluidodinamica delle compressioni isoentropica e per urto. Prese di aria a geometria fissa in regime subsonico e supersonico. Prese d'aria supersoniche ad urto normale, ad urto obliquo, isoentropiche. Perdite per urto. Perdite per fenomeni viscosi ed interazione; resistenza additiva della presa. Funzionamento in condizioni diverse da quelle di progetto: il problema dell'innesco. Prese dinamiche a geometria variabile e problemi di installazione.
- **Il compressore.** Il compressore assiale, misto radiale subsonico, transonico, supersonico. Lo stallo parziale, totale ed i fenomeni di "surge" nei compressori, il numero di Reynolds. Le palettature ed i dischi. Metodi di calcolo delle palettature. Stadi assiali tradizionali. Stadi assiali a basso ingombro frontale, fans transonici e supersonici, accoppiamento del fan con il generatore interno. Influenza della camera di combustione sul dimensionamento degli stadi di compressione. I profili delle palette, tradizionali e non tradizionali, controllo dello strato limite e fenomeni di scia.
- **La camera di combustione ed il postcombustore.** La camera di combustione singola, cannulare, anulare, il post-combustore. Il diffusore tra il compressore e la camera di combustione. Gli iniettori e la combustione subsonica e supersonica. Metodi di accensione e di stabilizzazione della fiamma. I fenomeni di blow out ed i limiti di accensione e di limiti di accensione. L'iniezione di additivi alla combustione.
- **La turbina.** La turbina assiale, mista e radiale, subsonica, transonica e supersonica. Metodi di calcolo delle palettature. Stadi assiali tradizionali. Stadi assiali transonici e supersonici. I profili delle palette tradizionali e non tradizionali. Metodi di connessione tra le palette, di attacco delle palette ai dischi. Stadi centripeti tradizionali e non tradizionali. Vibrazione delle palette e dei dischi. Statori a calettamento variabile, raffreddamento delle palette.
- **L'ugello ed il derivatore di spinta.** L'ugello convergente divergente, a spinta, a geometria variabile ecc. Ugelli con flusso congelato e in equilibrio. Raffreddamento degli ugelli. Inversori di spinta per turbogetti semplici e per turbogetti a diluizione. Deflettori di spinta per decollo verticale o raccorciato.

*Libri consigliati*Prof. Ghezzi: *Lezioni di Motori per Aeromobili*, Ed. CLUPIngg. Carlevaro, Gamma e Morini: *Esercitazioni di Motori per Aeromobili*, Ed. CLUP**OPTOELETTRONICA**
Prof. Federico ZARAGA**AG0096***Programma d'esame*

1. **Richiami di ottica.** Approssimazione dell'ottica geometrica. Formulazione dei fenomeni di diffrazione. Coerenza. Unità di misura fotometriche. Cenni di colorimetria.
2. **Generatori ottici.** Sorgenti coerenti: principi di funzionamento dei laser. Caratteristiche dei tipi di laser di interesse per applicazioni nel campo dell'optoelettronica. Sorgenti incoerenti: lampade a incandescenza, fluorescenza e a scarica. Diodi emettitori di luce (LED).
3. **Rivelatori ottici.** Rivelatori quantici fotoconduttivi e fotovoltaici; fotodiodi pin; fotodiodi a

- valanga. Fotomoltiplicatori. Rilevatori termici: bolometri, rivelatori piroelettrici e termopile. Rumore nei rilevatori: principali cause di rumore. Figure di merito. Minimo segnale rivelabile.
4. **Fibre ottiche.** Principi della propagazione di luce guidata. Proprietà ottiche delle fibre. Tipi di fibre e loro applicazione.
 5. **Sistemi di trasmissione con fibre ottiche.** Criteri di progettazione e di verifica. BER. Scelta dei componenti. Principali misure richieste dai capitolati e relativa strumentazione.
 6. **Modulatori e deflettori.** Modulatori meccanici, acusto-ottici, elettro-ottici e magneto-ottici. Modulatori a iniezione di portatori. Deflettori meccanici, acusto-ottici ed elettroottici.
 7. **Display.** Display a cristalli liquidi (LCD), al plasma, elettroluminescenti. Display a colori. CRT.
 8. **Applicazioni dell'Optoelettronica.** Misure di distanze. Spostamenti, velocità e velocità angolare. Misure di inquinamento. Applicazioni biomediche. Applicazioni alla memorizzazione ed al trattamento di informazioni: dischi ottici (COD, worm, ero); bar code reader; scanner; stampanti laser. Cenni di ottica integrata.

Esercitazioni

Sono dedicate ad approfondire argomenti del programma anche con elementi di progetto per alcune applicazioni.

Libri consigliati

J. Wilson and J.F. Hawkes: Optoelectronics, an Introduction, Prentice-Hall, 1983.

P.J. Dean: Optical Communication Systems, Prentice-Hall, 1984.

H. e C. Zanger: Fiber optics, Maxwell MacMillan Int. Ed., 1991.

Modalità d'esame

L'esame orale potrà essere proceduto da una prova scritta.

OTTICA **Prof. Paolo LAPORTA**

AT0010

Programma d'esame

Elementi della Teoria Elettromagnetica.

Equazioni di Maxwell. Condizioni al contorno. Energia e momento del campo e.m.. Onde armoniche piane. Onde armoniche sferiche. Polarizzazione. Trattazione matriciale della polarizzazione. Parametri di Stokes. Vettori di Jones. Riflessione e rifrazione di onde piane. Formule di Fresnel. Propagazione in multistrati dielettrici. Interferenza. Interferometro di Young. Interferometro di Michelson. Interferometro Fabry-Perot.

Ottica Geometrica.

Equazioni dell'iconale e del raggio. Propagazione dei raggi. Il principio di Fermat. Le leggi della riflessione e della rifrazione. Formazione delle immagini in ottica parassiale. Matrice ABCD e trattazione matriciale della propagazione dei raggi. Elementi di teoria delle aberrazioni. Aberrazioni di Seidel. Aberrazione cromatica.

Ottica Diffrattiva.

Il principio di Huygens. Formula di Fresnel-Kirchoff. Formula di Rayleigh-Sommerfeld. Diffrazione di Fresnel e Fraunhofer. Trasformata di Fourier bidimensionale ottenuta mediante lenti sottili. Formazione di immagini in luce coerente e incoerente. Funzione di trasferimento ottica (OTF e MTF). Funzione di trasferimento coerente (CTF). Potere risolutivo di un sistema di immagine. Filtraggio spaziale. Elaborazione ottica dell'informazione. Fasci gaussiani. Propagazione di fasci gaussiani e trasformazioni con matrici ABCD.

Olografia.

Registrazione e ricostruzione dell'immagine olografica. Ologramma di Gabor. Ologramma fuori asse di Leith-Upatnieks. Classificazione degli ologrammi. Tipi di ologrammi. Applicazioni dell'olografia.

Ottica nella Materia.

A. Propagazione in mezzi dielettrici lineari. Assorbimento e dispersione. Dielettrici anisotropi.

B. Ottica non lineare. Polarizzazione non lineare. Non-linearità del secondo ordine. Generazione di

seconda armonica. Effetto elettroottico (Effetto Pockels). Relazioni di Manley-Rowe. Generazione di frequenze somma. Generazione di frequenze differenza. Generazione parametrica. Non-linearità del terzo ordine. Generazione di terza armonica. Indice di rifrazione non-lineare. Effetto Raman stimolato. Effetto Brillouin stimolato.

Ottica Guidata.

Fibre ottiche. Teoria geometrica. Modi di propagazione. Fibre multimodali e monomodali. Attenuazione e dispersione nelle fibre ottiche. Proprietà dei materiali e tecnologie realizzative. Guide d'onda planari e microottica.

Esercitazioni

Le esercitazioni, tenute dal docente, sono integrate nel corso.

Modalità d'esame

L'esame è orale.

Libri consigliati

R. Guenther: Modern Optics Wiley, 1990.

J.W. Goodman: Introduction to Fourier Optics - McGraw-Hill, 1968

A. Yariv: Optical Electronics, Holt-Saunders, 1985.

Dispense di ottica non lineare.

PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

BN0005

Prof. Giovanni RABINO

Programma d'esame

1. Introduzione.

- 1.1 La pianificazione dei trasporti come strumento della programmazione territoriale
- 1.2 La valutazione quantitativa dei costi e dei benefici sociali come mezzo sistematico di valutazione degli investimenti
- 1.3 La metodologia quale strumento di decentramento funzionale per la valutazione dei progetti di trasporto.

A - ANALISI DELLA DOMANDA.

2. Indagini sulla mobilità.

- 2.1 Fattori socio-economici e territoriali che generano la mobilità
- 2.2 Le cause che determinano le scelte del tipo di trasporto (Ripartizione MODALE).
- 2.3 La possibilità di definire ed attuare lo scaglionamento degli orari dell'utenza - distribuzione nel tempo

3. Elaborazione delle informazioni.

- 3.1 Obiettivi
- 3.2 Strumenti
- 3.3 Risultati

B - ANALISI DELL'OFFERTA DI TRASPORTO.

4. Indagini sul servizio.

- 4.1 Entità dei servizi esistenti in base alla capacità ed al livello di servizio
- 4.2 Distribuzione dei servizi durante l'arco della giornata

5. Indagini sugli impianti.

- 5.1 Classificazione degli impianti fissi esistenti e delle relative prestazioni limite
- 5.2 Distribuzione del parco rotabile per dimensione e classi di età
- 5.3 Caratteristiche delle infrastrutture, compreso le aree di interscambio

6. Analisi della potenzialità dei servizi.

6.1 Obiettivi

- a - Dimensionare la potenzialità di trasporto
- b - Individuare gli strumenti per colmare l'eventuale divario tra tale potenzialità ed i servizi offerti
- c - Individuare le risorse eccedenti o sotto utilizzate e le possibilità di loro utilizzazione

C - CONFRONTO TRA DOMANDA E OFFERTA.**7. Ottimizzazione del rapporto domanda-offerta.**

- 7.1 Eventuale condizionamento dell'utente dalla struttura dell'offerta
- 7.2 Individuazione delle variazioni della domanda conseguibili con miglioramenti nell'offerta

D - IL PROGETTO O PIANO DELLA RETE E DEI LIVELLI DI SERVIZIO.**8. Obiettivo.**

- 8.1 Soddisfare la domanda individuata nel rispetto di priorità proprie del piano

9. Progetto di rete.

- 9.1 Verifiche di convenienza economica per la scelta dei diversi sistemi per soddisfare categorie diverse di spostamenti
- 9.2 Progetto dalle opportune attrezzature di interscambio necessarie per l'integrazione dei servizi

10. Livelli di servizio.

- 10.1 Quantità di servizi offerti (orario giornaliero)
- 10.2 Velocità commerciale
- 10.3 Frequenze - servizio minimo in ora di morbida
- 10.4 Caratteristica dei mezzi
- 10.5 Attrezzature di attesa e di interscambio
- 10.6 Informazioni ed automazioni

11. Programma di attuazione e programma finanziario.

- 11.1 Criteri di intervento
- 11.2 Individuazione del periodo di validità del piano
- 11.3 Accertamento delle eventuali economie
- 11.4 Valorizzazione dei benefici indotti ed individuazione delle risorse necessarie

ORGANIZZAZIONE E GESTIONE DEL TRASPORTO.

Art. 4 Legge 10 aprile 1981 n. 151

1. Tipi di gestione.

- a - in economia dagli enti locali
- b - mediante aziende speciali
- c - in regime di concessione

2. Parametri relativi al livello di servizio.

- a - velocità commerciale
- b - indice di frequenza
- c - coefficiente di occupazione

3. Parametri relativi al personale e all'organizzazione aziendale.

- a - costo medio del personale
- b - livello di produttività personale viaggiante
- c - livello di produttività personale di movimento
- d - incidenza movimento
- e - indice dei tempi morti

4. Parametri relativi al materiale rotabile.

- a - percorrenza per rotabile
- b - indice di consumo
- c - indice di manutenzione standard
- d - indice di manutenzione unitaria
- e - indice di produttività

5. Parametri di gestione.

- a - costo di produzione
- b - costo diretto unitario
- c - coefficiente di gestione
- d - coefficiente di esercizio
- e - valore aggiunto per addetto
- f - ricavi unitari

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno nello sviluppo di parti di pianificazione di infrastrutture nonché di elementi di gestione del trasporto: è in facoltà dell'allievo integrarle con una monografia su un particolare argomento relativo alla materia. Saranno effettuate visite di istruzione.

Testi consigliati

Saranno distribuiti quaderni di appunti per argomenti particolari.

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE**AJ0008****Prof.ssa Angela POLETTI***Programma d'esame***1 - Il territorio:**

- a) Definizione spaziale: parametri di definizione, sistema chiuso o aperto, grado di omogeneità.
- b) Componenti territoriali geografiche, tecnologiche, amministrative, economiche e sociologiche - Dimensioni massime e minime di un ambito territoriale.
- c) Il territorio urbanistico.
- d) La gestione del territorio in Italia: struttura amministrativa ed ambiti di competenze.

2 - Il fenomeno insediativo ed economico-produttivo:

- a) Contenuti di un piano. Individuazione ed utilizzo delle risorse: spazio-temporali, naturali, economiche, sociali, tecnologiche.
- b) Insediamenti accentrati, attività di base e produzione di servizi.
- c) Distribuzione delle attività sul territorio. Aree di influenza. Diretrici di sviluppo: schema aperto, continuo e flessibile.

3 - Il piano:

- a) Pianificazione urbanistica e programmazione economica.
- b) Le diverse fasi della pianificazione urbanistica e territoriale: analisi, obiettivi, piano, gestione e controllo.
- c) Interventi globali e di settore. Esempi di piani urbanistici programmatici ed esecutivi.
- d) I piani urbanistici ai vari livelli in Italia ed in Lombardia.

4 - Pianificazione e Modellistica:

- a) Modelli applicati all'urbanistica: grafici e matematici - interpretativi e decisionali.
- b) Teorie localizzative. Analisi costi-benefici, teoria della soglia.
- c) Elementi di teoria dei sistemi applicata all'urbanistica.
- d) Gaming-simulation applicata all'urbanistica.

5 - Pianificazione e componenti di ingegneria:

- a) Il territorio fisico-naturale: le indagini urbanistiche, la salvaguardia, il controllo e la difesa del suolo. Le componenti naturali quali variabili di pianificazione. Gli eventi naturali eccezionali: interventi urbanistici di prevenzione, pronto intervento e ricostruzione.
- b) Il territorio antropico: indagini urbanistiche; l'insediamento umano nel passato ed il sistema insediativo moderno. Esempi - Gli impianti sociologici e territoriali. Gli insediamenti produttivi primari, secondari e terziari. Le componenti fondiario-catastali, edilizie, cinematiche e tecnologiche.
- c) Dinamiche insediative: sviluppo e distribuzione della popolazione; fattori umani, produttivi e di movimento - Proiezioni al futuro - Gerarchie urbane ed il principio di centralità.
- d) La salvaguardia urbanistica delle infrastrutture insediative ed ambientali progettate o preesistenti. Le "new-towns", schemi urbanistici di sviluppo insediativo, il sistema del verde ed i nastri di traffico.
- e) Impianti speciali territoriali e loro coordinamento nell'ambito urbanistico-regionale.

6 - Pianificazione e gestione del territorio:

- a) Piani e programmi - azzonamento e programmi pluriennali di intervento.
- b) La gestione di un piano: demanio delle aree e trasporti pubblici.
- c) Strumenti di intervento.

7 - Pianificazione e legislazione: La legislazione urbanistica per la salvaguardia e la pianificazione del territorio.*Esercitazioni*

Ricerca della realtà urbanistica di un dato territorio e, mediante progettazione a scala regionale e comprensoriale, applicazione di metodologie operative per la riorganizzazione. Eventuale progetto planivolumetrico e dettaglio delle componenti urbanistiche.

Modalità d'esame

Per l'ammissione all'esame occorre la presentazione dell'elaborato svolto durante l'anno accademico almeno otto giorni prima dell'appello. L'esame comprende un colloquio sul programma svolto e la discussione dell'elaborato.

Libri consigliati

In considerazione della natura dei problemi dell'ingegneria del territorio, la bibliografia verrà fornita agli allievi durante le varie fasi di svolgimento del programma.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA**AF0014****Prof. Mario DENTE***Programma d'esame*

- 1 - **Bilanci macroscopici o globali**, di quantità di moto, materia e energia.
- 2 - **Deduzioni delle equazioni indefinite di bilancio (di trasporto)**: bilancio di quantità di moto, bilancio energetico, bilancio materiale o di massa (sistemi a uno o più componenti).
- 3 - **Proprietà di trasporto molecolari**: legame con i "flussi"; viscosità, conducibilità termica, diffusività molecolare. Loro dipendenza da temperatura, pressione, concentrazione. Cenni alla loro teoria cinetica. Sistemi non-Newtoniani-
- 4 - **Risoluzione delle equazioni fondamentali di trasporto** in alcuni casi semplici. Teoria dello stato limite applicata ai problemi di trasporto di quantità di moto, di energia e di materia. Teoria della penetrazione applicata allo stesso tipo di problemi. Analogie strutturali tra le due teorie. Analogie tra i vari fenomeni di trasporto (giustificazione fisica e matematica). Altri esempi di risoluzione dei problemi di trasporto in presenza di reazione chimica (in particolare diffusione di materia accompagnata da reazioni).
- 5 - **Proprietà di trasporto in regime turbolento**. Deduzione delle equazioni di trasporto turbolento di quantità di moto, energia, materia: viscosità turbolenta, conducibilità termica turbolenta, diffusività turbolenta. Cenni alle teorie e varie ipotesi sulla turbolenza; risoluzione di alcuni problemi in moto turbolento, determinazioni di profili di velocità e coefficiente di scambio termico, profili di concentrazione e coefficienti di scambio di materia. Giustificazione teorica di alcuni legami empirici tra numeri adimensionali. Scambi simultanei di quantità di moto, energia, materia. Cenni ad alcuni problemi particolari; diffusione turbolenta con reazione chimica, fiamme e altri.
- 6 - **Scambio tra due fasi** (in particolare: fluido-parete): di quantità di moto, energia e materia, coefficienti di scambio e loro espressioni.
- 7 - **Trasmissione del calore per irraggiamento**: meccanismi di irraggiamento, assorbimento ed emissione di energia radiante, leggi di Kirchhoff, Planck, Stephan-Boltzmann, Wien, calore scambiato tra corpi neri e tra corpi grigi.
- 8 - **Reattori chimici**. Le equazioni fondamentali di trasporto applicate ai reattori chimici. Classificazione dei reattori chimici; criteri di scelta. Reattori discontinui, dimensionamento. Reattori continui a miscelazione, dimensionamento. Reattori continui tubolari, equazioni di progetto, dimensionamento. Condizioni di stabilità e di sensibilità parametrica dei reattori chimici. Effetti di miscelazione, influenza dei fenomeni fisici sul dimensionamento. Regime non chimico. In particolare reattori catalitici a letto fisso.
- 9 - **Elementi di analisi dei sistemi**: metodi di decomposizione di grandi sistemi in sottosistemi; applicazione alla risoluzione di bilanci materiali e termici per impianti chimici. Durante lo svolgimento del corso verrà continuamente messa in rilievo l'applicazione dei vari principi che si espongono alle operazioni fondamentali dell'industria chimica.

Esercitazioni

In sede di esercitazioni saranno sviluppati analiticamente e numericamente problemi che si riferiscono ai singoli argomenti del corso.

Libri consigliati

Di tutti gli argomenti trattati nel corso sono state preparate dispense a cura della CLUP.

Si consiglia la visione dei seguenti testi:

Bird, Stewart e Lightfoot: Transport Phenomena. Wiley 1960.

Pedrocchi e Silvestri: Introduzione ai Fenomeni di Trasporto, CLUP.

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II

AF0031**Prof. Eliseo RANZI***Programma d'esame*

Fondamenti del Calcolo dei Reattori Chimici

Bilanci Macroscopici o globali di materia, energia e quantità di moto.

Equazioni indefinite di bilancio di materia, energia e quantità di moto per sistemi a uno o più componenti.

Proprietà di trasporto molecolari. Viscosità, conducibilità termica e diffusività molecolare.

Richiami di fluidodinamica. Getti, scie, fiamme ed applicazioni.

Richiami di cinetica chimica. Individuazione dei meccanismi di reazione e stima dei parametri cinetici. Schemi cinetici complessi.

Reattori Chimici Ideali

Classificazione dei reattori e modelli dei reattori ideali.

Progetto e simulazione dei reattori chimici. Criteri di scelta.

Le funzioni di distribuzione dei tempi di permanenza.

Effetti della micro e macro miscelazione.

Reattori Chimici di Interesse Industriale

Reattori catalitici gas-solido. Efficienza dei catalizzatori porosi.

Reattori gas-liquido, liquido-liquido e trickle bed.

Reattori a letto fluido.

Fermentatori e reattori biochimici.

Reattori a fiamma.

Reattori di polimerizzazione.

Scambio termico per irraggiamento nei forni industriali.

Condizioni di stabilità e sensitività parametrica. Comportamento dinamico e problemi di controllo dei reattori chimici.

Esercitazioni

Vengono illustrati alcuni esercizi per i quali è previsto lo sviluppo di programmi di calcolo da parte degli allievi.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova orale sulla materia del corso comprensiva di una discussione sugli elaborati delle esercitazioni.

Libri consigliati

M. Dente, E. Ranzi: Principi di Ingegneria Chimica, CLUP. 1979.

R. Reid, J. Prausnitz, T. Sherwood: The Properties of Gases and Liquids, McGraw Hill, New York. 1977.

J. J. Carberry: Chemical and Catalytic Reaction Engineering, McGraw Hill. New York. 1976.

O. Levenspiel: Chemical Reaction Engineering, Wiley, New York. 1972.

PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA+ELETTRONICA APPLICATA (C.I.) AH0105 **Proff. Alessandro GANDELLI, Marcello CRIVELLINI e Gianfranco DACQUINO**

Programma d'esame

PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA.

1. Generalità. Cariche elettriche. Tensione elettrica e ddp. Corrente elettrica, Potenza. Unità di misura, volmetro e amperometro ideali.

2. **Campi.** Campo di conduzione, resistività. Proprietà dei materiali conduttori. Campo dielettrico, costante dielettrica. Proprietà dei materiali isolanti. Campo magnetico, permeabilità. Materiali ferromagnetici. Flusso concatenato, legge dell'induzione. Circuiti accoppiati, coefficiente di auto e di mutua induzione. Energia e azioni meccaniche del campo dielettrico e magnetico.
3. **Reti elettriche.** Bipoli e doppi bipoli. Leggi di Kirchhoff. Maglie e nodi indipendenti. Teorema di Tellegen. Potenza.
4. **Reti resistive.** Bipoli resistivi, caratteristiche lineari (e non lineari). Composizioni elementari serie e parallelo. Linearità e sovrapposizione. Teoremi di Thevenin e Norton. Analisi matriciale di rete: analisi ai nodi, agli anelli.
5. **Reti in regime sinusoidale.** Sinusoidi, valori efficaci, fasori. Bipoli fondamentali in regime sinusoidale. Impedenze, ammettenze. Potenze in regime sinusoidale, istantanea, attiva, reattiva, apparente. Teoremi fondamentali e analisi di rete con i fasori. Teoremi di Boucherot. Strumenti di misura in c.a.. Trasformatore ideale. Mutuo induttore, circuito equivalente.
6. **Sistemi trifase.** Sistemi di tensioni e di correnti. Generatori e carichi a stella e a triangolo. Potenza trifase. Analisi dei sistemi simmetrici equilibrati.
7. **Nozioni di macchine e di impianti elettrici.** Costituzione generale delle reti per la trasmissione e distribuzione della potenza elettrica. Cadute di tensione, sovraccarichi, corti circuiti. Sicurezza negli impianti elettrici. Trasformatore, circuito equivalente, trasformatori trifase, dati di targa. Motore asincrono e sincro, principi di funzionamento, circuiti equivalenti, caratteristiche esterne, dati di targa, regolazione. Motore in corrente continua, principio di funzionamento, caratteristiche esterne, dati di targa, regolazione.

ELETRONICA APPLICATA.

1. **Componenti.** Dispositivi a stato solido. Diodi. Transistori. Amplificatori operazionali. Caratteristiche esterne. Circuiti equivalenti.
2. **Teoria delle reti lineari.** Generatori indipendenti e comandati. Ordine di una rete lineare. Variabili di stato. Sistemi in forma normale. Transitori RC ed RL del primo ordine. Transitori del secondo ordine. Regime periodico non sinusoidale. Analisi di Fourier. Risposta in frequenza.
3. **Diodi.** Impiego dei diodi nei circuiti di conversione ca-cc. Convertitori monofase a semionda, a ponte. Convertitori trifase.
4. **Transistori.** Impiego come interruttore elettronico. Circuiti di conversione cc-cc. Circuiti di conversione cc-ca. Cenni agli azionamenti elettrici e relativo controllo. Impiego del transistor come amplificatore.
5. **Amplificatori operazionali.** Circuiti analogici fondamentali: amplificatore, sommatore, integratore, derivatore, invertitore.
6. **Filtri.** Filtri passivi, Cenni all'impiego dell'amplificatore operazionale nella realizzazione di filtri.
7. **Circuiti logici.** Le porte logiche fondamentali: NOT, AND, OR, XOR. Le memorie elementari: Flip-Flop. Reti logiche. Circuiti cablati. Circuiti programmati.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale da sostenersi nel medesimo appello.

Libri consigliati

- E. Bottani, R. Sartori: Elettrotecnica, parte I e II, Masson.
 I. Vistoli, A. Di Gerlando: Appunti di elettrotecnica, CUSL.
 L. Chua, C. Desoer, E. Kuh: Circuiti lineari e non lineari, Jackson
 E. Gatti, P.F. Manfredi, A. Rimini: Elementi di teoria delle reti lineari, Ambrosiana.
 S. Bobbio: Esercizi di elettrotecnica, CUEN, Napoli.
 R.J. Smith: Circuiti Dispositivi Sistemi, Zanichelli.

PROCESSI BIOLOGICI INDUSTRIALI **Prof.ssa Maria Carmela GALLAZZI**

AF0110

Programma d'esame

Fondamenti e Principi.

- Nozioni di base sulla chimica delle molecole implicate nei processi biologici, sulla struttura delle

- cellule e sulle caratteristiche di cellule e microorganismi.
- Cinetica e utilizzazione del substrato, formazione dei prodotti e produzione di biomassa nelle culture cellulari.
- Tecniche di fermentazione: batch, fed-batch e continua.
- Fenomeni di trasporto e bioreattori.
- Sterilizzazione dell'aria e dei terreni di cultura.
- Strumentazione e controllo.
- Processi di separazione.

Processi.

- Alcuni esempi di catalisi enzimatica (HFCS, aspartame, separazione di enantiomeri).
- Etanolo.
- Birra
- Antibiotici.
- Acidi organici e amminoacidi.
- Proteine.
- Enzimi.
- Qualche esempio di applicazione industriale di microorganismi geneticamente ingegnerizzati.
- Qualche esempio di processi con cellule animali (anticorpi monoclonali, ormoni, vaccini).

PROCESSI DI PRODUZIONE ROBOTIZZATI**AR0128****Prof. Claudio Roberto BOER***Programma d'esame*

Generalità sui processi produttivi. Produzione discreta e di processo. Produzione a commessa e a magazzino. Flussi di materiale e di informazioni all'interno di un impianto di produzione. Cenni sui processi di produzione meccanica.

Robotizzazione dei processi produttivi. Generalità sui robot: configurazioni dei tipi più diffusi, attuatori finali, sensori, visione, sistemi di controllo, programmazione ad apprendimento ed off-line, simulazione. Applicazioni dei robot in compiti di manipolazione per fonderia, presse e macchine utensili. Applicazioni dei robot in saldatura. Applicazioni dei robot in ispezione. Applicazioni dei robot in verniciatura e finitura. Applicazioni dei robot in assemblaggio.

Assemblaggio automatico. Tecnologia dell'assemblaggio: classificazione delle operazioni. Cicli di montaggio manuale: valutazione dei tempi operativi. Automazione del montaggio. Sistemi ad automazione rigida. Linee ed isole di montaggio. Integrazione di stazioni di lavoro manuali in un sistema automatico dedicato. Sistemi ad automazione flessibile: celle e linee robotizzate. Design for Assembly. Pianificazione automatica delle operazioni manuali o automatiche di montaggio (CAAP). Impiego di sistemi CAD/CAM per la programmazione dei robot di assemblaggio.

Progettazione di un processo di produzione robotizzato. Valutazione economica e giustificazione: studio delle alternative ed analisi dei costi. Pianificazione del progetto: selezione delle alternative ed ingegnerizzazione. Affidabilità, manutenzione, sicurezza. Gestione di un sistema flessibile di assemblaggio.

Esercitazioni

Dimostrazioni di programmazione e simulazione di un impianto robotizzato.

Progettazione di un sistema di assemblaggio automatico:

- definizione del prodotto (design for assembly);
- definizione del processo (ciclo di montaggio automatico);
- definizione del sistema (dimensionamento dell'impianto).

Utilizzo di sistemi CAD/CAM.

Testi consigliati

- S.Y. Nof: Handbook of industrial robotics, John Wiley and sons
- G. Boothroyd, C. Poli, L.E. Murch: Automatic assembly, Marcel Dekker
- F.N. Nagy, A. Siegler: Engineering foundation of robotics, Prentice Hall
- K.S. Fu, R.C. Gonzales, C.S.G. Lee: Robotica, McGraw Hill Italia
- W.M. Chow: Assembly line design, Marcel Dekke

PROCESSI ELETTROCHIMICI
Prof. Bruno MAZZA**AE0014***Programma d'esame*

1. Richiami di teoria dei processi elettrochimici: aspetti stechiometrici, effetti termodinamici, cinetica, elettrocatalisi, passivazione, processi d'elettrodo in regime di diffusione.
2. Configurazione del campo elettrico nei sistemi elettrochimici, distribuzione della corrente, metodi di calcolo numerico.
3. Aspetti tecnici dei processi elettrochimici industriali: consumo energetico, bilancio termico, costi, tariffazione dell'energia elettrica, ottimizzazione economica.
4. Impianti elettrochimici: cella e parti costitutive (elettrodi, conduttori elettrolitici, separatori, membrane a scambio ionico, celle SPE), circuito di elettrolisi, impianto di conversione dell'energia.
5. Reattoristica elettrochimica: elettrodi tridimensionali (porosi, particolati a letto fisso e a letto fluido, flessibili), modelli teorici di funzionamento, applicazioni.
6. Esempi di processi e produzioni elettrochimiche consolidate della grande industria inorganica e metallurgica: cloro-soda, idrogeno, alluminio, zinco, rame, piombo. Dei singoli processi (trattati in forma monografica) vengono giustificate in modo critico le scelte operative sulla base di criteri termodinamici, cinetici, fisico-tecnici, impiantistici, economici, ambientali e di sicurezza. Vengono inoltre prospettati i più recenti sviluppi e analizzate le eventuali alternative con particolare riferimento al problema del risparmio energetico.
7. Nuove applicazioni elettrochimiche: elettrosintesi organiche, depurazione di effluenti industriali, taglio e lavorazione di pezzi metallici (electrochemical machining), elettrodeposizione di pitture e vernici.
8. Processi di corrosione, protezione elettrica, processi galvanotecnici.
9. Generatori elettrochimici di lavoro elettrico: pile, pile a combustibile, accumulatori (in particolare: industria degli accumulatori al piombo, nuovi prodotti e tecnologie, recupero elettrolitico del piombo da accumulatori esausti), prospettive di sviluppo di generatori elettrochimici per veicoli elettrici.
10. Metodi elettrochimici di utilizzazione dell'energia solare: celle fotoelettrochimiche.

Esercitazioni

Calcoli di bilanci materiali ed energetici di processi elettrochimici industriali.

Libri consigliati

P. Gallone: Trattato di Ingegneria Elettrochimica. Ed. Tamburini, Milano 1973.
 F. Coeuret, A. Storck: Elements de Genie Electrochimique. Lavoisier Tec et Doc, Paris 1984.
 E. Heitz, G. Kreysa: Principles of Electrochemical Engineering. VCH, Weinheim 1986.
 D. Pletcher: Industrial Electrochemistry. Chapman and Hall, London 1990.
 G. Prentice: Electrochemical Engineering Principles. Prentice Hall, Englewood Cliffs 1991.
 J.S. Newman: Electrochemical Systems. Prentice Hall, Englewood Cliffs 1991.
 Per l'eventuale approfondimento di alcuni argomenti saranno consigliati a lezione testi o riviste specializzate disponibili presso la biblioteca del Dipartimento.

PROGETTAZIONE ASSISTITA DI STRUTTURE MECCANICHE
Prof. Gianfranco PETRONE**AR0113***Programma d'esame*

- Richiami e complementi di teoria dell'elasticità: analisi dello stato di deformazione e di sforzo e relativi invarianti; equilibrio indefinito; relazioni spostamenti deformazioni; legami costitutivi; equazioni differenziali risolventi. Richiami alla teoria delle lastre piane e delle lastre curve di prima e seconda approssimazione. Cenni di teoria della plasticità.
- Fondamenti generali dei metodi numerici per il calcolo strutturale: metodo delle differenze finite (MDF); metodo degli elementi finiti (MEF); metodo degli elementi di contorno (MEC).
- Metodo degli elementi finiti: Formulazione generale del metodo attraverso il Principio dei Lavori

- Virtuali, il metodo dei residui pesati, il metodo di Galerkin ed il principio variazionale. Matrice di rigidità.
- Le funzioni di forma: lineari e quadratiche; elementi finiti per problemi piani negli sforzi, piani nelle deformazioni; elementi per problemi assialsimmetrici; elementi solidi. Elementi beam per lo studio delle strutture a telaio ed elementi per lo studio delle strutture a guscio. Elementi isoparametrici. Elementi per la meccanica della frattura.
 - Assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi finiti e matrice di rigidità della struttura. Procedimenti solutivi per i problemi lineari e trattamento delle non linearità: procedimenti passo passo ed iterativi.
 - Utilizzo del metodo degli elementi finiti applicato per lo studio di problemi di dinamica strutturale; tecniche di soluzione.
 - Formulazione del MEF per lo studio dell'instabilità elastica delle travi e dei pannelli e dei problemi di grandi deformazioni. Problemi di elastoplasticità. Generalità sui codici di calcolo strutturale. Scelta del tipo di modellazione.
 - Integrazione del MEF con il CAD. L'impiego della modellazione geometrica come base per la modellazione ad elementi finiti. Cenni di tecniche ed algoritmi di modellazione. Post-processing.

Esercitazioni

Il corso sarà integrato da esercitazioni di tipo applicativo facendo uso degli strumenti informatici a disposizione del Dipartimento di Meccanica e più in generale di Ateneo, per consentire agli allievi l'acquisizione degli strumenti di tipo conoscitivo ed operativo per l'uso dei programmi di modellazione e calcolo strutturale, di tipo commerciale, oggi presenti. Si studieranno uno o più problemi di progettazione, scelti sulla base delle indicazioni fornite dal docente. Lo svolgimento documentato di tali temi potrà costituire parziale elemento di valutazione della preparazione dell'allievo. Si ritiene il corso adatto allo sviluppo e presentazione di testi e/o progetti di laurea.

Incontri e/o visite

Potranno fare parte integrante del corso una o più visite presso aziende del settore costruttivo meccanico presso le quali sono impiegati (integralmente o parzialmente) sistemi CAD-CAE-CAM, oppure incontri con progettisti di aziende del settore meccanico, che fanno uso di sistemi di progettazione assistita.

Libri consigliati

- S. Sirtori: Dispense sui Metodi numerici delle tensioni e deformazioni nelle costruzioni meccaniche.
 G. Belloni, G. Bernasconi: Sforzi deformazioni e loro legami.
 F. Cesari: Introduzione al metodo degli elementi finiti, Pitagora Editrice Bologna.
 F. Cesari: Metodi di calcolo nella dinamica delle strutture, Pitagora Editrice Bologna.
 F. Cesari: Comportamento non lineare delle strutture col metodo degli elementi finiti. Pitagora Editrice Bologna.
 N. Ottosen, H. Petersson: Introduction to the Finite Element Method.

PROGETTAZIONE DI APPARECCHIATURE DELL'INDUSTRIA CHIMICA AF0102 **Prof. Gianfranco GUERRERI**

Programma d'esame

Generalità. Richiami.

- Codici per il progetto dei recipienti in pressione: ANCC, ASME, DIN, British Standard, ecc.
 Procedure di calcolo per tenere conto della spinta del vento, delle vibrazioni e delle scosse telluriche sulle apparecchiature.
 Calcolo e dimensionamento degli ancoraggi (fondazioni, ecc.)
 Progetto dei tubi caldi e stima delle spinte e dei momenti sulle macchine e sui recipienti.
 Preparazione degli schemi P & I.
 Perdite di carico e sistemi di pompaggio e compressione per fluidi monofasici e bifasici.
 Scelta dei materiali e sovrametalli di corrosione.
 Analisi economica di un impianto chimico.

Esempi di progettazione di impianti petroliferi.

Distillazione primaria del petrolio greggio - preflash, Topping, Vacuum, Treno di scambio termico, Transfer line, Forno.

Reformig Catalitico.

Cracking Catalitico - FCC.

Desolforazione catalitica su letto "trickle".

Esempi di progettazione di impianti petrolchimici.

Steam Reforming primario e secondario.

Shift conversion $CO-CO_2$.

Assorbimento CO_2 .

Metanazione.

Sintesi Ammoniacca.

Alcole etilico da biomasse con la distillazione azeotropica e con la membrana.

Paradistillazione e Distillazione centrifugata.

Polimerizzazione dello stirene.

Glicole etilenico.

Idrogenazione di olio di semi di cotone.

Esempi di progettazione di impianti alimentari.

Operazioni preliminari.

Operazioni di trasformazione.

Operazioni sussidiarie.

Progetto di un pastorizzatore per sostanze viscosse e per liquidi.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sulla materia del corso comprensiva di una discussione sugli esempi numerici presentati.

Libri consigliati

H.F. Rase: Chemical Reactor Design for Process Plants, John Wiley & Sons, New York, 1977.

R.E. Treybal: Mass-Transfer Operations, McGraw-Hill, New York, 1980.

M. Karel, O.R. Fennema, D.B. Lund: Physical Principles of Food Preservation, Marcel Dekker Inc., New York, 1975.

G. Guerreri: Impianti petroliferi, CLUP, 1980.

G. Natta, I. Pasquon: Principi della Chimica Industriale, Vol. I, 1985.

I. Pasquon, G. Guerreri: Principi della Chimica Industriale, Vol. III, 1985.

M.H. Jaward, J.R. Farr: Structural Analysis and Design of Process Equipment, John Wiley & Sons, New York, 1989.

Il materiale di studio essenziale per il corso è suggerito durante le lezioni.

PROGETTAZIONE DI STRUTTURE AEROSPAZIALI**AL0109****Prof. GianLuca GHIRINGHELLI***Programma d'esame***Introduzione al calcolo strutturale automatizzato.**

Modelli concentrati o discreti - Modelli continui e metodi esatti - Approssimazione di modelli continui - Metodi approssimati - Discretizzazione e calcolo matriciale - Introduzione agli elementi finiti.

Analisi matriciale delle strutture.

Calcolo matriciale strutturale - Sviluppo della procedura di calcolo - Assemblaggio - Imposizione dei vincoli esterni - Soluzione del sistema algebrico.

Elementi finiti con approccio agli spostamenti - Analisi statica lineare.

Formulazioni variazionali - Formulazione non variazionali - Sviluppo di elementi - Schemi di interpolazione - Formulazione isoparametrica - Caratteristiche e condizioni di convergenza della soluzione - Elementi finiti di piastra - Carichi equivalenti - Pretensione e predeformazione - Carichi termici.

Problemi assialsimmetrici.

Formulazione - Sviluppo degli elementi - Modellazione dei carichi.

Tecniche di utilizzo e modellazione.

Criteri di discretizzazione e modellazione - Simmetrie/Antisimmetrie - Simmetrie cicliche - Analisi di dettaglio - Sottostrutture - Tecniche di individuazione degli errori - Modellazione automatica - Elaborazione dei risultati - Verifiche strutturali - Criteri di infittimento.

Dinamica.

Formulazione delle matrici di massa e di smorzamento - Problemi di risposta - Metodo diretto e modale - Metodi di integrazione - Analisi modale - Tecniche di calcolo di autovalori per problemi di grandi dimensioni - Tecniche di condensazione.

Applicazioni strutturali non standard.

Cenni di calcolo statico nonlineare - Cenni di dinamica non lineare - Sviluppo semianalitico del modello di trave - Formulazione materiali piezoelettrici - Problematiche di ottimizzazione.

Elementi di geometria vettoriale e grafica interattiva.

Descrizione numerica d'entità geometriche - Rappresentazione di corpi - Curve, superfici e volumi parametrici - Proiezioni.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni gli allievi potranno sviluppare programmi applicativi, relativi agli argomenti trattati durante le lezioni e verificarli sulle attrezzature del Politecnico.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale comprendente la discussione di un programma di calcolo svolto dall'allievo e relativo ad un argomento trattato durante il corso.

Libri consigliati

R.D. Cook: Concepts and applications of finite element analysis, John Wiley

O.C. Zienkiewicz: The finite element method, McGraw Hill

K. Bathe, L. Wilson: Numerical methods in finite element analysis, Prentice Hall

K. Bathe: Finite element procedures in engineering, Prentice Hall

J.L. Meek: Computer Methods in structural analysis, E & FN Spon

T. Huges: The finite element methods, Prentice Hall

F. Cesari: Il metodo degli elementi finiti nei problemi termostrutturali, Pitagora Editrice.

Autori vari: ADINA: A finite element program for Automatic Dynamic Incremental Non-linear Analysis, ADINA Eng.

Autori vari: MSC/NASTRAN: Theoretical manual, MSC

C.T.F. Ross: Finite Element methods in engineering science, Ellis Horwood

E. Hinton, Finite element programming, Academic Press

B. Iron, S. Ahmad: Techniques of finite elements, J. Wiley & Sons

H.G. Schaeffer: MSC/NASTRAN Primer, Schaeffer Analysis Inc.

Foley Van Dan: Interactive computer graphics, Addison Wesley.

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI MACCHINE SPECIALI**AR0133***(APP. DI SOLLEVAMENTO E TRASPORTO)***Prof. Silvio MATTEAZZI***Programma d'esame*

- 1. Il problema generale dei trasporti interni.** Le diverse classi di apparecchi di sollevamento e trasporto: a moto continuo e discontinuo. Modo di operare dei diversi apparecchi a ciclo continuo e discontinuo.
- 2. Gli elementi degli argani.** Organi di presa. Benne: normali, a grande apertura, e monofuni. Elettromagnetici. Ganci. Organi flessibili. Tipi di catene e di funi. Dimensionamento delle funi. Collegamenti delle funi. Tamburi: caratteristiche costruttive, dimensionamento, trasmissione del moto al tamburo. Carrucole: rendimento delle carrucole fisse, mobili, taglie. Riduttori. Tipi e caratteristiche costruttive. Gli elementi costruttivi. Criteri di dimensionamento. Riduttori specia-

- li. Planetario. Freni. Tipi di freno (a ceppi, a nastro). Dimensionamento meccanico. Verifica termica. Sistemi di apertura del freno: lavoro di apertura, aprifreno elettromagnetici, aprifreno elettroidraulici, aprifreno elettromeccanici. Freni speciali.
3. **I meccanismi di traslazione.** Ruote: distribuzione del carico, tipi costruttivi, dimensionamento, resistenza al moto. Organi di trasmissione del moto. Rotaie: vari tipi, dimensionamento, sistemi di ancoraggio. Dispositivi anticollisione: sistemi impiegati, tipi di respingenti, dimensionamento dei respingenti. Dispositivi di ancoraggio.
 4. **I motori e le apparecchiature di comando.** Motori asincroni trifase, in corto circuito ed a rotore avvolto. Utilizzazione dei motori asincroni: problemi di avviamento e frenatura nei casi di sollevamento di carichi e di movimenti orizzontali. Apparecchiature elettriche di comando.
 5. **Strutture portanti.** Generalità e norme. Classificazione degli apparecchi. Forze da considerare nel calcolo delle strutture. Forze principali. Forze dovute ai movimenti verticali. Forze dovute ai movimenti orizzontali. Forze dovute agli effetti climatici. Calcolo delle azioni interne. Condizioni di carico. Servizio normale senza vento. Servizio con vento di esercizio. Condizioni eccezionali. Dimensionamento degli elementi. Verifica in rapporto al carico di snervamento (cenni). Verifica in rapporto alla stabilità (cenni). Verifica in rapporto al limite di fatica. Collegamenti: chiodature, bullonature, saldature. Attuale orientamento delle strutture portanti negli apparecchi di sollevamento.
 6. **Carriponte.** Tipi di carriponte: con gancio e benna, tipi speciali. Ponte: caratteristiche costruttive e di dimensionamento. Carrello. Meccanismi di scorrimento. Comando centrale. Comandi separati. Fenomeni connessi al movimento di scorrimento. Interazione fra i vincoli esterni, i meccanismi di scorrimento e le strutture del ponte. Conseguenze di eventuali errori di costruzione. Coppia raddrizzante massima esercitata dall'attrito fra ruota e rotaia.
 7. **Gru girevoli.** Rotazione della parte girevole. Gru a piattaforma. Gru a colonna ed a cuscinetto. Variazione dello sbraccio. Traiettoria del carico. Gru a braccio fisso e carrello mobile. Gru a braccio sollevabile. Gru a braccio e braccetto. Gru particolari. Contrappesatura dei pesi propri. Meccanismi di rotazione. Fondamenti per il calcolo della potenza del motore e per il dimensionamento dei meccanismi. Tipi di riduttori ad assi ortogonali ed assi paralleli. Meccanismi di variazione dello sbraccio. Fondamenti per il calcolo della potenza del motore e per il dimensionamento dei meccanismi. Sistemi di manovra dello sbraccio. Verifica al ribaltamento.

Esercitazioni

Solo agli allievi che svolgeranno la tesi verrà assegnato il progetto di una macchina completa che sarà svolto preferibilmente da più allievi. Ciascun allievo seguirà, oltre allo sviluppo d'insieme del progetto, una sua parte o problema particolare, in modo da riprodurre, in forma ovviamente ridotta, il processo esecutivo di un progetto quale si ha normalmente nell'ambito di un ufficio progetti.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una valutazione dell'attività svolta nello studio del progetto e in una prova orale sugli argomenti del corso.

Per gli allievi che non svolgeranno la tesi ci sarà la sola prova orale.

Libri consigliati

Dispense del Corso.

Zignoli: Trasporti meccanici ed. Hoepli.

H. Ernst: Les appareils de levage ed. Gauthier-Villars.

H.H. Broughton: Electric Cranes ed. E. e F.N. Spoon, London.

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI MACCHINE SPECIALI (MACCHINE UTENSILI)

AR0134

Prof. Ambrogio GIROTTI

Programma d'esame

1. **Generalità sulle macchine utensili.** Loro classificazione in funzione delle modalità operative. Forze, velocità e potenze di taglio in tornitura e fresatura. Razionale sfruttamento delle capacità

- dell'utensile e della macchina. Forze e potenze nel taglio ed imbutitura della lamiera.
2. **L'azionamento delle macchine utensili con motore elettrico a velocità costante.** Cambi di velocità a rapporti discreti ed ottimizzazione della loro scomposizione col metodo di Germar. Dispositivi per selezionare le velocità. Variatori meccanici. Sistemi per ottenere $v=\text{cost}$.
 3. **L'azionamento delle macchine utensili con attuatori idraulici.** Tipologia e parametri caratteristici di pompe, motori, cilindri e relativi organi di regolazione. Circuiti compensati. Sistemi di equilibratura idraulica.
 4. **L'azionamento delle macchine utensili con motori elettrici a corrente continua.** Motori da mandrino, equazioni fondamentali, alimentatori statici reversibili retroazionati. Motori d'avanzamento convenzionali e brushless. Alimentatori e sistemi di controllo per macchine a controllo numerico continuo.
 5. **Elementi strutturali delle macchine utensili.** Morfologia e calcolo delle guide. Tribologia ed eliminazione dei giochi. Elasto-statica, elasto-dinamica, elasto-termica delle strutture in ghisa ed acciaio. Architettura strutturale caratteristica delle varie famiglie di macchine. Vibrazioni autoeccitate dal processo di taglio e teoria del chatter.
 6. **Il sostentamento idrostatico.** Principio e relazioni fondamentali. Sistemi a pressione costante, portata costante, a rigidità infinita. Applicazioni alle coppie cinematiche fondamentali (prismatica, rotoideale, elicoidale). Criteri di ottimizzazione. Esempi applicativi.
 7. **I cuscinetti volventi nelle macchine utensili.** Principi generali, relazioni fondamentali, tipologia, criteri di applicazione. Cuscinettamento dei mandrini: precisione, rigidità, velocità, riscaldamento, registrazione. Cuscinettamento delle viti a sfera.
 8. **Attuatori per il comando d'avanzamento delle Macchine utensili.** Tipologia. Rendimenti. Eliminazione dei giochi. Criteri di scelta in funzione di: carichi, masse, corse, applicazioni.
 9. **I complementari delle macchine utensili.** La macchina utensile come sottosistema integrato ed inserita in un sistema operativo integrato. Movimentazione di truciolo, utensili, accessori, pallets portapezzo. Protezione della macchina e dell'ambiente. Ergonomia ed ecologia.
 10. **Il controllo automatico flessibile della macchina.** Fondamenti del controllo numerico. Trasduttori di posizione. Sistemi di feed-back. Controllo adattativo tecnologico e geometrico. Interazione di meccanica ed elettronica nelle prestazioni. Compensazioni elettromeccaniche CNC - DNC.
 11. **Automazione integrata delle lavorazioni.** La cella di lavorazione. I sistemi flessibili di lavorazione (FMS). Gestione di macchine; utensili; pezzi; sistemi ausiliari di ribaltamento, lavaggio, misura dei pezzi. Sistemi di simulazione. Monitorizzazione. La Tool Room. Sistemi di comunicazione ad alta immunità. Compiti e gerarchia dei sistemi di controllo e gestione; loro distribuzione ottimizzata. Funzionamento in degradato.

Esercitazioni

Progetto di una macchina utensile o di suoi componenti fondamentali a partire dai dati operativi caratteristici. Il progetto comprende: esame tecnologico generale; calcolo statico e dinamico dei componenti; disegno costruttivo delle parti considerate.

Le esercitazioni comprenderanno anche conferenze di noti esperti e discussioni collegiali sulla totalità dei progetti elaborati.

Modalità d'esame

Lo studente illustra il progetto eseguito rispondendo a domande collegate ai problemi tecnici, tecnologici e costruttivi connessi al lavoro. Altre domande su argomenti trattati nel corso completano l'esame.

Libri consigliati

Appunti alle lezioni del corso: dispense reperibili alle esercitazioni.

Per consultazione si rimanda ai seguenti testi:

N.S. Atscherkane: Les machines-outils travaillant par enlèvement de metal, La Société de Publication Mécaniques - 15, Rue Bleue, Paris (9) - R.C. Seine 57 B 1378

Max Kronenberg: Grundzuege der Zerspanungslehre, Springer Verlag.

G.F. Micheletti: Tecnol. Meccanica - Il taglio dei metalli, UTET.

R. Chiappulini: Comandi e servomeccanismi idraulici delle macchine utensili, ETAS KOMPASS.

F. Koenigsberger: Design Principles of Metal Cutting Machine Tools, Pergamon Press.

Max Coenen: Elemente des Werkzeugmaschinenbaues - Ihre Berechnung und Konstruktion, S.

Hilzel Verlag, Leipzig.
 Schoerke: Werkzeugmaschinen Getriebe, Georg Westermann Verlag.
 E. Stephan: Optimale Stufenraedergetriebe fuer Werkzeugmaschinen, Springer Verlag.
 S.A. Tobias: Machine Tool Vibration, Blackis, Glasgow.
 Herbert E. Merrit: Hydraulic Control Systems, John Wiley & Sons Inc., Mew York, London.
 Herwart Opitz: Moderne Produktions - Technik, Stand und Tendenzen, Verlag W. Girardet, Essen.
 F. Koenigsberger and J. Tlusty: Machine Tool Structures, Pergamon Press, Oxford, London.
 The University of Manchester Institute of Science and Technology - Machine Tool Engineering Division: Specifications and Tests of Metal Cutting Machine Tools, Vol. 1 and 2 - Revell and George Limited - Manchester M46JD.
 Manfred Weck: Werkzeugmaschinen, VDI Verlag.

PROGETTAZIONE EDILE ASSISTITA **Prof. Alfredo M. RONCHI**

AJ0103

Programma d'esame

- 1) Introduzione alla progettazione edile assistita, cenni storici, concetti base degli elaboratori, architettura del software: software di base, software applicativo. Descrizione microsistema, cenni su alcuni dei sistemi operativi più diffusi nel settore edile, procedure operative di base. Principali componenti hardware e software utilizzati nelle soluzioni dedicate all'edilizia.
- 2) Cenni sulle possibili interfacce uomo/macchina, ambienti operativi. Le interfacce grafiche, GUI, CUA, SAA e gli ambienti windows.
- 3) Cenni sulle principali tecniche di archiviazione e reperimento dei dati alfanumerici e grafici, progettazione e realizzazione di archivi tecnici.
- 4) Panoramica delle applicazioni grafiche dedicate alla progettazione edile assistita, dal tecnigrafo elettronico alla modellazione solida ed alla grafica interattiva. Grafica "raster" e vettoriale. Cenni sui principali algoritmi e metodi di elaborazione grafica, esempio di funzionamento di un sistema grafico. Problematiche ed aspetti specifici dei sistemi grafici dedicati al mondo delle costruzioni, differenti approcci al disegno ed alla modellazione.
 Approfondimento delle conoscenze sulle tecniche di modellazione di manufatti edili, ombreggiatura e resa realistica dei medesimi. Alcune procedure dedicate alla animazione di modelli architettonici con particolare riferimento alla creazione di "cammini prospettici" e montaggio di ambienti reali in filmati di sintesi. Realtà Virtuale evoluzione, immersività, periferiche intrusive, applicazioni al settore edile, sistemi di sviluppo. Integrazione della RV nei differenti settori applicativi edili. Cenni sulle principali tecniche di restituzione delle elaborazioni grafiche sopra menzionate, produzione di tavole cartacee, prestazioni dinamiche, "video tapes".
- 5) Problematiche relative all'informatizzazione di una struttura operativa edile, dallo studio professionale all'impresa di costruzioni. Cenni sulle reti locali e l'uso di reti territoriali o internazionali. Principali sistemi di comunicazione e gestione dell'informazione, "workflow", il luogo di lavoro virtuale, il lavoro distribuito a distanza. Considerazioni sulla produttività generale dei sistemi di elaborazione dedicati all'edilizia ed architettura.
- 6) Procedure software dedicate alla compilazione e gestione di analisi prezzi, computi metrici, estimativi e contabilità lavori, relazioni con sistemi grafici e modelli tridimensionali. Procedure "ponte" tra le applicazioni dedicate al disegno ed alla modellazione e le procedure di progetto o verifica dei principali sottosistemi edili.
 Creazione di sistemi grafici dedicati a soluzioni "verticali".
 Principali applicazioni d'automazione d'ufficio in campo edile. Metodi di programmazione dei lavori ed applicazioni dedicate. Gestione informatizzata delle commesse edili, contabilità lavori.
- 7) Cenni sui principali strumenti di controllo dei parametri ambientali, procedure ed algoritmi di calcolo.
- 8) Tecniche di simulazione ed ottimizzazione applicate al processo produttivo edilizio.
- 9) Applicazioni ipertestuali e ipermediali per l'edilizia, cenni storici, potenzialità e stato dell'arte, ambienti di sviluppo più diffusi, esempi applicativi nel settore tecnico.
- 10) Applicazione delle tecniche dell'intelligenza artificiale ed expert systems nel settore.
- 11) Requisiti edili ed impiantistici necessari per l'installazione di apparecchiature di elaborazione automatica dati.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni dedicate all'approfondimento ed all'ampliamento degli argomenti trattati durante il corso. Dopo aver fornito le principali indicazioni pratiche riguardanti l'uso di alcune procedure software dedicate al settore edile sono previste esercitazioni pratiche su Personal Computer.

Le precedenze d'esame sono affisse all'Albo della Presidenza della Facoltà. Il rispetto delle precedenze d'esame costituisce condizione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedenze comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Modalità d'esame

L'esame prevede la presentazione di una serie di elaborati svolti durante il corso dell'anno, un elaborato d'esame ed una prova orale. Prima di presentarsi alla prova orale il candidato dovrà presentare e discutere con il docente il progetto elaborato.

Libri consigliati

Nel corso delle lezioni sarà fornita la bibliografia specifica per ogni tema trattato.

PROGETTAZIONE MECCANICA FUNZIONALE **Prof. Guido RUGGIERI**

BN0006*Programma d'esame***1) La progettazione funzionale.**

1.1 Gli stadi della progettazione meccanica.

1.2 La progettazione funzionale.

1.3 La progettazione del movimento.

1.4 Caratteristiche fondamentali delle movimentazioni "interamente meccaniche".

1.5 L'impiego dell'elaboratore elettronico nella progettazione funzionale dei meccanismi.

2) Meccanismi per macchine automatiche.

2.1 Classificazione dei vari tipi di movimento richiesti nelle macchine. Problemi dinamici nella trasformazione del moto uniforme in altri tipi di movimento.

2.2 Sintesi di meccanismi per moto continuo alternativo.

2.3 Sintesi di meccanismi per moto continuo unidirezionale.

2.4 Sintesi di meccanismi per moto intermittente alternativo.

2.5 Sintesi di meccanismi per moto intermittente unidirezionale.

2.6 Meccanismi per moti a passo di pellegrino.

3) Procedimenti per l'analisi automatica dei meccanismi.

3.1 Richiamo sull'impiego dei numeri complessi e dei metodi matriciali in cinematica.

3.2 Elementi di cinematica analitica e relativi metodi numerici.

3.3 Codici di calcolo per la progettazione assistita dei meccanismi.

3.4 Unità periferiche per la progettazione assistita dei meccanismi.

4) Meccanismi a più gradi di libertà.

4.1 Caratteristiche cinematiche e dinamiche dei meccanismi a più gradi di libertà.

4.2 Composizione e scomposizione di movimenti.

4.3 Rotismi epicicloidali e loro principali applicazioni (riduttori, cambi, sommatore, differenziali).

4.4 Trasmissione meccanica del moto fra assi mobili.

5) Problemi sulla trasmissione del movimento.

5.1 Caratteristiche funzionali dei principali meccanismi per la trasmissione del movimento.

5.2 Caratteristiche funzionali degli ingranaggi.

5.3 Correzioni speciali degli ingranaggi.

5.4 Guide rettilinee moderne.

Libri consigliati

- P.L. Magnani, G. Ruggieri: Meccanismi per macchine automatiche, UTET.

PROGETTO DI ELICOTTERI
Prof. Massimiliano LANZ

AL0110

Programma d'esame

- 1. Introduzione.** Cenni storici. Classificazione degli aeromobili a decollo verticale. Morfologia dell'elicottero. Rotori articolati, hingeless e bearingless. Sistema di controllo.
- 2. Aerodinamica del rotore.** Rotore in flusso assiale: momentum theory. Velocità e potenza indotta. Regimi di funzionamento: normale, vortice ad anello, freno, autorotazione. Teoria dell'elemento di pala in volo assiale. Potenza indotta in presenza di distribuzione non uniforme della velocità e perdite di estremità. Indice di merito. Ottimizzazione del rotore a punto fisso. Effetto suolo. Resistenza verticale. Sistemi di riferimento: non flappeggio, non variazione passo, mozzo. Forze generate dalle pale in volo avanzato. Determinazione dei coefficienti aerodinamici: effetti dovuti al flusso radiale, instazionarietà, stallo dinamico, comprimibilità.
- 3. Dinamica della pala rigida.** Equazione di flappeggio in assenza di forze aerodinamiche. Contributo delle forze aerodinamiche all'equazione di flappeggio. Numero di Lock. Volo avanzato: metodo di Floquet. Accoppiamento flappeggio-passo. Equazioni di moto attorno alla cerniera di ritardo e alla cerniera di passo. Stabilità flappeggio-passo: divergenza e flutter. Stabilità flappeggio-ritardo. Risonanza a terra e in volo. Coordinate multipala.
- 4. Prestazioni.** Equilibrio dell'elicottero in volo avanzato rettilineo uniforme. potenze necessarie. Metodo delle forze e delle potenze. Autorotazione. Diagramma quota-velocità.
- 5. Stabilità e controllo.** Equazioni linearizzate del moto. Sistemi di riferimento. Perturbazioni di velocità, incidenza e velocità di beccheggio. Stabilità longitudinale a comandi bloccati. Calcolo delle derivate di stabilità. Stabilità longitudinale a punto fisso. Stabilizzazione automatica. Effetto della posizione del baricentro sulla stabilità. Requisiti su potenza, sensitività di controllo e smorzamento.
- 6. Vibrazioni.** Sensibilità dell'organismo umano alle vibrazioni. Trasmissione di forze e momenti attraverso il mozzo. Metodi passivi e attivi per la riduzione delle vibrazioni.
- 7. Pala deformabile.** Equazioni di equilibrio di una trave rotante. Metodi numerici per il calcolo delle frequenze e dei modi propri. Variazione delle frequenze proprie in funzione della velocità di rotazione.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale.

Libri consigliati

- W. Johnson: Helicopter Theory, Princeton University press.
 A.R.S.Bramwell: Helicopter Dynamics, Edward Arnold, London.
 R.W. Prouty: Helicopter Aerodynamics, PJS Publications.
 J. Seddon: Basic Helicopter Aerodynamics, BSP Professional Books.
 R.W. Prouty: Helicopter Performance, Stability and Control, R.E. Krieger Publishing Company.

PROGETTO DI STRUTTURE
Prof. Antonio MIGLIACCI

AN0110

Programma d'esame

- 1. Aspetti probabilistici nella misura della sicurezza.** - Il problema fondamentale della misura: metodo dei valori estremi, dei funzionali estremi, ed esatto. Espressioni della probabilità di rovina. Metodo semi-probabilistico agli stati limite. Resistenze ed azioni caratteristiche. Resistenze di progetto, legami azioni-sollecitazioni, valori dei coefficienti parziali di sicurezza e gradualità di applicazione, formule di combinazione. Metodi di livello 2 e 3.
- 2. Stato limite ultimo per (N,M).** - Ipotesi fondamentali. Campi di rottura, rapporti geometrici e meccanici d'armatura, considerazioni sulla duttilità. Flessione semplice retta. Flessione composta retta. Tracciamento per punti del dominio resistente di progetto. Flessione composta deviata.
- 3. Stato limite ultimo per (V).** - Comportamento di travi al taglio. Metodo del traliccio di Mörsch modificato. Meccanismi resistenti al taglio. Calcolo allo stato ultimo: travi senza armatura trasversale, travi con armatura trasversale (taglio-compressione, taglio-trazione). Regola della

- traslazione. Effetto arco, effetto inclinazione correnti. Interazione flessione-taglio: diagrammi M_n , V in funzione di M/V ; domini resistenti (M, V).
4. **Stato limite ultimo per (T).** - Comportamento di travi a torsione. Teoria elastica e plastica; teoria della flessione obliqua. Interazione della torsione con le altre componenti di sollecitazione. Metodo del traliccio. Metodo della trave cava equivalente (stato ultimo di torsione- compressione, torsione-trazione). Torsione non uniforme.
 5. **limite di fessurazione.** - Misura della durabilità. Stati limite di fessurazione: decompressione (D), prima fessurazione (C), apertura controllata (W). Valori ammissibili (W_p) e valori di calcolo (W_s), valore centrale (W_{sm}) e frattile superiore (W_{sk}). Calcolo di W_{sm} nei diversi casi di fessurazione. Disposizioni costruttive.
 6. **Stato limite di deformazione.** - Valori ammissibili (v) e valori di calcolo (v). Misura della deformabilità. Diagrammi momenti-curvatura e momenti-rotazione. Calcolo del valore centrale v_{sm} . Effetti del taglio; deformazioni per torsione. Effetti della viscosità. Disposizioni costruttive.
 7. **Deformazioni lente (viscosità e ritiro).** - Comportamento viscoso del calcestruzzo (teoria dell'invecchiamento, teoria ereditaria, proposte pratiche di calcolo). Primo e secondo principio della viscosità lineare. Riacquisto del regime principale. Strutture non omogenee. Effetti del ritiro, interazione con la viscosità.
 8. **Stato limite ultimo di instabilità.** - Diagrammi momenti-curvatura e momenti-rotazione in presenza di N . Effetti del secondo ordine. Metodo generale. Metodi particolari (P_D); colonna modello; metodo dell'equilibrio. Effetti della viscosità.
 9. **Misura dello stato ultimo di struttura.** - Cenni al problema generale. Metodo delle deformazioni impresse e del sentiero di compatibilità. Metodo pseudo-elastico, controllo della duttilità. Campo di validità.
 10. **Disposizioni costruttive.** - Principi generali. Accoppiamento barre d'armatura-calcestruzzo. Distanziamenti, ancoraggi, unioni, piegature, uncini, ecc. Il problema delle spinte a vuoto. Reti d'armatura. Principi particolari per elementi snelli e per elementi tozzi. Le soles di fondazione, i plinti e le piattabande su pali. Le travi parete e le mensole tozze; selle Gerber. Disposizioni standard. Rinforzi e riparazioni.
 11. **Stati limite per il precompresso.** - Considerazioni generali. Misura degli stati ultimi (N, M) e (V), in esercizio e nelle fasi di fabbricazione. Effetti di viscosità e ritiro, rilassamento delle armature. Disposizioni costruttive ed esecutive.
 12. **Strutture di fondazione.** - Scelta e progetto delle strutture di fondazione. Fondazioni dirette: a plinto, a trave, a graticcio e a piastra; strutture particolari (a cavalletto e a telaio, intercapedini, fosse-luce). Particolari di fondazione per le strutture metalliche, per le strutture scale-ascensori, per le piattabande su pali, travi di collegamento, etc. Plinti in alloggiamenti.
 13. **Strutture in c.a.** - Strutture di edifici civili (solai travi, pilastri; strutture scale-ascensori). Strutture particolari di edifici civili (strutture di arretrato; travi alte, controventi). Travi continue; telai; archi e volte; travature. Getti, disarmi, controlli e collaudi.
 14. **Strutture particolari in c.a.** - Strutture per contenitori (muri paraterra; serbatoi e sili). Strutture per ciminiera. Voltine scatoari ed elementi a sezione aperta di piccolo spessore. Strutture particolari di edifici industriali (strutture per vie di corsa gru, di tamponamento e di pavimento).
 15. **Strutture in c.a.p.** - Scelta e progetto della precompressione. Solai e travi, travi continue, telai, travature. Voltine scatoari ed elementi a sezione aperta di piccolo spessore.

Esercitazioni

Durante le ore di esercitazione:

gli allievi che svolgono il tema di laurea nell'ambito del corso di Progetti di Strutture devono redigere il progetto delle strutture dell'edificio prescelto, sotto la guida del docente del corso; i restanti allievi è bene svolgano alcuni elaborati su un tema di ampiezza limitata, preferibilmente attinente al progetto di laurea svolto nell'ambito di un altro corso.

Modalità d'esame

Per l'ammissione alla prova di esame, gli allievi devono avere completato gli elaborati assegnati durante le esercitazioni.

L'esame consiste nella discussione di tali elaborati e nell'interrogazione su argomenti teorici riguardanti problemi strutturali trattati durante le lezioni.

Libri consigliati

Migliacci A., Mola F. Progetto agli stati limite delle strutture in c.a. (Parte prima), Masson Italia Editori, Milano, 1978.

Atti del Corso di Aggiornamento su Progetto delle strutture in cemento armato con il metodo agli stati limite (a cura di A. Migliacci e F. Mola), Ed. CLUP, Milano, 1983.

Migliacci A., Mola F.: Progetto agli stati limite delle strutture in c.a. (Parte seconda), Masson Italia Editori, Milano, 1985.

Durante il corso verranno date altre indicazioni bibliografiche.

PROGETTO GENERALE DI VELIVOLI**AL0111****Prof. Renato PICARDI***Programma d'esame*

- 1) Richiami sulle forze e sui momenti aerodinamici agenti su un corpo. -
- 2) Profili alari. -
- 3) L'ala finita in campo subsonico. -
- 4) L'ala in campo transonico e supersonico. -
- 5) Gli ipersostentatori. -
- 6) Caratteristiche aerodinamiche dei diversi elementi costituenti il velivolo. -
- 7) Polare reale. Polare parabolica. Polare relativa. -
- 8) Il velivolo come utilizzatore dei propulsori aeronautici. Trazione. Potenza utile. Potenza perduta. Rendimento propulsivo. -
- 9) L'elica. -
- 10) Meccanica del volo nel caso di traiettorie e forze giacenti nel piano verticale. -
- 11) Meccanica del volo nel caso di traiettoria curvilinea. -
- 12) Autonomia oraria e chilometrica del velivolo. -
- 13) Tempo e spazio di decollo su ostacolo. Spazio di accelerazione e arresto. Decollo critico. Spazio di atterraggio su ostacolo. -
- 14) Centraggio e stabilità statica longitudinale a comandi bloccati ed a comandi liberi. Stabilità di manovra. -
- 15) Stabilità statica direzionale a comandi bloccati. Controllabilità direzionale. Stabilità statica direzionale a comandi liberi. -
- 16) Stabilità laterale. Effetto diedro. Gli alettoni. -
- 17) Fenomeni di autorotazione e di vite. -
- 18) Sistemi di riferimento. -
- 19) Equazioni generali di moto del velivolo. -
- 20) Equazioni semplificate di moto del velivolo. -
- 21) Stabilità dinamica. Oscillazioni fugoide e di breve periodo. -

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nell'apprendimento di tecniche per il calcolo dell'aerodinamica di base di un velivolo e delle sue prestazioni fondamentali, nonché per la valutazione della stabilità.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale. Prima dell'esame lo studente deve fare approvare una relazione contenente un progetto concettuale di velivolo, su specifiche assegnate in precedenza dal docente.

Libri consigliati

E' innanzi tutto estremamente opportuna una media conoscenza della lingua inglese, utilizzata dalla maggior parte della letteratura aeronautica. Tra i molti testi consigliabili, in alcuni casi su particolari argomenti, si segnalano:

in italiano:

A. Lausetti-F. Filippi: Elementi di meccanica del volo - Levrotto e Bella - Torino

R. Picardi: Aeronautica generale - Dispense, CLUP, Milano

J. Roskam: Progetto di velivoli, Vol. I e II, CLUP - Milano
in inglese:

I. Abbot-A. von Doenhoff: Theory of Wing Sections - Dover - New York

L.J. Clancy: Aerodynamics - Pitman - London;

D. Dommasch-S. Sherby-T. Connolly: Airplane Aerodynamics - Pitman.

J. Roskam: Airplane Aerodynamics and Performance, Raskam, Kansas

J. Roskam: Airplane Design, Part. III, Raskam Kansas

E. Treembek: Synthesis of Subsonic Airplane, Nijhoff Delft.

PROTEZIONE E SICUREZZA NEGLI IMPIANTI NUCLEARI (1/2 ann., 2) **Prof. Sergio TERRANI**

AV0120

Programma d'esame

- 1. Problemi di radioprotezione connessi con l'impiego su larga scala della radiazione.** Problemi di radioprotezione negli impianti nucleari. Problemi ecologici connessi con gli impianti nucleari. Grandezze ed unità della radioprotezione. Modalità di irraggiamento dell'individuo. Vecchi e nuovi principi di R.P.. Le raccomandazioni n. 26 e n. 60 del ICRP e loro conseguenze sulla normativa nucleare.
- 2. Richiami di dosimetria.** Dosimetria ionometrica. Dosimetria a stato solido. Monitori personali e monitori d'area: loro caratteristiche e limiti. Misure di contaminazione ambientale e personale. Metodi particolari di dosimetria per condizioni eccezionali.
- 3. Problemi di protezione nell'esercizio degli impianti nucleari.** R.P. operativa. Ciclo del rifiuto radioattivo per solidi, liquidi ed aeriformi.
- 4. La sicurezza nucleare.** Criteri per stabilire il rischio connesso con un impianto nucleare. Il reattore nucleare: valutazione del rischio. Approccio probabilistico e approccio legato agli incidenti base di progetto. I siti nucleari, le salvaguardie nucleari, la protezione fisica degli impianti nucleari, i piani di emergenza nucleare.

Esercitazioni

Esercitazioni pratiche. Decontaminazione di superfici. Progetto di massima di un deposito a secco di combustibile nucleare bruciato. Ritrovamento di sorgenti occulte.

Libri consigliati

C. Polvani: Elementi di radioprotezione, Enea, 1087.

J.C. Collins: Radioactive Wastes, their Treatment and Disposal, E.I F.N. Span Ltd, London 1960.

H. Cember: Introduction to health physics. Pergamon Press, London 1987.

Lewis: Nuclear power reactor safety. John Wiley e Sons, 1977.

PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO **Prof. Armando BRATH**

AI0010

Programma d'esame

- 1. Stima della sollecitazione di progetto di opere idrauliche.**
Stima della portata al colmo di progetto. Metodologie di analisi di frequenza delle piene. Tecniche di analisi regionale.
Stima dei volumi e degli idrogrammi di piena. Analisi di frequenza dei volumi di piena. Determinazione dell'idrogramma di progetto a partire dall'analisi delle precipitazioni.
- 2. Idrologia delle piene fluviali.**
Propagazione delle piene. Equazioni generali del moto vario delle correnti a superficie libera. Modelli semplificati. Metodi numerici di soluzione. Cenni sui modelli bidimensionali per l'analisi dei fenomeni di allagamento. Onde di piena artificiali a valle di opere di ritenuta.
Trasporto dei corsi d'acqua. Fenomeni di instabilità del fondo. Forme di fondo. Trasporto di fondo e trasporto di sospensione: formule per la previsione e metodi di misura.
Morfologia degli alvei alluvionali. Teoria dell'equilibrio limite. Teoria del regime. Instabilità

- dell'asse rettilineo dell'alveo. Formazione dei meandri.
3. **Controllo delle piene fluviali.**
Misure di tipo strutturale. Sistemazione dei versanti e delle aste montane. Opere di correzione del profilo del corso d'acqua: briglie ordinarie e selettive. Opere longitudinali. Interventi intesi a modificare la scala di deflusso della sezione. Serbatoi di laminazione e casse di espansione. Diversivi e scolmatori.
Misure di tipo non-strutturale. Preannuncio delle piene. Caratteristiche dei sistemi di monitoraggio e preannuncio. Modelli matematici per la previsione in tempo reale. Piani operativi di protezione civile. Mappatura delle aree esondabili ad assegnato livello di rischio. Copertura assicurativa del rischio.
 4. **Impatto delle opere idrauliche sul regime fluviale.** Effetti delle sistemazioni dei versanti e delle aste montane sui tronchi vallivi. Effetti indotti dalla presenza di opere idrauliche di controllo delle piene sulle aree a monte ed a valle della zona protetta. Effetti sui profili di pelo libero in moto permanente. Effetti indotti durante i fenomeni di piena.
 5. **Rischio ed affidabilità nella progettazione idraulica.** Analisi di incertezza di variabili idrologiche. Fattori di incertezza intrinseca ed estrinseca. Analisi approssimata del primo ordine. Stima del rischio di fallanza e dell'affidabilità di opere idrauliche.
 6. **Analisi delle magre dei corsi d'acqua.** Caratteristiche dei fenomeni di magra. Analisi di frequenza delle magre. Modelli stocastici dei deflussi di magra. Previsione delle caratteristiche delle magre attraverso metodi indiretti.

Libri di testo

Materiale didattico fornito dal docente

U. Maione, Appunti di Idrologia. Vol.3 Le piene fluviali, La Goliardica Pavese.

A. Paoletti, Lezioni di Idraulica Fluviale, Dip. I.I.A.R, Politecnico di Milano.

Libri di consultazione

A.H. Ang, W.H. Tang, Probability concepts in Engineering Planning and Design, J. Wiley, New York.

G. Benini, Sistemazioni idraulico forestali, UTET.

H. Chang, Fluvial Processes in River Engineering, J. Wiley, New York.

P.H. Jansen, L. van Benegom, J. van den Berg, M. de Vries, A. Zanen, Principles of River Engineering, Pitman, London.

L.B. Leopold, M.G. Wolman, J.P. Miller, Fluvial Processes in Geomorphology, Freeman, San Francisco.

RADIOATTIVITA' (1/2 annualità)**AV0116****Prof.ssa Alessandra CESANA***Programma d'esame*

La struttura del nucleo; Raggio-Carica-Massa ed energia di legame-Formula semiempirica delle masse-Momenti nucleari.

Forze nucleari: Deutone-Scattering nucleone-nucleone.

Modelli nucleari: Gas di Fermi-Modello a shell.

Processi nucleari: Decadimento radioattivo-Decadimento α , β -Diseccitazione elettromagnetica-

Reazioni nucleari - Fissione-Fusione.

Esercitazioni

Il corso prevede esercitazioni numeriche in aula ed esercitazioni pratiche da svolgersi presso i Laboratori del CESNEF.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

1) K.S. Krane: Introductory Nuclear Physics, J. Wiley & Sons Inc., 1987.

2) W.N. Cottingham & D.A. Greenwood: An introduction to Nuclear Physics, Cambridge University Press, 1986.

RADIOCHIMICA E CHIMICA DELLE RADIAZIONI

AV0013

Prof. Ennio LAZZARINI

Programma d'esame

1. Richiami sulla struttura elettronica dell'atomo. Il nucleo atomico. Sua costituzione, dimensione, energia di legame, sistematica dei nuclidi naturali. Cenni sulla natura delle forze nucleari e sui modelli nucleari. Nuclei stabili ed instabili, legge dei decadimenti radioattivi, sua natura statistica. I tipi di decadimento radioattivo; *alpha*, *beta* (*beta⁻*, *beta⁺*, per cattura), emissione protonica, neutronica, decadimento per fissione spontanea. Stati nucleari eccitati e loro decadimento (emissione gamma e conversione interna). Cenni sulle correlazioni angolari dei gamma in cascata ed alle loro applicazioni in campo chimico.
2. Interazione di particelle e di radiazione con la materia. I rivelatori di particelle e di radiazione (camera di ionizzazione, contatori proporzionali e di Geiger-Muller, i rivelatori a scintillazione ed a semiconduttore; cenni sulla rivelazione con emulsione fotografica; gli spettrometri magnetici). Rivelatori per neutroni.
3. Reazioni nucleari. Leggi cinetiche sulla formazione di un nuclide attraverso reazione nucleare. Valore Q ed energia di soglia delle reazioni nucleari. Sezioni di urto totali e parziali. Le reazioni nucleari implicanti la formazione di un nucleo composto, le reazioni nucleari di spallazione. I diversi tipi di reazioni nucleari con particolare riguardo per la reazione di cattura neutronica e di fissione. Fissione indotta da neutroni, modelli della fissione, energia di fissione, prodotti di fissione, neutroni prodotti nella fissione, catena di reazioni di fissione. Cenni al reattore nucleare ed al suo bilancio neutronico al fine di chiarire gli aspetti ingegneristici chimici del problema. Cenni ai diversi tipi di reattore nucleare.
4. La fissione dal punto di vista chimico, composizione dei prodotti di fissione e loro decadimento. La chimica dei lantanidi e degli attinidi. Operazioni chimiche in campi di radiazione ad alta intensità. Metodi chimici usati per la rigenerazione dei combustibili nucleari irraggiati (coprecipitazione, resine a scambio ionico, estrazioni con solvente), loro uso nei processi di rigenerazione acquosi. Cenni ai processi di rigenerazione non acquosi. I metodi chimici usati per lo smaltimento dei rifiuti radioattivi, possibili usi pratici dei prodotti di fissione.
5. Produzione dei radionuclidi di più largo uso. La tecnica dei traccianti isotopici radioattivi. Critica del metodo, effetti isotopici. Uso dei traccianti isotopici nella chimica analitica, nello studio dei meccanismi di reazione; processi di autodiffusione, reazioni di scambio isotopico. L'analisi per radioattivazione. La Chimica degli atomi "caldi".
6. Chimica delle radiazioni. Sorgenti di radiazioni. Dosimetria. Effetti prodotti dalle radiazioni nei solidi e nelle soluzioni.
7. Cenni sugli aspetti radiochimici delle reazioni di fusione.

Nota per gli allievi nucleari

Il programma di esame per gli allievi nucleari è limitato essenzialmente ai punti 4, 5, 6 e 7, in quanto gli argomenti compresi nei punti precedenti sono svolti in altri corsi per essi obbligatori. Il programma di esame per gli allievi nucleari comprende però alcuni argomenti di chimica inorganica e di tecniche strumentali chimiche propedeutici per le esercitazioni pratiche di laboratorio svolte nel Corso di radiochimica. Questi argomenti sono illustrati per essi sempre in sede di dette esercitazioni pratiche.

Esercitazioni

Si svolgeranno circa 12 esercitazioni in giorni e con orari di volta in volta concordati con gli studenti.

Libri consigliati

Gli allievi possono usare per la preparazione dell'esame o dispense reperibili presso l'Istituto di Ingegneria Nucleare, integrate da manoscritti forniti dal docente, oppure i due seguenti testi in lingua inglese. G. Friedlander, J. Kennedy, J. Miller: Nuclear Chemistry and Radiochemistry. Wiley, London (1965). M. Benedict, T.H. Pigford, H. Levi: Nuclear Chemical Engineering, MacGraw, New York, 1981.

REGIME E PROTEZIONE DEI LITORALI**AU0011****Prof. Leopoldo FRANCO***Programma d'esame***A. Oceanografia applicata:**

Nozioni di oceanografia. Mari e oceani; morfologia del fondo marino; caratteristiche fisiche dell'acqua di mare; livello marino.

Oceanografia dinamica. Movimenti ondulatori delle masse idriche; misura ed analisi del moto ondoso reale; regime dei venti e dei mari; previsione del moto ondoso; teorie rotazionali ed irrotazionali; rifrazione, diffrazione, riflessione e frangimento delle onde; sovrizzo di tempesta, sesse e tsunamis; maree; correnti marine.

Azioni esercitate dalle onde sulle strutture. Spinte su pareti continue verticali; azioni su opere a gettata; spinte su ostacoli isolati (pali); risalita e tracimazione su pareti inclinate.

B. Dinamica dei litorali:

Morfologia delle coste, cuspidi, tomboli e flêches; dune costiere; dinamica trasversale e longitudinale delle spiagge; trasporto solido litoraneo; profilo d'equilibrio; analisi granulometrica dei sedimenti; cause di erosione e di insabbiamento; modellazione numerica dell'evoluzione della linea di spiaggia.

C. Metodi di difesa dei litorali:

Difese passive. Opere aderenti: rivestimenti, paratie, muri di sponda; stabilizzazione delle dune.

Difese attive rigide. Pennelli trasversali; barriere distaccate longitudinali emergenti e sommerse; opere di tipo speciale; tipologie strutturali e modalità costruttive.

Difese attive morbide. Ripascimenti artificiali puri e combinati con strutture di contenimento; sistemi di bypass delle sabbie; dragaggi.

D. Cenni di ingegneria portuale:

Porti. Classificazione dei porti; schemi planimetrici fondamentali; criteri generali di progettazione; interazione delle opere marittime con la dinamica litoranea.

Opere di difesa del moto ondoso. Dighe frangiflutti del tipo "a gettata" con e senza muro paraonde; tipo verticale; tipo misto; tipo composto; cassoni galleggianti.

E. Cenni di ingegneria offshore:

Piattaforme d'alto mare per la ricerca, estrazione e stoccaggio di idrocarburi.

F. Cenni di navigazione interna:

Idrovie, conche di navigazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni (due ore a settimana) sono costituite da applicazioni numeriche, anche di carattere progettuale. Saranno integrate da proiezioni di audiovisivi e da visite in laboratorio e di campo.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale sul programma svolto nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.

Libri consigliati

Appunti e dispense distribuiti nel corso delle lezioni;

A. Noli, *Costruzioni Marittime-Parte I: Oceanografia Applicata*, QI, Ed. La Goliardica, Roma, 1979.

US.Army CERC: *Shore Protection Manual*, Washington 1984, voll. I, II;

Delft University, *Coastal Engineering* voll. 1, 2, 3, 1986.

RETI DI TELECOMUNICAZIONE I**AG0229****Prof. Maurizio DECINA***Programma d'esame***1. Introduzione.**

Motivazioni d'utilizzo delle reti per le telecomunicazioni. Elementi costitutivi delle reti: architetture e protocolli. Commutazione di circuito e di pacchetto. Reti locali, metropolitane e geografiche. Reti integrate.

2. Multiplazione di segnali numerici.

Codifica dei segnali. Multiplazione numerica sincrona e asincrona. Multiplazione statistica. Problemi di sincronizzazione delle reti.

3. Elementi di teoria delle code e del traffico.

Caratterizzazione di un sistema a coda. Processi di ingresso e di servizio. Perdita e ritardo nei sistemi a coda. Code con ingresso e servizio a distribuzione esponenziale. Modelli di collegamenti a commutazione di circuito e di pacchetto.

4. Reti a commutazione di circuito.

Architettura delle reti telefoniche: indirizzamento ed instradamento. Traffico telefonico. Prestazioni di reti telefoniche: congestione dei fasci di circuiti. Struttura degli autocommutatori e allocazione delle funzioni. Reti di connessione a divisione di spazio e di tempo. Reti mono e multistadio. Congestione interna e instradamento. Valutazione delle prestazioni delle reti di connessione.

5. Reti a commutazione di pacchetto.

Architettura delle reti di calcolatori: reti locali e geografiche. Reti locali: sistemi a bus e ad anello, tecniche di polling. Elementi per la valutazione delle prestazioni di reti a pacchetto.

6. Protocolli di comunicazione.

Architettura a strati. Modello di riferimento OSI. Protocollo di reti e protocolli di applicazione. Protocollo X.25. Cenni sulla specifica e validazione dei protocolli di comunicazione.

7. Segnalazioni e gestione delle reti.

Segnalazione associata e su canale comune. Reti di segnalazione. Cenni su architetture e protocolli per la gestione delle reti di comunicazioni.

8. Sistemi radiomobile.

Sistemi radio per reti telefoniche mobili: l'approccio cellulare. Elementi per la valutazione delle prestazioni di traffico.

Modalità d'esame

Prova scritta e orale.

Libri consigliati

M. Dècina: Appunti dalle lezioni

M. Dècina, A. Roveri: Code e Traffico nelle Reti di Comunicazione, La Goliardica Editrice, 1978

M. Dècina, A. Roveri: Introduzione alle Reti Telefoniche Analogiche e Numeriche, La Goliardica Editrice, 1979

M. Schwartz: Telecommunications Networks: Protocols Modeling and Analysis, Addison Wesley, 1987.

A.S. Tannenbaum: Computer Networks, Prentice-Hall, 1989.

RETI DI TELECOMUNICAZIONI II

AG0258

Prof. Luigi FRATTA

Programma d'esame

1. Introduzione.

Elementi costitutivi delle reti: architetture e protocolli. Le reti di telecomunicazione per l'interconnessione di calcolatori. Reti dati per trasmissione ad alta velocità.

2. Elementi di teoria delle code.

Code con servizio a distribuzione generale. Effetto delle discipline di coda. Classi di utenza e priorità. Introduzione alle reti di code.

3. Elementi di teoria dei grafi.

Algoritmi di ricerca degli alberi. Problemi di flusso nelle reti di comunicazione. Insieme di taglio. Flusso massimo. Problemi multicommodity.

4. Reti di commutazione di pacchetto.

Modello di commutatore. Analisi delle prestazioni di reti store-and-forward: calcolo dei ritardi. Tecniche di dimensionamento delle reti: Assegnamento delle capacità, dei flussi e della topologia.

5. Protocolli di comunicazione.

Modello di riferimento OSI (richiami). Analisi delle prestazioni dei protocolli di livello 2: stop & wait, go-back N, HDLC. Analisi delle prestazioni dei protocolli di livello 3. Tecniche di instradamento: deterministico, dinamico, centralizzato, distribuito. Tecniche di controllo della congestione: meccanismo di controllo a finestra.

6. Reti a larga banda di tipo ATM.

Reti integrale a larga banda. Controllo dell'accesso e della congestione. Servizi a circuito virtuale e senza connessione: Frame Relay, SMDS.

7. Accesso multiplo in reti a diffusione.

Reti geografiche a diffusione: utilizzo del satellite. Protocolli di accesso al canale comune; valutazione delle prestazioni. Reti locali: sistemi ad anello, tecniche a contesa su bus e tecniche polling. Confronto tra protocolli standard ISO 8802.

8. Reti locali e metropolitane ad elevata velocità.

Protocolli per reti ad elevata velocità. Reti metropolitane: FDDI, DQDB. Valutazione delle prestazioni. Interconnessione di reti locali: bridge, routers and gateways. Reti multiconnesse: reti multihop a deflessione e a divisione di lunghezza d'onda.

9. Reti radio a pacchetto.

Reti radio in area locale. Reti radio in area geografica: approccio cellulare. Valutazione delle prestazioni.

10. Integrazione voce-dati.

Voce a commutazione di pacchetto e tecniche di integrazione voce-dati.

Modalità d'esame

Prova scritta e orale.

Libri consigliati

Appunti delle lezioni

Kleinrock: Queueing Systems, Volume I e II, John Wiley & Sons, 1975, 1976.

Decina-Roveri: Code e Traffico nelle Reti di Comunicazione, La Goliardica Editrice, 1978.

Frank, Frish: Communication, Transmission and Transportation Networks, John Wiley & Sons, 1973.

Maffioli: Elementi di Programmazione Matematica, Vol. I e II, Masson ed., 1991.

Schwarz: Telecommunication Networks: Protocols Modeling and Analysis, Addison-Wesley, 1987.

Hammond, O'Reilly: Performance Analysis of Local Computer Networks, Addison-Wesley, 1986.

Bertsekas, Gallager: Data Networks, Prentice-Hall, 1987.

RICERCA OPERATIVA (A)

AQ0013

Proff. Carlo VERCELLIS, Mauro DELL'AMICO

Programma d'esame

1. Introduzione.

Processi decisionali e modelli quantitativi. Cenni all'evoluzione storica della Ricerca Operativa. Il ruolo degli strumenti informatici nell'utilizzo di modelli decisionali.

2. Teoria delle decisioni.

Analisi in condizioni di rischio: valore monetario atteso, perdita di opportunità attesa, valore atteso della perfetta informazione. Analisi in condizioni di incertezza. Alberi di decisione. Valore atteso dell'informazione campionaria. Funzioni di utilità. Analisi del punto di pareggio. Analisi marginale. Analisi di sensitività.

3. Programmazione lineare (PL).

Formulazione di modelli di PL. Assunzioni della PL. Interpretazione geometrica. Metodo del simplesso. Metodo a due fasi. Analisi di sensitività. Analisi parametrica. Prezzi ombra, dualità e interpretazione economica. Analisi dell'output di PL (STORM). Esempi di PL: mix di produzione, pianificazione aggregata multi-periodo e multiprodotto, miscelazione e dieta, allocazione delle risorse, trasporto, portafoglio finanziario, scelte di investimenti.

4. Programmazione lineare intera (PLI).

Formulazioni di modelli di PLI. Interpretazione geometrica. Tecniche di rilasciamento. Metodi

dei piani di taglio. Metodi di branch and bound. Cenni di teoria della complessità. Metodi euristici approssimati. Esempi di PLI: zaino (algoritmo greedy), fixed-charge, scheduling (algoritmi di Johnson e Jackson), localizzazione, cutting stock.

5. **Ottimizzazione combinatoria.**

Grafi: cammini, cicli, alberi. Cammini minimi: modello di PLI, algoritmi di Dijkstra, Floyd-Warshall. Alberi di supporto minimi: modello di PLI, algoritmi di Kruskal, Prim. Problemi di flusso: modello di PLI, algoritmo di Ford-Fulkerson, taglio di capacità minima, relazione di dualità. Problemi del commesso viaggiatore: modello di PLI, rilasciamenti, branch and bound, algoritmi greedy, euristiche dell'albero minimo e di Christofides.

6. **Modelli di previsione.**

Scelta di un modello in relazione a caratteristiche e obiettivi di analisi. Identificazione e confronto di modelli: indicatori statistici. Modelli qualitativi. Analisi di serie storiche: scomposizione di una serie storica; modelli a media mobile; modelli di smoothing esponenziale (Brown, Holt, Winter); modelli di tipo ARIMA (Box-Jenkins). Monitoraggio di un modello. Modello di regressione: semplice e multipla, lineare e nonlineare; coefficienti di correlazione e determinazione; test di significatività: test di Durbin-Watson; assunzioni e criticità. Cenni a modelli markoviani.

7. **Simulazione.**

Classificazione dei modelli di simulazione. Sviluppo di un modello: diagramma del ciclo di attività. Generazione di numeri casuali. Metodi Monte Carlo. Esempi di modelli a eventi discreti. Condizioni iniziali. Numero di esperimenti. Analisi dell'output. Teoria delle code: classificazione; processo di Poisson e distribuzione esponenziale; modello M/M/1; simulazione di un sistema di code.

8. **Project management.**

Caratteristiche di progetti complessi. WBDS. Modelli reticolari. Diagrammi di Gantt. Analisi del cammino critico. Analisi PERT. Analisi dei costi. Bilanciamento tempi-costi: modello di PL, algoritmo euristico. Analisi a risorse limitate: modelli di PLI, algoritmi euristici.

Modalità d'esame

L'esame si articola in una prova scritta e una prova orale, entrambe obbligatorie. Per ciascun appello, la data della prova orale viene comunicata al termine della prova scritta.

Testi consigliati

Il materiale didattico del corso è costituito da una raccolta di dispense e articoli che saranno distribuiti durante lo svolgimento del corso. Gli studenti possono consultare anche i seguenti testi:

R.E. Markland, J.R. Sweigart: Quantitative methods: applications to managerial decision making, Wiley, 1987.

P. Newbold: Principles of Management Science, Prentice-Hall, 1986.

S.P. Bradley, A.C. Hax, T.L. Magnanti: Applied Mathematical Programming, Addison Wesley, 1977.

D. G. Dannenbring, M. K. Starr: Management Science: An Introduction, McGraw-Hill, 1981.

C.H. Papadimitriou, K. Steiglitz: Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Prentice Hall, 1982.

F. Maffioli: Elementi di programmazione matematica, Masson, 1990/91

F. Fumero: Esercizi svolti di ricerca operativa, Masson, 1994.

RICERCA OPERATIVA (B)

Prof. Alberto COLORNI

AG0058

Programma d'esame

1. Introduzione ai problemi decisionali.

Modelli matematici di decisione e loro caratteristiche: decisori, obiettivi, informazione e grado di incertezza. Problemi, modelli, algoritmi, software. La programmazione matematica. Metodi evolutivi esatti ed euristici. Un catalogo di esempi.

2. Problemi di tipo non lineare.

Le condizioni analitiche della programmazione matematica. Formulazione del problema. Vincoli attivi, punto regolare, sottospazio tangente, direzioni ammissibili. Condizioni del I° ordine. Il teorema di Lagrange. Il lemma di Farkas e il teorema di Kuhn-Tucker. La programmazione convessa. Condizioni del II° ordine. La programmazione quadratica.

Generalità sui metodi evolutivi, convergenza globale e locale, velocità di convergenza. Metodi di ottimizzazione monodimensionale: gli algoritmi di bisezione, di Fibonacci, di Newton. Metodi classici per problemi non vincolati: gli algoritmi del gradiente e di Newton. Metodi delle direzioni coniugate. Metodi per problemi vincolati: algoritmi delle direzioni ammissibili e delle funzioni di penalità. Cenni ai metodi di linearizzazione.

3. Problemi di tipo lineare.

Formulazione di un problema di programmazione lineare e proprietà generali. Esempi. Soluzioni di base. La forma standard. Il teorema fondamentale della programmazione lineare.

Metodo del simplesso. L'operazione di pivot. La forma canonica. Metodi per ottenere una soluzione ammissibile di base. Il teorema fondamentale del simplesso. La degenerazione.

Teoria della dualità: coppie di problemi primale-duale, proprietà principali. Teoremi della dualità e dello scarto complementare. Metodo del simplesso duale. Problemi di post-ottimalità e analisi di sensitività. Cenni al metodo del simplesso revisionato ed ai codici di calcolo esistenti.

Formulazione del problema di trasporto. Metodi di scelta di una soluzione ammissibile iniziale. L'algoritmo di Dantzig.

Formulazione del problema del massimo flusso. Teorema di Ford-Fulkerson. Cenni ad altri problemi di flusso in una rete.

4. Problemi di tipo combinatorio.

Problemi di ottimizzazione su grafo. Definizioni principali ed esempi. La complessità computazionale degli algoritmi. Cammini ottimi: algoritmi di Dijkstra e di Bellman. Il PERT. Problemi intrattabili. Cicli ottimi euleriani e hamiltoniani. Alberi e sottografi ottimi: algoritmi di Kruskal delle p-mediane.

Algoritmi di derivazione naturale: reti neurali, algoritmi genetici, simulated annealing, ant system, tabu search.

La programmazione a numeri interi: formulazione ed esempi. Metodi di taglio per problemi di programmazione lineare a numeri interi. Il caso con variabili binarie.

Metodi di enumerazione implicita. Il metodo di "Branch and Bound" e la sua applicazione al caso della programmazione lineare a numeri interi e della programmazione binaria.

5. Problemi con strutture decisionali complesse.

Introduzione alle strutture decisionali e ai sistemi di supporto alle decisioni. Il caso più semplice di modello decisionale: la programmazione matematica.

Modelli di programmazione a molti obiettivi. Dominanza e soluzioni paretiane. Metodi dei pesi e dei vincoli. Scelta della soluzione finale. Programmazione a molti attributi. Analisi gerarchica. Il metodo dei confronti a coppie. Incomparabilità. Concordanza e discordanza. I metodi Electre. Cenni ai metodi interattivi.

Modelli in ambiente stocastico: la programmazione stocastica e la teoria delle decisioni. Gli esperimenti. Metodi di risoluzione in forma normale e mediante l'albero delle decisioni.

Modelli conflittuali: la teoria dei giochi. Strategie pure e miste. Punti di equilibrio. Giochi a due persone e a somma nulla. Formulazione mediante la programmazione lineare. Il teorema di Von Neumann.

Esercitazioni

Durante l'anno potranno essere svolte esercitazioni dedicate allo studio di casi e all'esame di modelli tratti dai settori economico, organizzativo-gestionale, dell'ambiente, della pianificazione territoriale, ecc. Esiste inoltre la possibilità di usufruire di un software didattico in rete, per esercitazioni numeriche "self service" e per il ripasso di argomenti trattati a lezione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta o, eventualmente, in una prova orale. Durante l'anno verranno svolte due prove scritte facoltative (compitini) riguardanti di volta in volta l'intero programma svolto in precedenza. Tali prove, se superate positivamente, sono equivalenti all'intera prova scritta.

Durante l'anno potranno essere svolte dagli studenti interessati, previo accordo con il docente, progetti sostitutivi dell'esame.

Libri consigliati

Il libro di testo è:

A.Colomi: Ricerca Operativa, CLUP, 1984.

Sono inoltre disponibili:

1. un software di supporto (Ipertesto di R.O.),
2. una raccolta di temi d'esame risolti,
3. alcuni appunti integrativi (Euristiche, Analisi a molti criteri).

Per maggiori approfondimenti, gli studenti sono invitati a consultare i seguenti testi.

V.Chvatal: Linear Programming, Freeman, 1983.

G.B.Dantzig: Linear Programming and Extensions, Princeton Univ. Press, 1963.

M.R.Garey, D.J.Johnson: Computers and Intractability, Freeman, 1979.

A.Goicoechea, D.R.Hansen, L.Duckstein: Multiobjective Decision Analysis, John Wiley, 1982.

G.F.Hadley: Nonlinear and Dynamic Programming, Addison-Wesley, 1974.

T.C.Hu: Integer Programming and Network Flows, Addison-Wesley, 1969.

L.Lasdon: Optimization Theory for Large System, McMillan, 1970.

E.L.Lawler: Combinatorial Optimization: Networks and Matroids, Holt, Rinehart & Winston, 1976.

E.L.Lawler, J.K.Lenstra, A.H.Rinnooy Kan, D.Shmoys (eds.): The Traveling Salesman Problem, Wiley, 1985.

D.Luce, H.Raiffa: Games and Decisions, John Wiley, 1967.

D.J.Luenberger: Introduction to Linear and Nonlinear Programming, Addison-Wesley, 1973.

K.G.Murty: Linear and Combinatorial Programming, Wiley, 1976.

C.H.Papadimitriou, K.Steiglitz: Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Prentice-Hall, 1982.

H.Raiffa: Decision Analysis, Addison-Wesley, 1968.

A.Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986.

J.F.Shapiro: Mathematical Programming, Wiley, 1979.

H.M.Wagner: Principles of Operations Research, Prentice-Hall, 1975.

RICERCA OPERATIVA (C)**AG0111****Prof. Francesco MAFFIOLI***Programma d'esame***1. Introduzione alla Ricerca Operativa.**

Modelli matematici di decisione: numero di obiettivi e di decisori, grado di incertezza, metodi di ottimizzazione e di simulazione. Esempi applicativi.

2. Cenni sulla Complessità degli Algoritmi.

Criteri di valutazione. Problemi NP-completi e NP-difficili. Riduzione dei problemi. Problemi pseudo-polinomiali. Classi di complessività: P, NP, RP, pP, RpP. Il problema della struttura dei dati.

3. Programmazione Lineare.

Formulazione del problema. Proprietà generali di un problema lineare. Soluzioni di base. Teoremi fondamentali. Metodo del simplesso. Teoria della dualità. Simpleso duale. Analisi di sensitività. Problemi multiobiettivo. Appartenenza a P della programmazione lineare.

4. Programmazione Combinatoria: problemi polinomiali.

Algoritmo "greedy" e matroidi; alberi minimi. Intersezione di due matroidi; arborescenze ottime. Matroidi con condizioni di parità; problemi di accoppiamento. Cammini minimi. Reti di flusso. Flusso massimo. Flusso ammissibile. Flusso di costo minimo. Metodo degli archi non conformi. Problemi di flusso e programmazione lineare. Problemi di trasporto. Flussi multiterminale e multimateriale.

5. Programmazione combinatoria: problemi (probabilmente) non-polinomiali.

Algoritmi (casuali) pseudo-polinomiali e applicazioni. Metodo dei piani di taglio e programmazione a numeri interi. Metodi poliedrali speciali. Metodi quasi enumerativi: programmazione dinamica e "branch-and-bound". Uso del rilassamento lagrangiano. Cenno agli algoritmi gruppali. Metodi euristici. Esempi applicativi.

6. Programmazione non-lineare.

Formulazione del problema e classificazione dei metodi di soluzione. Condizioni analitiche.

Funzioni convesse. Metodi evolutivi. Ottimizzazione monodimensionale. Problemi non-vincolati. Problemi vincolati. Ottimizzazione globale.

7. Modelli per strutture decisionali complesse.

Programmazione a molti obiettivi. Programmazione in ambiente stocastico. Pianificazione gerarchica. Modelli conflittuali: cenni alla teoria dei giochi.

Esercitazioni

Potranno consistere di esercitazioni numeriche, di dimostrazioni in aula, di discussioni di casi, etc.

Modalità d'esame

L'esame consiste di una prova scritta e di una orale. Durante l'anno verrà svolto un compito scritto che, se superato con esito favorevole, può sostituire la prova scritta di esame.

Libri consigliati

- F. Maffioli: Elementi di Programmazione Matematica, Masson, 1990.
 Come testi introduttivi in italiano si consiglia di prendere visione di:
 F.S. Hillier, G.L. Lieberman: Introduzione alla Ricerca Operativa, F. Angeli, 1980.
 A. Coloni: Ricerca Operativa, CLUP, 1984.
 F. Schoen, Teoria e Metodi di Ottimizzazione Lineare, La nuova Italia Scientifica, 1991.
 R.L. Graham, D.E. Kruth, O. Patashnik, Matematica Discreta, Ed. Hoepli, 1992.
 Gli studenti sono invitati anche a consultare per eventuali approfondimenti i libri seguenti:
 G.B. Dantzig: Linear Programming and Extensions, Princeton Univ. Press, 1963.
 D. Luce, H. Raiffa: Games and Decisions, Wiley, 1967.
 G.F. Hadley: Nonlinear and Dynamic Programming, Addison—Wesley, 1974.
 H.M. Wagner: Principles of Operations Research, Prentice—Hall, 1975.
 E.L. Lawler: Combinatorial Optimization: Networks and Matroids, Holt, Rinehart & Winston, 1976.
 K.G. Murty: Linear and Combinatorial Programming, Wiley, 1976.
 M. Gondran, M. Minoux: Graphes et Algorithmes, Eyrolles, 1979.
 J.F. Shapiro: Mathematical Programming, Wiley, 1979.
 M.R. Garey, D.J. Johnson: Computers and Intractability, Freeman, 1979.
 V. Chvatal: Linear Programming, Freeman, 1983.
 M.M. Syslo, N. Deo, J.S. Kowalik: Discrete Optimization Algorithms, Prentice-Hall, 1983.
 P. Bradley, B.L. Fox, L.E. Schrage: A Guide to Simulation, Springer Verlag, 1983.
 E.L. Lawler, J.K. Lenstra, A.H.G. Rinnooy Kan, D. Shmoys (eds.): The Traveling Salesman Problem, Wiley, 1985.
 A. Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986.
 G.L. Nemhauser, L.A. Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley, 1988.
 R.K. Ahuja, T.L. Magnanti, J.B. Orlin, Network Flows, Prentice Hall, 1993.

RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO

AY0100

Prof.ssa Laura SCESI

Programma d'esame

1) GEOLOGIA GENERALE.

- Costituzione interna della Terra.
- Fenomeni endogeni principali (vulcani e terremoti).
- Minerali delle rocce, riconoscimento, proprietà tecniche, utilizzi.
- Terre e rocce, riconoscimento, proprietà tecniche, utilizzi.
- Elementi fondamentali di tettonica e stratigrafia.

2) PROSPEZIONE GEOLOGICA.

- Il rilevamento geologico superficiale.
- Carte e sezioni geologiche.
- Il rilevamento geologico-strutturale.
- Nozioni sulle prospezioni indirette: geoelettrica, geosismica, loro impieghi.
- Indagini geognostiche.

- Prove di laboratorio.

3) IDROGEOLOGIA.

- Le acque nelle terre sciolte.
- Le acque nelle rocce.
- Le acque in funzione della stabilità dei versanti.
- Studi idrogeologici nei progetti delle grandi opere di ingegneria civile.

4) GEOLOGIA TECNICA.

- Dinamica ed evoluzione dei versanti.
- Studi geologici per l'individuazione e la cartografia dei dissesti.
- Studi geologici sulle frane e sui fenomeni di instabilità.
- Indagini geologiche per progetti di sistemazione dei versanti.
- Studi geologico-tecnici per le opere di ingegneria geotecnica, idraulica e strutturale.

Esercitazioni

Si prevede un corso di esercitazioni sul terreno destinato alla conoscenza degli elementi fondamentali del rilevamento geologico-tecnico.

Modalità d'esame

Al termine del corso verrà svolto un colloquio di esame in base al quale saranno verificate le conoscenze acquisite durante il corso e la preparazione del candidato

Libri consigliati

- A. Bini, L. Scesi: Geologia Applicata 1: minerali, rocce e loro proprietà tecniche, Ed. CLUP, Milano.
 A. Bini, L. Scesi: Geologia Applicata 3: geologia generale e cartografia geologica, Ed. CLUP, Milano.
 V. Francani: Geologia Applicata 4: idrogeologia generale, Ed. CLUP, Milano.

ROBOTICA (A)

AG0210

Prof.ssa Giuseppina GINI

Programma d'esame

1. Introduzione e terminologia.

I robot nell'automazione industriale: manipolari e robot mobili. L'automazione dei processi discreti: strumenti CAD, CAM e CIM. Classi di applicazioni di robot ed aspetti del mercato della robotica. I robot nei servizi: dai telemanipolatori ai robot autonomi.

2. Formalismi di base.

Formalismi di base per gestire lo spazio 3D e le catene cinematiche: rappresentazione in coordinate omogenee, rappresentazione in quaternioni.

3. Elementi di base dei robot.

Principali strutture cinematiche. Attuatori e sensori interni. Caratteristiche misurabili dei robot: precisione, ripetibilità, accuratezza. Calcolo delle traiettorie: punto a punto, punto a punto coordinato, a traiettoria controllata. Metodi di asservimento: di posizione, di velocità, di forza. Architetture di controllo.

4. Sensori e visione.

I sensori per misure di contatto, di distanza, di forza. Uso dei sensori nel robot e nella cella. Architetture di sistemi di controllo di robot sensoriali. L'elaborazione di immagini: aspetti hardware e software; il riconoscimento e la localizzazione mediante visione 2D; visione attiva e passiva 3D, ricostruzione 3D e stereomaching. Applicazioni industriali della visione.

5. Programmazione dei robot.

Metodi di programmazione: sul campo, mediante linguaggi, on-line e off-line. Classificazione dei linguaggi per robot; l'analisi di alcuni linguaggi a livello dei giunti (Armbasic), del manipolatore (VAL), degli oggetti (AL, RAPT). Messa a punto di programmi attraverso la simulazione.

6. La autonomia dei robot: pianificazione e apprendimento.

Tecniche di sviluppo del programma dalla specifica del compito; pianificazione di sequenze,

pianificazione di movimenti in presenza di ostacoli, pianificazione delle prese. Allocazione di attività e risorse, scheduling. Il problema del movimento in vicinanza di ostacoli. Pianificazione reattiva ed integrazione con i sensori. Architetture di robot autonomi (subsumption architecture, cerebellar model, ecc). Metodi di apprendimento.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni numeriche in aula e sperimentali nel laboratorio di robotica del Dipartimento di Elettronica e Informazione.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale centrata attorno alla discussione di un elaborato sperimentale che verrà assegnato agli studenti durante il corso.

Testi e libri consigliati

Oltre ad appunti delle lezioni, si consigliano:

K. Fu, R. Gonzalez, C. Lee: Robotica, McGraw-Hill, Libri Italia, 1989.

R. Paul: Robot Manipulations: Mathematics, Programming and Control, MIT Press, 1981.

J. Engelberger: Robotics in service, Kogan Page, 1989

J.C. Latombe: Robot Motion Planning, Kluwer Academic Publ, Boston, 1991

P. Maes: Design Autonomous Agents, MIT Press, 1991.

ROBOTICA (B) **Prof. Marco SOMALVICO**

AG0206

Programma d'esame

1. Introduzione.

L'automazione industriale dei processi discreti: sistemi specifici, rigidi, sistemi programmabili, automazione flessibile.

2. Elementi di base.

Strutture cinematiche, gradi di libertà: Azionamenti, tipi di controllo, trasduttori, sensori; Precisione di posizionamento e di ripetibilità; Rigidità, vibrazioni, accelerazioni; Classificazione dei robot industriali.

3. Unità di governo.

Architetture di unità di governo a mono e multi microcalcolatori; Controllo di tipo punto a punto e di tipo continuo; Metodi di asservimento (di posizione, di forza, di velocità).

4. I sensori.

Diversi tipi di sensori: forza: di contatto, di prossimità, ecc.. Uso dei sensori nella robotica.

5. La visione.

L'elaborazione di immagini: problematiche generali; Il riconoscimento di oggetti bidimensionali; Applicazioni industriali di sistemi di visione.

6. Programmazione.

Metodi di programmazione dei robot industriali: programmazione sul campo con autoapprendimento, programmazione con linguaggio di programmazione; Programmazione in linea e programmazione fuori linea; Classificazione dei linguaggi di programmazione per livelli; Analisi dei linguaggi di programmazione usati per la robotica; traduttori di tali linguaggi.

7. Il ruolo della Intelligenza Artificiale nella robotica.

Metodi di rappresentazione della conoscenza e di risoluzione dei problemi; Il problema dell'uscita automatica da situazioni di errore; La pianificazione automatica; La costruzione e gestione di modelli geometrici di oggetti e delle azioni; L'integrazione con sistemi di visione sofisticati.

8. Sistemi esperti.

Sistemi esperti per robot e loro integrazione nella Fabbrica del Futuro: generalità sui sistemi esperti; tecniche di rappresentazione della conoscenza; progetto di algoritmi inferenziali, applicazioni tipiche; casi di studio.

9. Le applicazioni dei robot industriali.

Classi di applicazioni di robot industriali e problematiche connesse con le diverse classi.

10. Aspetti economici e sociali.

Valutazione economica della produttività dei robot; Il problema della riorganizzazione del lavoro nella fabbrica robotizzata.

Esercitazioni

Verranno svolte sia esercitazioni teoriche, sia esercitazioni sperimentali nel Laboratorio di Robotica del Dipartimento di Elettronica.

Modalità d'esame

Il corso prevede l'assegnazione a gruppi di studenti di progetti che in taluni casi potranno evolversi in tesine o tesi. L'esame consiste in una prova orale che prevede come parte integrante la discussione dell'elaborato del progetto svolto.

Libri consigliati

R.P. Paul: Robot Manipulations: Mathematics, Programming, and Control, The MIT Press, Cambridge; Massachusetts, USA, 1981.

M. Somalvico: Robotica Industriale, Appunti delle lezioni.

F. Hayes-Roth, D.A. Waterman, D.B. Lenot: Building Expert Systems, Addison-Wesley Publ. Co. Inc., Reading, Massachusetts, USA, 1983.

ROBOTICA INDUSTRIALE (1/2 annualità)**AG0259****Prof. GianAntonio MAGNANI***Programma d'esame*

Introduzione. L'impiego dei robot nelle applicazioni industriali.

Cinematica. Posizione e orientamento di un corpo rigido. Matrici di rotazione. Rappresentazioni minime dell'orientamento. Cinematica diretta. Convenzione di Denavit-Hartenberg. Cinematica inversa. Soluzione per manipolatore con polso sferico.

Cinematica differenziale e statica. Jacobiano geometrico. Jacobiano analitico. Singolarità. Inversione della cinematica differenziale. Equilibrio delle forze.

Dinamica. Dinamica diretta e inversa. Formulazione dei modelli matematici in forma chiusa. Esempi.

Pianificazione della traiettoria. Percorso e traiettoria. Traiettoria nello spazio dei giunti. Traiettoria nello spazio operativo.

Controllo del moto. Controllo indipendente ai giunti. I sensori di posizione angolare e gli attuatori di impiego più comune. Modellizzazione e compensazione dell'elasticità torsionale e dell'attrito. Controllo centralizzato. Compensazione in andata a coppia precalcolata. Controllo a dinamica inversa. Controllo nello spazio operativo.

Controllo dell'interazione. Interazione del manipolatore con l'ambiente. Vincoli naturali e vincoli artificiali. Controllo di impedenza. Controllo ibrido forza-posizione.

Esercitazioni

Verrà presentato ed analizzato un controllore industriale moderno: il COMAU C3G 9000 negli aspetti di programmazione, architettura funzionale, architettura hardware, architettura software.

Gruppi di studenti potranno partecipare e svolgere esercitazioni sul robot COMAU SMARTS, dotato di controllore C3G, del Laboratorio di Automatica.

Modalità d'esame

Per quegli studenti che avessero seguito anche il corso di Tecnologie dei sistemi di controllo è prevista una prova d'esame coordinata tra i due corsi.

Libri consigliati

L. Sciavicco, B. Siciliano: Fondamenti di robotica, 1994

M.W. Spong, M. Vidyasagar: Robot Dynamics and Control, John Wiley & Sons, 1989

J.J. Craig: Introduction to Robotics: Mechanics and Control, Addison-Wesley, 1986

G. Magnani: Controllo del moto, appunti.

SCIENZA DEI MATERIALI
Prof. Giuseppe ZERBI

AF0111

Programma d'esame

Richiami di struttura della materia.

a) Dall'atomo alla molecola al cristallo. Architettura e simmetria molecolare e cristallina. Le forze a livello atomico e molecolare. Vibrazioni molecolari e stati elettronici in molecole e cristalli. Fononi, teoria delle bande.

b) Cenni di meccanica molecolare.

Metodi fisici per la caratterizzazione molecolare e cristallina dei materiali.

Metodi diretti: Microscopia ottica ed elettronica, Scanning Tunneling Microscopy, Microscopia con Force Method. Metodi indiretti: diffrazione di raggi X e neutroni; metodi ottici e termici.

Struttura dei materiali di interesse in Ingegneria.

Cristalli mono e tridimensionali. Cristalli liquidi. Materiali amorfi. Stato metallico: Formazione di materiali metallici. Polimeri: Formazione di materiali polimerici. Materiali ceramici: Formazione dei materiali ceramici. Materiali non cristallini: gel, elastomeri.

Difetti strutturali.

In molecole ed in cristalli mono e tridimensionali. Mobilità di atomi e molecole. Diffusione. Termodinamica dei difetti.

Trasformazioni di fase.

Diagrammi di stato in fase condensata. Segregazione, Solubilità, Compatibilità.

Proprietà meccaniche.

Origine atomica del comportamento elastico lineare. Elasticità ritardata. Trasporto di materia. Scorrimento viscoso dei materiali. Origini microscopiche delle proprietà dinamico meccaniche dei materiali. Processi submicroscopici nella frattura dei materiali.

Proprietà elettriche.

Conducibilità ionica ed elettronica. Materiali conduttori, semiconduttori e superconduttori. Materiali piezo, piro e ferroelettrici. Conducibilità in materiali organici. Attuatori.

Proprietà magnetiche.

Diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo. Risonanza Magnetica Nucleare.

Proprietà ottiche.

Assorbimento, Trasmissione, Rifrazione, Riflessione. Fotoconducibilità. Ottica non lineare. Materiali per fotonica e per l'Elettronica Molecolare.

Libri consigliati

Verranno forniti schemi di studio, testi, monografie e testi con riferimenti specifici a quanto trattato nelle lezioni.

Nota agli studenti

Lo scopo del corso è quello di dare allo studente le basi necessarie per la comprensione delle proprietà e dei fenomeni a livello submicroscopico (molecolare) e microscopico (aggregazione e morfologia). Verranno trattate principalmente le proprietà del materiale che determinano le proprietà macroscopiche del manufatto di particolare importanza in Tecnologia e in Ingegneria.

SCIENZA DEI METALLI
Prof.ssa Bruna RIVOLTA

AE0009

Programma d'esame

- 1. Struttura cristallina dei metalli.** Reticoli di Bravais e sistemi cristallini. Struttura compatta dei metalli. Difetti reticolari.
 Struttura delle leghe: soluzioni solide sostituzionali ed interstiziali, fasi intermedie, superreticoli. Metodi fisici di indagine dei materiali metallici. Diffrazione di raggi X, microscopia elettronica.
- 2. Teoria elettronica dei metalli.** Teoria quantistica dell'elettrone libero, legge di distribuzione di Fermi-Dirac. Teoria di Bloch, spazio k e zone di Brillouin. Densità degli stati quantici. Conduttori, semiconduttori, isolanti.

- 3. Deformazione plastica dei metalli.** Scorrimento e geminazione. Meccanismi dello scorrimento. Dislocazioni: generalità, origine, movimento e moltiplicazione delle dislocazioni. Energia di una dislocazione. Interazione e reazioni fra dislocazioni; interazione tra atomi di soluto e dislocazioni. Incrudimento dei materiali metallici monocristallini e policristallini. Invecchiamento dopo deformazione. Orientamenti preferenziali in seguito a lavorazione a freddo. Ricottura di addolcimento: stadio di recovery, di ricristallizzazione e di accrescimento dei grani. Geminati di ricottura. Meccanismi di frattura: generalità; frattura duttile, fragile e per fatica. Creep: generalità; meccanismi di deformazione e frattura.
- 4. Termodinamica delle leghe e trasformazioni di fase.** Diagrammi di equilibrio entalpia libera-composizione nei casi di: completa miscibilità, miscibilità parziale allo stato solido, presenza di fasi intermedie e di composti intermetallici. Influenza della temperatura sulla solubilità. Cinetica di formazione di nuove fasi: nucleazione e accrescimento. Influenza della temperatura. Nucleazione coerente ed incoerente. Relazioni di orientamento tra nuclei e matrice. Diffusione nei metalli e nelle leghe. Leggi di Fick. Effetto Kirkendall. Meccanismi elementari della diffusione. Meccanismo di diffusione per vacanze: cinetica degli scambi atomi-vacanze. Trasformazioni di fase allo stato solido. Tempra di soluzione; invecchiamento; formazione di zone e di precipitati. Caso delle leghe Al-Cu. Decomposizioni eutettoidi: trasformazioni austenite-perlite e austenite-bainite, trasformazioni martensitiche. Trasformazione ordine-disordine. Confronto tra risultati teorici e sperimentali. Diagrammi entalpia libera-grado d'ordine. Cinetica delle trasformazioni ordine-disordine. Influenza del grado d'ordine sulle proprietà delle leghe.

Esercitazioni

Durante l'insegnamento si terranno esercitazioni e seminari su argomenti già oggetto dell'insegnamento stesso.

Libri consigliati

Dispense del corso.

M. Lazzari, B. Rivolta, D. Sinigaglia: Deformazione plastica dei materiali metallici. Ed. CLUP, Milano 1972.

C. Kittel: Introduzione alla fisica dello stato solido, Boringhieri, Torino, 1971.

A.G. Guy: Introduction to materials science. McGraw-Hill Ltd. 1972.

P. Brozzo: Struttura e proprietà meccaniche dei materiali metallici: Vol. I e II. Ed. ECIG, Genova 1976.

P. Haasen: Physical Metallurgy, Cambridge University press, 2nd. ed. 1986.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

AN0021

(per gli allievi di Ingegneria Aeronautica)

Proff. Adolfo ZAVELANI ROSSI, Umberto PEREGO

Programma d'esame

- 1. Strutture monodimensionali piane:** Libertà di movimento e vincoli; strutture isostatiche ed iperstatiche, casi anomali.
- 2. Strutture isostatiche:** determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne; le strutture reticolari.
- 3. Statica dei continui deformabili:** stato di sforzo e di deformazione; condizioni di equilibrio e di congruenza; legame sforzi-deformazioni; lavoro di deformazione ed energia elastica; corpi isotropi e omogenei.
- 4. Il problema di De Saint Venant:** azione assiale; flessione, torsione, trattazione approssimata del taglio; taglio e torsione nei profili sottili chiusi e aperti.
- 5. Calcolo degli spostamenti:** teoria della curva elastica per le travi inflesse; il principio dei lavori virtuali.
- 6. Strutture iperstatiche:** calcolo delle reazioni dei vincoli con il metodo delle forze; influenza di cedimenti di vincoli e di variazioni di temperatura.
- 7. Il lavoro di deformazione:** teoremi di Clapeyron, Betti, Maxwell, Castigliano, Menabrea e

teorema della stazionarietà dell'energia potenziale totale; applicazione al calcolo di spostamenti elastici e alla determinazione di reazioni iperstatiche.

8. La verifica della resistenza puntuale.

9. La stabilità dell'equilibrio elastico.

10. Introduzione al calcolo plastico delle strutture: teoremi fondamentali del calcolo a rottura; metodi statici e cinematici.

Esercitazioni

Le esercitazioni si svolgono in stretta coordinazione con gli argomenti delle lezioni ed hanno lo scopo di proporre all'allievo la metodologia più efficace per affrontare temi strutturali elementari.

Libri consigliati

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP, Milano.

L. Corradi Dell'Acqua: Meccanica delle Strutture, ed. Mc. Graw Hill, Milano.

V. Franciosi: Scienza delle Costruzioni ed. Liguori, Napoli.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: Esercizi di Scienza delle Costruzioni, ed. Masson Italia Editori, Milano.

A. Zavelani-Rossi: Problemi di Scienza delle Costruzioni, (vol. I: Cinematica e Statica, vol. II: Sistemi elastici di travi, vol. III: Profili sottili), ed. CLUP, Milano.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

AN0021

(per allievi di Ingegneria Chimica, Elettrica (ric), Nucleare e delle Telecomunicazioni)

Prof. Alessandro CAPPI, Giannantonio SACCHI LANDRIANI

Programma d'esame

- 1) Il concetto di costruzione e di struttura - strutture spaziali, bidimensionali, piane composte da aste. Libertà di movimento e vincoli. Strutture ipostatiche isostatiche ed iperstatiche, casi anomali, l'analisi cinematica per via grafica e per via algebrica.
- 2) Le operazioni sulle forze. Il calcolo di reazioni vincolari e di azioni interne di strutture isostatiche. Le travature reticolari.
- 3) La statica dei continui deformabili - Il vettore spostamento, il tensore di deformazione, deformazioni infinitesime, condizioni di congruenza, condizioni al contorno - Componenti principali di deformazione. Il cerchio di Mohr delle deformazioni. Il tensore degli sforzi, le condizioni indefinite ed al contorno di equilibrio - Le componenti principali di sforzo - Il cerchio di Mohr degli sforzi. Il legame sforzi-deformazioni, lavoro di deformazione ed energia elastica. Materiali elastici lineari omogenei ed isotropi.
- 4) Il problema di de St. Venant - L'azione assiale, la flessione, la torsione, la trattazione approssimata della flessione composta, la trattazione approssimata della torsione nei profili sottili aperti e molteplicemente connessi.
- 5) Soluzioni di prolemi elastici in stato di sforzo o di deformazione piano, elementi di analisi elastica di tubazioni e serbatoi cilindrici.
- 6) Materiali elasto-plastici: l'azione assiale e la flessione elasto-plastiche - Lo stato limite - Cenni al problema della flessione in cemento armato e cemento armato precompresso.
- 7) Il calcolo degli spostamenti elastici. La teoria della linea elastica, il principio dei lavori virtuali.
- 8) Analisi tenso-deformativa delle strutture elastiche iperstatiche, il metodo delle forze e il metodo delle deformazioni, stati di autotensione dovuti a distorsioni ed a variazioni di temperatura.
- 9) Il lavoro di deformazione; teoremi di Clapeyron, di Maxwell, Betti, Castigliano, Menabrea. La stazionarietà dell'energia potenziale totale.
- 10) La stabilità dell'equilibrio elastico con riferimento a casi elementari. Aspetti energetici. La trattazione di Eulero delle aste sottili caricate di punta.
- 11) La verifica della sicurezza - I criteri di verifica puntuale.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni saranno sviluppati esercizi completi per ogni argomento trattato. Al termine della trattazione di ogni argomento gli allievi saranno invitati a svolgere esercizi riassuntivi.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale.

Libri consigliati

Lezioni di Scienza delle Costruzioni a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano

L. Corradi dell'Acqua: Meccanica delle Costruzioni, voll. 1,2 - McGraw-Hill Libri Italia, Milano.

O. Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, voll. I, II, III, ed. Zanichelli - Bologna

M. Capurso: Lezioni di Scienza delle Costruzioni, ed. Pitagora - Bologna

R. Baldacci: Scienza delle Costruzioni, Vol. I, Unione Tip. Ed. Torinese

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: Esercizi di Scienza delle Costruzioni, ed. Masson Italia Editori, Milano

A. Zavelani-Rossi: Esercizi di Scienza delle Costruzioni - Sistemi di aste - ed. CLUP Milano.

A. Zavelani-Rossi: Problemi di Scienza delle Costruzioni - Sistemi elastici di travi - ed. CLUP, Milano.

A. Zavelani-Rossi: Problemi di Scienza delle Costruzioni - Cinematica e statica - ed. CLUP, Milano.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**AN0021**

(per gli allievi di Ingegneria Elettrica, escluso indirizzo Ricerca e metodologia di base)

Prof. Osvaldo DE DONATO

Programma d'esame

1. **I problemi, i principi ed i procedimenti generali.** Le ipotesi di base e le approssimazioni della Scienza delle Costruzioni.
2. **I sistemi piani di travi.** Le libertà di movimento - i vincoli - le travature isostatiche ed iperstatiche; i casi anomali.
3. **Strutture isostatiche.** Determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne. Le strutture reticolari.
4. **La geometria delle masse.**
5. **Statica dei continui deformabili.** Stato di sforzo e di deformazione: condizioni di equilibrio e di congruenza. Legame sforzi- deformazioni; potenziale elastico: corpi isotropi ed omogenei.
6. **Il problema di De Saint Venant.** Azione assiale, flessione; torsione di prismi con sezione di forma circolare e non circolare e a profilo sottile aperto e chiuso; trattazione approssimata della flessione composta.
7. **Il postulato di De Saint Venant** e le sue conseguenze nelle applicazioni tecniche.
8. **Il calcolo degli spostamenti.** Teoria della curva elastica per le travi inflesse. Il principio dei lavori virtuali; applicazione al calcolo degli spostamenti elastici ed anelastici.
9. **Strutture iperstatiche.** Calcolo delle reazioni dei vincoli con il metodo delle forze e con il metodo delle deformazioni. Influenze di cedimenti di vincoli e di variazioni di temperatura.
10. **Il lavoro di deformazione.** Teoremi di Clayperon, Betti, Maxwell. Coefficienti di influenza. Teoremi di Castigliano e Menabrea. Teorema dell'energia potenziale totale.
11. **La verifica di resistenza.**
12. **La stabilità dell'equilibrio elastico.** Il caso delle aste sottili caricate di punta: criterio statico, criterio energetico.

Esercitazioni

Le esercitazioni, che sono parte essenziale del corso, avranno lo scopo di promuovere la partecipazione attiva degli allievi alla soluzione di problemi concreti della disciplina.

Modalità d'esame

L'esame orale sarà preceduto dallo svolgimento di un esercizio scritto.

Libri consigliati

Lezioni di Scienza delle Costruzioni a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano.

L. Corradi dell'Acqua: Meccanica delle strutture, Voll. I, II, III, McGraw Hill.

O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni* vol. I e II, ed. Zanichelli - Bologna.
 A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni*, ed. Masson Italia Editori - Milano.
 F. Genna: *Temi d'esame di Scienza delle costruzioni, Progetto Leonardo* - Soc. Ed. Esculapio, 1993, Bologna.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**AN0021**

(per allievi di Ingegneria Gestionale)

Proff. Carlo POGGI, Francesco SCIROCCO, Alberto TALIERCIO*Programma d'esame*

1. **Strutture monodimensionali piane:** libertà di movimento e vincoli; strutture isostatiche ed iperstatiche; casi anomali.
2. **Strutture isostatiche;** determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne; le strutture reticolari.
3. **Statica dei continui deformabili:** stato di sforzo e di deformazione; condizioni di equilibrio e di congruenza; legame sforzi-determinazioni; lavoro di deformazione ed energia elastica; corpi isotropi ed omogenei.
4. **Il problema di De Saint Venant:** azione assiale; flessione; torsione; flessione composta.
5. **Il calcolo degli spostamenti:** teoria della curva elastica per le travi inflesse; il principio dei lavori virtuali.
6. **Strutture iperstatiche:** calcolo delle reazioni dei vincoli con il metodo delle forze e con il metodo degli spostamenti; influenza di cedimenti di vincolo e di variazioni di temperatura.
7. **Il lavoro di deformazione:** teoremi di Clayperon, Betti, Maxwell, Castigliano, Menabrea e teorema della stazionarietà dell'energia potenziale totale. Applicazione al calcolo di spostamenti elastici; alla determinazione di reazioni iperstatiche ed al tracciamento di linee di influenza.
8. **La verifica della resistenza.**
9. **La stabilità dell'equilibrio elastico.**

Nota:

Programmi più dettagliati sono disponibili presso la segreteria studenti del Dipartimento di Ingegneria Strutturale.

Esercitazioni

Le esercitazioni si svolgono in stretta coordinazione con gli argomenti delle lezioni ed hanno lo scopo di proporre all'allievo la metodologia più efficace per affrontare casi strutturali elementari.

Libri consigliati

M. Capurso: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Pitagora, Bologna
 Lezioni di *Scienza delle Costruzioni*, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano.
 O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna
 L. Corradi: *Meccanica delle Strutture*, McGraw-Hill Italia, Milano.
 V. Franciosi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Liguori, Napoli.
 A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni*, ed. Masson Italia Editori, Milano.

Un programma d'esame più dettagliato è disponibile presso la segreteria del Dipartimento di Ingegneria Strutturale.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**AN0021**

(per gli allievi di Ingegneria dei Materiali)

Prof. Roberto CONTRO*Programma d'esame*

1. **Principi generali di meccanica dei solidi e delle strutture:** costruzioni, strutture e materiali;

- tipologie strutturali, comportamento meccanico e modellazione; problemi di analisi e di progetto.
2. **Strutture monodimensionali piane:** gradi di libertà e gradi di vincolo; strutture isostatiche e iperstatiche; casi anomali.
 3. **Strutture isostatiche:** determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne; sistemi reticolari.
 4. **Statica dei continui deformabili:** stato di sforzo e stato di deformazione; condizioni di equilibrio e condizioni di congruenza; principio dei lavori virtuali; legame sforzi-deformazioni; relazioni elastiche, plastiche, viscosi; proprietà di simmetria costitutiva; nozioni di termoelasticità; elementi di teoria della plasticità; energia di deformazione; cenni alla termodinamica delle relazioni costitutive.
 5. **Il problema di De Saint Venant:** azione assiale; flessione; torsione; flessione composta.
 6. **Il calcolo degli spostamenti:** teoria della curva elastica per le travi inflesse; applicazione del principio dei lavori virtuali.
 7. **Strutture iperstatiche:** calcolo delle reazioni dei vincoli con il metodo delle forze e con il metodo degli spostamenti; influenza di cedimenti di vincolo e di variazioni di temperatura.
 8. **Il lavoro di deformazione:** teoremi di Clayperon, Betti, Maxwell, Castigliano, Menabrea e teorema della stazionarietà dell'energia potenziale totale. Applicazione al calcolo di spostamenti elastici, alla determinazione di reazioni iperstatiche.
Introduzione al metodo degli elementi finiti.
 9. **La verifica della resistenza:** criteri di resistenza derivati dalle principali condizioni di plasticità o di rottura; nozione di resistenza e di sicurezza.
 10. **La stabilità dell'equilibrio elastico:** metodo geometrico e metodo energetico; instabilità di un'asta compressa in diverse condizioni di vincolo; instabilità di sistemi semplici.
 11. **Estensioni di formulazioni e metodi:** rassegna di problemi di strutture e materiali in campo statico, dinamico, lineare e nonlineare.

Esercitazioni

Le esercitazioni si svolgono in stretta coordinazione con gli argomenti delle lezioni ed hanno lo scopo di proporre all'allievo la metodologia più efficace per affrontare casi strutturali elementari.

Libri consigliati

L. Corradi: Meccanica delle Strutture, ed. Mc Graw-Hill Italia, Milano.

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. Città Studi - Milano.

M. Capurso: Scienza delle Costruzioni, ed. Pitagora, Bologna.

Y.C. Fung: Foundation of Solid Mechanics, ed. Prentice-Hall, New Jersey.

L.E. Malvern: Introduction to the Mechanics of a Continous Medium, ed. Perntice-Hall, New Jersey.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: Esercizi di Scienza delle Costruzioni, ed. Masson Italia Editori, Milano.

A. Zavelani Rossi: Problemi di Scienza delle Costruzioni, ed. Città Studi, Milano.

E. Viola: Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni, ed. Pitagora, Bologna.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

AN0021

(per gli allievi di Ingegneria Meccanica)

Proff. Roberto CONTRO, Vincenzo PETRINI

Programma d'esame

1. **Principi generali di meccanica dei solidi e delle strutture:** costruzioni, strutture e materiali; tipologie strutturali, comportamento meccanico e modellazione; problemi di analisi e di progetto.
2. **Strutture monodimensionali piane:** gradi di libertà e gradi di vincolo; strutture isostatiche e iperstatiche; casi anomali.
3. **Strutture isostatiche:** determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne; sistemi reticolari.
4. **Statica dei continui deformabili:** stato di sforzo e stato di deformazione; condizioni di equilibrio e condizioni di congruenza; principio dei lavori virtuali; legame sforzi-deformazioni; lavoro di

deformazione ed energia elastica; corpi isotropi ed omogenei.

5. **Il problema di De Saint Venant:** azione assiale; flessione; torsione; flessione composta.
6. **Il calcolo degli spostamenti:** teoria della curva elastica per le travi inflesse; applicazione del principio dei lavori virtuali.
7. **Strutture iperstatiche:** calcolo delle reazioni dei vincoli con il metodo delle forze e con il metodo degli spostamenti; influenza di cedimenti di vincolo e di variazioni di temperatura.
8. **Il lavoro di deformazione:** teoremi di Clayperon, Betti, Maxwell, Castigliano, Menabrea e teorema della stazionarietà dell'energia potenziale totale. Applicazione al calcolo di spostamenti elastici, alla determinazione di reazioni iperstatiche ed al tracciamento di linee di influenza. Introduzione al metodo degli elementi finiti.
9. **La verifica della resistenza:** criteri di resistenza derivati dalle principali condizioni di plasticità o di rottura; nozione di resistenza e di sicurezza.
10. **La stabilità dell'equilibrio elastico:** metodo geometrico e metodo energetico; instabilità di un'asta compressa in diverse condizioni di vincolo; instabilità di sistemi semplici.
11. **Estensioni di formulazioni e metodi:** rassegna di problemi di strutture e materiali in campo statico, dinamico, lineare e nonlineare. Introduzione al metodo degli elementi finiti.

Esercitazioni

Le esercitazioni si svolgono in stretta coordinazione con gli argomenti delle lezioni ed hanno lo scopo di proporre all'allievo la metodologia più efficace per affrontare casi strutturali elementari.

Libri consigliati

- L. Corradi: Meccanica delle Strutture, ed. Mc Graw-Hill Italia, Milano.
 AA.VV.: Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CittàStudi - Milano.
 M. Capurso: Scienza delle Costruzioni, ed. Pitagora, Bologna.
 A.P. Boresi, K.P. Chong: Elasticity in Engineering Mechanics, ed. Elsevier, New York.
 L.E. Malvern: Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, ed. Perntice-Hall, New Jersey.
 A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: Esercizi di Scienza delle Costruzioni, ed. Masson Italia Editori, Milano.
 A. Zavelani Rossi: Problemi di Scienza delle Costruzioni, ed. Città Studi, Milano.
 E. Viola: Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni, ed. Pitagora, Bologna.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

AN0021

(per gli allievi di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio)

Prof. Alfonso NAPPI

Programma d'esame

1. **Strutture monodimensionali piane:** libertà di movimento e vincoli; strutture isostatiche ed iperstatiche; casi anomali.
2. **Strutture isostatiche:** determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne; le strutture reticolari.
3. **Statica dei continui deformabili:** stati di sforzo e di deformazione; condizioni di equilibrio e di congruenza; legame sforzi-deformazioni; lavoro di deformazione ed energia elastica; corpi isotropi ed omogenei.
4. **Il problema di De Saint Venant:** azione assiale; flessione, torsione; flessione composta: combinazioni.
5. **Il postulato di De Saint Venant** e le sue conseguenze nelle applicazioni tecniche.
6. **Il calcolo degli spostamenti:** teoria della curva elastica per le travi inflesse; il principio dei lavori virtuali.
7. **Strutture iperstatiche;** calcolo delle reazioni dei vincoli con il metodo delle forze e con il metodo delle deformazioni; influenza di cedimenti di vincolo e di variazioni di temperatura.
8. **Il lavoro di deformazione:** teoremi di Clayperon, Betti, Maxwell, Castigliano, Menabrea e teorema della stazionarietà dell'energia potenziale totale.
9. **La verifica della resistenza.**

10. La stabilità dell'equilibrio elastico.**11. Il metodo degli elementi finiti:** cenni introduttivi.*Esercitazioni*

Parallelamente al corso si svolgeranno le esercitazioni: alla lavagna, dai docenti, verranno sviluppati esercizi completi; gli allievi saranno invitati a sviluppare altri simili.

Libri consigliati

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano.

O. Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, vol. I, ed. Zanichelli,

Bologna. M. Capurso: Lezioni di Scienza delle Costruzioni, ed. Zanichelli, Bologna.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: Esercizi di Scienza delle Costruzioni, ed. Masson Italia Editori, Milano.

M. Capurso: Lezioni di Scienza delle costruzioni, ed. Pitagora, Bologna.

L. Corradi dell'Acqua: Meccanica delle Strutture, Vol 1, ed. Mc Graw Hill Libri Italia s.r.l., Milano.

R. Zavelani Rossi: Problemi di Scienza delle Costruzioni, ed. CLUP, Milano.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**AN0023**

(per gli allievi di Ingegneria Civile)

Prof. Leone CORRADI DELL'ACQUA*Programma d'esame***1. Il problema strutturale.**

Calcolo della risposta strutturale e della capacità portante. Le leggi fondamentali: equilibrio, congruenza, legami costitutivi. Cenni storici sull'evoluzione della disciplina.

2. Le strutture monodimensionali piane.

Vincoli: aspetti statici e cinematici. Azioni interne. Le travi isostatiche e il calcolo della loro azioni interne. Strutture reticolari.

3. Statica e cinematica dei solidi.

Stati di sforzo e di deformazione omogenei. Lo stato di sforzo: definizione, tensioni e direzioni principali, stati di sforzo piani, diagramma di Mohr. Le condizioni di equilibrio. Cinematica di un atto di moto. Il principio delle potenze virtuali. Deformazioni finite (cenni). L'ipotesi di piccoli spostamenti. Il tensore delle piccole deformazioni. Condizioni di congruenza interna.

4. I legami costitutivi.

Comportamenti fondamentali; elastico, plastico, viscoso. Il legame elastico. Il caso lineare e isotropo. Deformazioni termiche. Il limite elastico. Rottura fragile e snervamento. Cenni ai fenomeni di fatica. Cenni ai principali modelli anelastici.

5. Il problema elastico-lineare.

Formulazione e proprietà. Metodi risolutivi inversi e semi-inversi. Sovrapposizione degli effetti. Il principio di equivalenza elastica. Aspetti energetici del comportamento elastico: energie potenziale e complementare: teoremi di Clapeyron, Betti, Maxwell, Castigliano.

6. Il problema di De Saint Venant.

Impostazione del problema. I casi fondamentali: azioni assiale e flettenti, torsione, flessione con taglio costante (trazione approssimata). Applicazione al calcolo delle travi.

7. La teoria della trave.

Modello cinematico e sue implicazioni. La trave elastica. L'equazione della linea elastica. Le equazioni di Muller-Breslau. Applicazioni dei teoremi energetici alla soluzione di travi elastiche.

8. Stabilità di aste compresse.

Influenza delle deformazioni sull'equilibrio e limiti dell'ipotesi di piccoli spostamenti. L'equazione della linea elastica per travi presso-inflesse. Perdita di stabilità di aste compresse. Cenni ad altri fenomeni di instabilità elastica.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni verranno sviluppati e discussi esercizi di applicazione degli argomenti trattati in lezione; gli allievi saranno seguiti nello sviluppo di altri simili.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta. Le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

L. Corradi Dell'Acqua: Meccanica delle strutture, voll. I e II, McGraw-Hill, Milano.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. urbano: Esercizi di Scienza delle Costruzioni, Masson Italia, Milano. Potranno anche essere utilmente consultati i testi

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano.

Potranno anche essere utilmente consultati i testi:

M. Capurso: Lezioni di Scienza delle Costruzioni, ed. Pitagora - Bologna.

O. Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, ed. Zanichelli - Bologna.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**AN0023**

(per gli allievi in Ingegneria Edile)

Prof. Carlo URBANO*Programma d'esame*

1. **Strutture monodimensionali piane:** libertà di movimento e vincoli; strutture isostatiche ed iperstatiche; casi anomali.
2. **Strutture isostatiche:** determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne; le strutture reticolari.
3. **Statica dei continui deformabili:** stati di sforzo e di deformazione; condizioni di equilibrio e di congruenza; legame sforzi-deformazioni; lavoro di deformazione ed energia elastica; corpi isotropi ed omogenei.
4. **Il problema di De Saint Venant:** azione assiale; flessione, torsione; flessione composta: combinazioni.
5. **Il postulato di De Saint Venant** e le sue conseguenze nelle applicazioni tecniche.
6. **Il calcolo degli spostamenti:** teoria della curva elastica per le travi inflesse; il principio dei lavori virtuali.
7. **Strutture iperstatiche;** calcolo delle reazioni dei vincoli con il metodo delle forze e con il metodo delle deformazioni; influenza di cedimenti di vincolo e di variazioni di temperatura.
8. **Il lavoro di deformazione:** teoremi di Clayperon, Betti, Maxwell, Castigliano, Menabrea e teorema della stazionarietà dell'energia potenziale totale.
9. **Le linee di influenza.**
10. **La verifica della resistenza.**
11. **La stabilità dell'equilibrio elastico.**
12. **Sistemi non perfettamente elastici:** cenni sul comportamento di strutture elastoplastiche ed elasto-viscose.

Esercitazioni

Parallelamente al corso si svolgeranno le esercitazioni: alla lavagna, dai docenti, verranno sviluppati esercizi completi; gli allievi saranno invitati a sviluppare altri simili.

Libri consigliati

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano.

A. Danusso: Scienza delle Costruzioni, ed. Tamburini, Milano.

O. Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, vol. I, ed. Zanichelli, Bologna.

M. Capurso: Lezioni di Scienza delle Costruzioni, ed. Zanichelli, Bologna.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: Esercizi di Scienza delle Costruzioni, ed. Masson Italia Editori, Milano.

L. Corradi Dell'Acqua: Meccanica delle Strutture, McGraw-Hill Italia, Milano.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI II
Prof. Giulio MAIER

AN0014

*Programma d'esame*Parte prima: **Calcolo per elementi finiti delle strutture in campo elastico-lineare.**

1. Formulazioni del problema elastico-lineare negli spostamenti (Navier) e nelle tensioni (Beltrami).
2. Fondamenti dei metodi risolutivi: i teoremi degli spostamenti virtuali e delle forze virtuali, dell'energia potenziale e dell'energia complementare; corollari ed applicazioni; il metodo di Ritz-Rayleigh per approcci negli spostamenti e negli sforzi.
3. Lineamenti generali del metodo degli elementi finiti negli spostamenti: suddivisione, modellazione; matrici di rigidezza e di inerzia e vettori di carichi "equivalenti"; assemblaggio; risoluzione; condizioni e controlli di convergenza; pre- e post-processori; decomposizione in sottostrutture.
4. Argomenti vari sui metodi per elementi finiti: problemi a potenziale (torsione di Saint-Venant, membrane tese, trasmissione del calore, moti di filtrazione, ecc.); per residui pesati e alla Galerkin; integrazioni numeriche; elementi isoparametrici; elementi infiniti.
5. Calcolo per elementi finiti di travi e di sistemi piani nelle tensioni e nelle deformazioni. Modellazione di travi alla Timoshenko.
6. Analisi dei solidi tridimensionali: vari tipi di elementi finiti. Solidi di rivoluzione con azioni esterne assialsimmetriche e generiche: decomposizione e riduzione al piano meridiano con sviluppi di Fourier.
7. Calcolo delle piastre inflesse: piastre "sottili" (di Kirchhoff) e "spesse" (di Mindlin); vari elementi finiti, conformi e non conformi.
8. Fondamenti dell'analisi per elementi finiti di strutture a guscio.

Parte seconda: **Introduzione al metodo degli elementi di contorno.**

1. Formulazione del problema elastico lineare con l'equazione integrale di Somigliana: nuclei di Kelvin e singolarità, integrazioni, risoluzione.
2. Varie fasi del metodo risolutivo per "boundary elements". Estensione a domini eterogenei e a problemi a potenziale.

Parte terza: **Calcolo dei sistemi di travi in campo plastico.**

1. Idealizzazioni della deformabilità locale anelastica: comportamenti dei materiali in regime monoassiale; flessione e pressoflessione in elastoplasticità ideale; domini di resistenza per sezioni di travi.
2. Fondamenti del calcolo a rottura per collasso plastico: i teoremi statico e cinematico, interpretazioni e corollari.
3. Metodi di calcolo a rottura per sistemi di travi: procedimenti "manuali" per delimitazione bilaterale; metodi di programmazione lineare: nozioni fondamentali, formulazioni statica e cinematica.
4. Argomenti vari di plasticità strutturale: stima delle deformazioni a collasso incipiente; introduzione alla teoria dell'adattamento: il teorema di Melan; cenni sul progetto di minimo peso a rottura.

Parte quarta: **Fondamenti di meccanica della frattura.**

1. Generalità sulle fenomenologie di frattura e fatica.
2. Frattura in elasticità lineare: approccio energetico; campi di spostamenti e tensioni presso l'apice di una fessura; fattori di intensità.
3. Verifiche a fatica: curve S-N, legge di Miner; propagazione di difetti, legge di Paris.
4. Metodi numerici, in particolare agli elementi finiti, in meccanica della frattura: nozioni introduttive.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni vengono trattati argomenti complementari e svolte applicazioni sia illustrative-concettuali, sia numeriche con riferimento a problemi concreti e orientati all'uso dei calcolatori.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta preliminare (che verte su problemi da risolvere e domande anche di carattere teorico) ed in una successiva prova orale.

Libri consigliati

D. Broek: Elementary Engineering Fracture Mechanics, III edizione, Martinus Nijhoff, 1982.

- M.Z. Cohn e G. Maier, Eds.: Engineering Plasticity by Matematical Programming, Pergamon Press, 1979.
 J.N. Reddy: Finite Element Methods, II ed., McGraw-Hill, 1993.
 A.A. Becker: The Boundary Element Method in Engineering, McGraw-Hill, 1992.
 L. Corradi: Meccanica delle strutture, Vol. 2, McGraw-Hill, 1993.
 S. Kalinsky: Plasticity: Theory and Engineering Applications, Isevier, 1989.
 V. Franciosi: Calcolo a Rottura, Liguori, 1986
 C. Massonet e M. Save: Calcolo plastico a rottura delle costruzioni, CLUP, Milano, 1980.
 C. Ceccoli e P. Pozzati: Teoria e tecnica delle strutture, Vol. III - Sistemi di travi: interpretazioni del collasso -, UTET, 1987.
 W. Prager: Introduzione alla plasticità, ETAS-KOMPAS, 1968.
 O. Zienkiewicz, R.L. Taylor: The Finite Element Method, IV edizione, I Volume, McGraw-Hill, 1989.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

AE0100

Prof. Bruno MAZZA

Programma d'esame

Struttura delle principali classi di materiali: metallici, polimerici, ceramici. Correlazione tra struttura e principali proprietà fisiche, meccaniche ed elettriche.

Comportamento dei materiali alle sollecitazioni statiche e dinamiche, rottura duttile e rottura fragile; comportamento alle sollecitazioni cicliche, resistenza a fatica; comportamento ad elevata temperatura, scorrimento viscoso a caldo; comportamento in presenza di difetti, meccanica della frattura. Tecniche di valutazione e previsione della resistenza di strutture e componenti. Prove meccaniche: trazione, durezza, fatica, resilienza; prove di scorrimento viscoso; prove di meccanica della frattura.

Tecniche di controllo ed indagine sui materiali: microscopia ottica ed elettronica, spettroscopia, controlli non distruttivi. Materiali metallici. Struttura cristallina, difetti di punto (diffusione allo stato solido), difetti di linea (deformazione plastica ed incrudimento), difetti di superficie (bordi di grano). Leghe metalliche e diagrammi di stato.

Cenni sui metodi di produzione e lavorazione dei materiali metallici. Produzione e lavorazione dell'acciaio. Deformazione plastica a caldo e a freddo. Lavorazioni di fonderia. Metallurgia delle polveri. Trattamenti termici, termomeccanici e termochimici. Principali classi di materiali metallici. Acciai di uso generale, speciali, inossidabili, da utensili; leghe per alta temperatura; ghise; rame e leghe di rame; alluminio e leghe di alluminio. Materiali polimerici. Generalità. Reazioni di polimerizzazione, peso molecolare. Configurazione e conformazione. Cristallinità e transizioni di fase. Proprietà meccaniche, viscoelasticità. Tecnologia di produzione e di lavorazione. Proprietà ed applicazioni dei principali tipi di materiali polimerici. Materiali compositi. Generalità. Compositi a singolo strato, multistrato e interpenetrati. Criteri di progettazione dei materiali compositi. Tecnologia di produzione e lavorazione.

Cenni sui materiali ceramici.

Corrosione e degradazione dei materiali. Termodinamica e cinetica dei processi corrosivi. Forme localizzate di corrosione: intergranulare, per vaiolatura, in fessura, corrosione sotto sforzo, corrosione-fatica. Metodi di protezione dalla corrosione: protezione elettrica, rivestimenti metallici, pitture, inibitori di corrosione, prevenzione in sede di progetto. Fenomeni di degradazione dei materiali polimerici e compositi.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni verrà svolto un approfondimento sul piano applicativo di alcune tematiche trattate nel corso delle lezioni. Verranno se possibile anche organizzate alcune visite ad impianti e laboratori industriali.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale, che potrà essere preceduta da una prova scritta orientativa.

Libri consigliati

- A. Cigada: Struttura e proprietà dei materiali metallici, CittàStudi, 1993
 M.C. Tanzi: Struttura e proprietà dei materiali polimerici e compositi, dispense delle lezioni,

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI AERONAUTICI E AEROSPAZIALI AF0112

Prof. Giovanni LEVITA

Programma d'esame

Parte generale. Concetti fondamentali di struttura della materia: forze interatomiche, strutture e conformazioni molecolari, stati di aggregazione di fasi condensate. Termodinamica e cinetica delle transizioni di fase.

Sistemi eterogenei: miscele e leghe. Diagrammi di stato e cinetica delle trasformazioni di fase.

Principi metodologici nello studio del comportamento dei materiali. Concetto integrale di proprietà ed equazioni costitutive. Classificazioni dei materiali in base alla struttura ed in base alle proprietà. Relazioni proprietà-struttura.

Materiali polimerici. Principali classi di polimeri, secondo composizione, struttura molecolare e struttura aggregativa.

Proprietà meccaniche dei polimeri in relazione alla loro struttura. Elasticità e viscoelasticità lineare e non-lineare. Termoviscoelasticità. Plasticità e flusso viscoso ed elastoviscoso. Proprietà meccaniche limiti: fenomenologia e criteri di snervamento e di frattura.

Fenomeni di invecchiamento fisico e degradazione chimica e termica.

Materiali compositi. Agenti di rinforzo particellari e fibrosi. Analisi micromeccanica della collaborazione tra agente di rinforzo e matrice con riguardo a: rigidità, resistenza, tenacità, dilatazione termica. Analisi macromeccanica di lamine e laminati. Fenomeni di danneggiamento e frattura.

Materiali compositi a matrice polimerica. Caratteristiche dei principali tipi di fibre e di matrici. Tecnologie applicative e proprietà dei compositi a matrice termoindurente ed a matrice termoplastica. Influenza ambientale sulla resistenza dei compositi polimerici, in assenza ed in presenza di sollecitazioni meccaniche.

Adesivi strutturali. Superfici e fenomeni interfacciali. Teoria e pratica dell'adesione. Adesivi polimerici. Caratterizzazione della resistenza di giunti adesivi.

Materiali metallici. Ferro, alluminio, titanio e rispettive leghe: composizione, struttura e proprietà. Modificazioni indotte da trattamenti termici e termomeccanici.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono intese ad approfondire alcuni argomenti svolti a lezione, attraverso l'applicazione esemplificativa dei principi colà esposti ad alcuni problemi di specifico interesse aerospaziale. Le esercitazioni sono integrate da dimostrazioni pratiche di tecniche di caratterizzazione sperimentale dei materiali.

Libri consigliati

Conviene seguire gli appunti presi durante le lezioni. Per un eventuale approfondimento si consigliano i seguenti testi, disponibili presso la biblioteca del Dipartimento di Chimica Industriale e Ingegneria Chimica:

L.H. van Vlack: Elements of Materials Science and Engineering, Addison-Wesley Publ., Reading, Mass., 1985.

N.G. McCrum, C.P. Buckley and C.B. Bucknall: Principles of Polymer Engineering, Oxford Science Publ., Oxford, 1988.

D. Hull: An Introduction to Composite Materials, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.

R.P. Sheldon: Composite Polymeric Materials, Applied Science Publ., London, 1982.

G.P. Anderson, S.J. Bennet and K.L. De Vries: Analysis of Adhesive Bonds, Academic Press, New York, 1977.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Prof. Febo SEVERINI

AF0106

Programma d'esame

Nozioni fondamentali sullo stato solido. Concetti fondamentali di struttura della materia. Solidi ionici, covalenti, metallici e molecolari; proprietà meccaniche e termiche dei solidi. Proprietà

elettroniche, conducibilità e superconduttività. Leghe sostituzionali e interstiziali. Regola delle fasi e regola della leva. Diagrammi di stato binari di sostanze completamente miscibili allo stato liquido e miscibili completamente, parzialmente o completamente immiscibili allo stato solido; diagrammi con punto peritettico. Diagrammi ternari.

Metalli e leghe. Ferro, rame, alluminio e loro leghe. Acciai e ghise. Strutture in relazione al loro ottenimento. Proprietà meccaniche ed elettriche.

Materiali semiconduttori. Semiconduttori estrinseci, drogaggio giunzioni p n, transistori. Preparazione di materiali iperpuri.

Materiali superconduttori. Superconduttività, leghe superconduttive. Parametri critici.

Materiali magnetici. Curve di magnetizzazione e isteresi, temperatura di Curie, materiali magnetici dolci e duri, leghe ferro-silicio, leghe ferro-nichel, ferriti, leghe alnico, nastri e film magnetici, magneti a terre rare.

Materiali dielettrici. Polarizzazione e costante dielettrica, dipendenza della costante dielettrica dalla temperatura e dalla frequenza, dissipazione di energia, dielettrici solidi liquidi e gassosi.

Materiali ferroelettrici e piezoelettrici.

Vetri. Stato vetroso, composizione, fabbricazione, proprietà meccaniche. Vetri di impiego nell'industria elettrica, vetri temperati, vetroceramiche, fibre ottiche. Ceramiche: generalità, materie prime, cottura, proprietà, principali prodotti ceramici di impiego nell'industria elettrica. Materiali leganti.

Materiali polimerici. La polimerizzazione. Polimeri semicristallini e polimeri amorfi, temperatura di fusione e di transizione vetroso, plastificanti, copolimeri, polimeri termoplastici, termoindurenti e gomme, proprietà meccaniche dei polimeri e modelli analogici. Principali applicazioni delle materie plastiche nell'industria elettrica. Degradazione ambientale dei materiali plastici. Degradazione da effetti elettrici.

La combustione e i combustibili. Generalità, i principali combustibili, reazioni di combustione, poteri calorifici.

Le acque. Generalità, analisi. Durezza delle acque e sua eliminazione. Acque per caldaie. Dissalazione.

Corrosione. Meccanismi fondamentali della corrosione e fattori che la determinano; metodo di prevenzione con particolare riguardo ai rivestimenti organici anticorrosivi.

Esercitazioni

Le esercitazioni vertono su argomenti relativi alle proprietà ed al comportamento dei materiali studiati.

Modalità d'esame

Gli esami sono orali. Tuttavia agli esaminandi potrà essere richiesto di rispondere per iscritto ad una o più domande prima dell'esposizione orale.

Libri consigliati

I. Wulff: *Struttura e proprietà dei materiali*, Ed. CEA, Milano

Z.D. Jastrzebski: *The nature and properties of engineering materials*, Wiley e Sons, 1986.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI **Prof. Mario PEGORARO**

AF0113

Programma d'esame

PARTE GENERALE.

Richiami alla natura, morfologia, struttura dei polimeri in relazione alle loro proprietà.

Fenomeni di trasporto: conservazione della massa, del momento, dell'energia con riferimento ai processi tecnologici. Reologia dei fusi polimerici. Fluidi newtoniani e non newtoniani. Significato e valutazione della viscosità: sua dipendenza dal gradiente di velocità, temperatura, pressione, tempo e dalla natura del polimero. Fenomeni viscoelastici nei processi di lavorazione. Fondamenti dei metodi di scambio termico dei materiali polimerici. (Conduzione, irraggiamento, dissipazione viscosa, riscaldamento dielettrico).

Operazioni tecnologiche fondamentali: principi reologici e attuazione industriale. Stampaggio per compressione semplice. Calandratura. Estrusione. Stampaggio a iniezione. Termoformatura.

Stampaggio rotazionale. Miscelazione: concetti di base e meccanismo di miscelazione, caratterizzazione delle miscele. Macchine per la miscelazione. Progettazione degli stampi. Influenza della tecnologia sulla struttura e su proprietà dei manufatti.

APPLICAZIONI.

Materie plastiche: a) termoplastiche: preparazione di film, foglie, laminati. Resine espanse. b) termoindurenti: aspetti chimico-fisici della reticolazione. Stampaggio per iniezione-reticolazione (RIM). c) Preparazione dei materiali compositi.

Principi di impiego degli additivi.

Elastomeri.

- Chimica e tecnologia della vulcanizzazione. Proprietà dei manufatti in relazione alla composizione delle mescole. Invecchiamento. Pneumatici, cavi, tessuti gommati.

Fibre tessili.

- Principi e tecnologia della filatura da fusi polimerici e da soluzioni. Generalità sulle proprietà e applicazioni delle fibre.

Rivestimenti organici anticorrosivi.

- Teoria e meccanismo della corrosione. Varie forme di corrosione.

- Metodi di protezione. Inibitori. Protezione con strati ricoprenti; protezione delle superfici metalliche pretrattate, con rivestimenti organici anticorrosivi.

Prodotti vernicianti.

- Proprietà. Applicazioni. Sostanze filmogene (Resine). Formazione e proprietà dei film. Solventi, diluenti, plastificanti, pigmenti e cariche. Comportamento reologico, fisico e chimico delle pitture. Tecnologia della dispersione e della applicazione con particolare riguardo ai processi elettrostatici e elettroforetici.

Produzione industriale: macchine relative.

Esercitazioni

Saranno di tipo sperimentale e teorico e verranno completate da visite ad impianti industriali.

Modalità d'esame

Prova orale sul programma delle lezioni ed esercitazioni.

Libri consigliati

Per la parte generale.

Z. Tadmor, G. G. Gogos: Principles of Polymer Processing- Wiley N.Y., 1979.

Per le parti specialistiche.

H. Mark, E. Bikales: Encyclopledia of Polymer Science and Tecnology, Wiley N.Y. 1985.

Oil and Colour Chemist's Association: Surface coating vol. I e II Chapman e Hall, Londra, 1983.

Verranno distribuite le riproduzioni fotostatiche dei disegni, dei macchinari e schemi tecnologici riguardanti gli argomenti trattati e messe a disposizione per consultazione le opere su accennate.

SEPARAZIONE DEGLI ISOTOPI (*Applicazioni degli isotopi*) (1/2 annualità)

AV0125

Prof.ssa Anna Luisa FANTOLA LAZZARINI

Programma d'esame

Differenti proprietà chimiche e fisiche associate ai diversi isotopi di un elemento (effetti isotopici). Composizione isotopica di un elemento; metodi di determinazione.

Metodi di separazione degli isotopi dell'idrogeno, dell'uranio e di altri elementi connessi con la reazione di fusione.

Applicazioni degli isotopi stabili e radioattivi in campo chimico, analitico, archeologico, industriale e medico con particolare riguardo alla spettrometria magnetica nucleare, alla spettroscopia Mössbauer e alla tomografia per emissione di positroni.

Esercitazioni

Del corso fanno parte integrante esercitazioni pratiche di laboratorio, esemplificative degli argomenti illustrati.

Libri consigliati

G. R. Choppin, J. Rydberg: Nuclear Chemistry - Theory and Applications, Pergamon Press, Oxford, 1980;
M. Benedict, T. Pigford, H. Levi: Nuclear Chemical Engineering, McGraw-Hill, New York, 1981;
A.L. Fantola Lazzarini, E. Lazzarini: Applicazione dei Radioisotopi. Appunti di Radiochimica, Ed. CESNEF, Politecnico, Milano, 1991.

SERVIZI GENERALI D'IMPIANTO
Prof. Augusto DI GIULIO**AR0059***Programma d'esame*

1. La progettazione dei servizi di impianto: generalità. Tipologie dei servizi. Metodologie di dimensionamento. Costi di impianto e di esercizio. Centralizzazione e frazionamento. Affidabilità e disponibilità dei sistemi complessi. Programmazione e pianificazione di sistemi complessi (impianti, servizi). Tecniche di programmazione reticolari (diagramma di Gantt e Pert). Problematiche connesse alla autorizzazione per la realizzazione di un insediamento industriale.
2. I fabbricati industriali. Caratteristiche e tipologie. Edifici di tipo estensivo e di tipo intensivo. Flessibilità.
3. Produzione e distribuzione dell'energia termica. Determinazione dei fabbisogni. Bilanci energetici dei processi industriali. Caldaie e generatori di vapore. Combustione e combustibili. Stoccaggio dei combustibili. Trasporto del calore (aria calda; acqua calda e surriscaldata; vapore d'acqua; fluidi diatermici). Recuperi energetici. Produzione combinata di energia elettrica e vapore.
4. Distribuzione dell'energia elettrica. Determinazione dei fabbisogni. Analisi delle utenze. Scelta delle tensioni e del sistema di distribuzione. Schemi elettrici. Dimensionamento dei conduttori. Rifasamento dell'impianto. Norme di sicurezza e protezione degli operatori.
5. Acque. Caratteristiche generali. Acque tecnologiche: principali processi di trattamento. Acque potabili: determinazione dei fabbisogni, trattamenti, approvvigionamento, pozzi. Reti di distribuzione: dimensionamento, tubazioni e accessori. Serbatoi, pompe e stazioni di pompaggio. Acque reflue: caratteristiche generali, normativa, processi di depurazione, dimensionamento degli impianti. Smaltimento dei fanghi e dei rifiuti industriali.
6. Aria compressa. Impieghi industriali dell'aria compressa. Determinazione dei fabbisogni. Compressori. Accessori. Dimensionamento delle reti di distribuzione. Centrali di compressione.
7. Trasporti. Caratteristiche dei materiali (liquidi; in pezzatura; unitarizzati). Mezzi di trasporto a movimento continuo e discontinuo. Determinazione della potenzialità del sistema di trasporto. Trasporti interni e magazzini. Norme di sicurezza. Vie di movimento e trasporto interne all'insediamento industriale. Aree di parcheggio. Raccordi ferroviari.
8. Climatizzazione. Requisiti termoigrometrici degli ambienti industriali. Bilancio termico dei locali. Esigenze di ventilazione. Riscaldamento invernale. Normative. Impianti di condizionamento.
9. Illuminazione. Requisiti luminosi degli ambienti industriali. Illuminazione a luce naturale. Illuminazione a luce artificiale, metodi di dimensionamento e verifica. Tipologia delle sorgenti luminose. Apparecchi di illuminazione: generalità e caratteristiche. Considerazioni tecnico - economiche in ordine al dimensionamento, alla scelta ed alla gestione degli impianti di illuminazione. Illuminazione di esterni (piazzali).
10. Effluenti gassosi. Caratteristiche e tipologie. Limiti alle emissioni. Tecniche di misura. Sistemi di abbattimento e smaltimento.
11. Servizi ausiliari e servizi igienico sanitari. Caratteristiche generali e criteri di progetto.
12. Impiego industriale del metano e dell'ossigeno. Approvvigionamento, distribuzione, norme di sicurezza.
13. Impianti di ventilazione. Ventilatori, tubazioni ed accessori. Dimensionamento degli impianti di ventilazione.
14. Valutazione dell'impatto ambientale (VIA) di sistemi produttivi. Individuazione dei rischi rilevanti. Analisi di rischio. Qualità della sicurezza. Rapporto di rischio. Emergenze.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello sviluppo di elaborati di carattere applicativo, che potranno formare oggetto di domanda in sede d'esame.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale, attinente sia il programma del corso che la soluzione di problemi di tipo applicativo. Durante l'anno potranno essere tenute prove scritte facoltative che, se superate con esito favorevole, potranno costituire elemento di giudizio per l'assegnazione del voto finale.

Testi consigliati

- A. Monte: Elementi di impianti industriali, Cortina Ed.
 F. Turco: Principi generali di progettazione degli impianti, CLUP.
 C.F. Marcolli, P. Parolini: Produzione e distribuzione dell'energia termica ed elettrica, CLUP.
 R. Ruggeri: Illuminazione degli ambienti di lavoro.
 Per approfondimenti possono essere consultati i seguenti testi.
 R.H. Perry, C.H. Chilton: Chemical engineers handbook, Mc Graw Hill.
 A.C. Stern: Air pollution, Academic Press.
 W. Osborne, C. Fans, Pergamon Press
 F.P. Lees: Loss prevention in the process industries, Butterworths.
 ASHRAE: Handbook.
 L. Masotti: Depurazione delle acque, Calderini ed.
 V. Sarno, L. Federiconi: Il trattamento delle acque per usi vari, Hoepli.
 H. Rase Piping Design for process plant, John Wiley & S.

SERVIZI TECNOLOGICI NEGLI EDIFICI**AJ0020****Prof. Nino ZAMUNER***Programma d'esame*

- **Sistemi di unità di misura.**
- **Cenni di termodinamica:** primo principio, energia interna, entalpia, equazioni di stato dei gas, gas perfetti e gas reali.
 Le trasformazioni termodinamiche dei gas: isovolumetrica, isoterma, isobara.
 Passaggi di stato, gas e vapori, il vapore d'acqua. Miscele gassose, miscele di gas e vapori.
- **Trasmissione del calore:** conduzione, convezione, irraggiamento. La trasmissione negli edifici, coefficienti di trasmissione termica. Criteri attuali della progettazione termica degli edifici al fine del contenimento dei consumi energetici. Legge n. 373.
- **Aria umida:** umidità relativa, umidità assoluta, temperatura di rugiada, temperatura a bulbo secco, temperatura a bulbo umido. Entalpia dell'aria umida, diagramma psicometrico, uso dello psicometro, trasformazioni termodinamiche dell'aria umida.
- **Cenni sul moto dei fluidi nei condotti:** dimensionamento delle tubazioni percorse da acqua e di condotti percorsi da aria.
- **Impianti di riscaldamento:** calcolo del carico termico, componenti vari (caldaie, pompe, rete di tubazioni, corpi scaldanti ecc.). Regolazione.
- **Impianti di condizionamento:** calcolo del carico termico estivo, irraggiamento solare, inerzia termica. Classificazione e studio degli impianti: impianti a tutt'aria, a tutt'acqua e misti; impianti locali e centralizzati. Centrali frigorifere. Regolazione.
- **Impianti sanitari:** reti di scarico, reti di distribuzione dell'acqua potabile, impianto autoclave. La produzione e la distribuzione dell'acqua calda per i servizi sanitari. Pannelli solari.
- **Impianti elettrici:** cenni di elettrotecnica, gli impianti elettrici negli edifici civili, organi di protezione; la messa a terra degli impianti, la rete di terra. Illuminotecnica.
- **Cenni sugli elevatori.**

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello studio applicativo dei principali servizi tecnologici negli edifici con riferimento ai progetti sviluppati nel corso di Architettura Tecnica II; in ragione di ciò gli elaborati, comprendenti le relazioni descrittive, saranno basati sui predetti progetti.

Modalità d'esame

All'allievo che abbia frequentato regolarmente il corso, dimostrando, nei colloqui sostenuti durante

l'anno e con lo svolgimento degli elaborati grafici, di aver raggiunto un grado sufficiente di preparazione, sarà assegnato preliminarmente un voto, sempre che siano state soddisfatte le prescritte condizioni di precedenza. Tale voto sarà perfezionato con un esame orale finale.

All'allievo che, pur avendo frequentato il corso, non avesse raggiunto un grado di preparazione giudicato sufficiente, il voto sarà assegnato a seguito di una particolare prova integrativa.

Libri consigliati

Gli impianti negli edifici, Edizione CLUP, anno 1984.

Dispense messe a disposizione dal Dipartimento.

SERVOSISTEMI AEROSPAZIALI **Prof. Franco BERNELLI ZAZZERA**

AL0117

Programma d'esame

Richiami di dinamica dei sistemi lineari.

Rappresentazione di sistemi dinamici nello spazio degli stati - Trasformata di Laplace - Funzioni di trasferimento - Stabilità - Risposta a regime - Margini di stabilità - Diagrammi di Bode e Nyquist - Controllabilità e osservabilità.

Sensori, attuatori e cenni di componentistica elettronica.

Sensori giroscopici, accelerometrici e di angoli aerodinamici - Elettrovalvole - Attuatori elettrici - Attuatori idraulici - Attuatori giroscopici - Amplificatori operazionali - Convertitori A/D e D/A - Sistemi di acquisizione dati - Circuiti integrati - Realizzazione digitale.

Sistemi di aumento di stabilità e controllo del volo atmosferico.

Equazioni di moto di un aeroplano - Derivate di stabilità e controllo - Approssimazioni di corto periodo, fugoide, dutch-roll, rollio e spirale - Sistemi di aumento di stabilità dei moti longitudinali e laterodirezionali - Sistemi di controllo della traiettoria di volo - Modellazione della turbolenza atmosferica - Risposta alla turbolenza atmosferica - Sistemi di alleviazione dei carichi.

Soppressione delle vibrazioni di strutture aerospaziali.

Equazioni di moto di strutture modellate a parametri concentrati e distribuiti - Attuatori a massa di reazione - Soppressione delle vibrazioni di una trave omogenea - Soppressione del flutter.

Sistemi di stabilizzazione dell'assetto di satelliti.

Equazioni della dinamica dell'assetto di satelliti - Sistemi di stabilizzazione dell'assetto di satelliti a puntamento terrestre Sistemi di stabilizzazione dell'assetto di satelliti a puntamento inerziale.

Libri consigliati

B.Friedland: Control System Design: an Introduction to State-Space Methods, McGraw Hill.

G.F.Franklin, J.D.Powell, A.Emami-Naeini: Feedback Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley Publishing Company.

D.McLean: Automatic Flight Control Systems, Prentice Hall.

R.C.Nelson: Flight Stability and Automatic Control, McGraw Hill.

J.Wertz: Spacecraft Attitude Determination and Control, D.Reidel Publishing Company.

W.L.Green: Aircraft Hydraulic Systems, John Wiley and Sons.

Merrit: Hydraulic Control Systems, John Wiley and Sons.

C.L.Nachtigal: Instrumentation & Control: Fundamentals and Applications, Wiley-Interscience.

SIDERURGIA **Prof. Walter NICODEMI**

AR0135

Programma d'esame

- 1. Introduzione:** evoluzione storica della siderurgia e definizione degli argomenti di interesse siderurgico. Richiami di Chimica-fisica con particolare riguardo alla legge di ripartizione, all'affinità dei metalli per l'ossigeno, e all'estensione delle formule valide per i sistemi omogenei ai sistemi eterogenei.

2. **Materie prime e operazioni preliminari:** frantumazione e macinazione, arricchimento, trattamenti dei minerali di ferro ed in particolare agglomerazione e pellettizzazione.
Operazioni metallurgiche per via termica: teoria completa della riduzione degli ossidi di ferro; fusione riduttrice dei materiali ossidati; conversione del metallo grezzo ed in particolare della ghisa (decarburazione, dissossidazione, degasificazione ed eliminazione delle particelle non metalliche, defosforazione).
Processi ed impianti siderurgici: fabbricazione della ghisa e dell'acciaio con tutti i procedimenti tradizionali e loro perfezionamenti; principali tipi di forni usati in siderurgia; l'alto forno, convertitori classici e ad ossigeno, forni elettrici, forno Martin-Siemens, ecc.; elaborazione fuori forno; processi di fabbricazione sotto vuoto; produzione del metallo (ferro ed acciaio) dal minerale.
3. **Approfondimento nello studio di particolari argomenti metallurgici quali:**
i trattamenti termici degli acciai; considerazioni teoriche e particolari aspetti applicativi;
l'influenza degli elementi aggiunti al ferro e degli elementi nocivi sulle proprietà degli acciai;
i difetti riscontrabili negli acciai e metodi di controllo per rilevarli.
4. **Discussione critica,** in relazione alle proprietà ed alle principali applicazioni, dei seguenti prodotti siderurgici:
gli acciai: comuni, da costruzione, per impieghi alle basse e alle alte temperature, inossidabili, per utensili, resistenti all'usura, maranging; **le ghise:** comuni, di qualità e speciali; particolari realizzati con la **metallurgia delle polveri.**

Esercitazioni

Oltre alle esercitazioni di laboratorio, in lezioni a carattere monografico, verranno approfonditi alcuni argomenti di metallografia e di impiantistica siderurgica; sono inoltre previste visite agli impianti più significativi.

Libri consigliati

W. Nicodemi: Siderurgia (processi ed impianti) - Ed. Associazione Italiana di Metallurgia, Milano 1994.
 W. Nicodemi: Metallurgia. Ed. Masson 1985.

SISTEMAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI **Prof. Paolo BURLANDO**

AI0011

Programma d'esame

1. Richiami di idrologia generale.

Bacino idrografico superficiale e sotterraneo, carsismo. Bilancio idrologico: equazione generale. Precipitazioni: misura ed elaborazioni preliminari; distribuzione spaziale delle piogge, metodi di ragguaglio. Piogge intense e di breve durata, curve di possibilità pluviometrica. Evaporazione e traspirazione: misura ed elaborazioni. Deflussi fluviali: misure idrometriche e di portata, scale di portata; curve di durata, regimi fluviali tipici italiani. Coefficiente di deflusso e coefficiente d'afflusso. Dati idrologici esistenti: Servizio Idrografico ed Annali Idrologici.

2. Piene e magre fluviali.

Formazione delle piene. Bilancio idrologico di una piena, componenti dell'idrogramma di piena. Cenni sui modelli afflussi - deflussi. Simulazione delle componenti superficiale e sotterranea. Studio probabilistico delle massime piene. Formule empiriche. Applicazione dei modelli afflussi - deflussi per la previsione delle piene. Preannuncio delle piene.

Propagazione delle piene. Equazioni generali del moto vario, semplificazione cinematica e parabolica, metodi numerici. Modelli idrologici, metodo dell'invaso e metodo Muskingum.

Moti bidimensionali (cenni). Equazioni generali e metodi approssimati, allagamento di aree alluvionali.

Fenomeni di magra. Portata e durata di magra. Fenomeni di esaurimento. Metodi di previsione.

3. Trasporto solido.

Granulometria dei sedimenti. Inizio del movimento: abaco di Shields e curve USBR. Forme di fondo. Resistenze al moto. Modalità del trasporto di fondo e in sospensione. Misure in campo. Formule della capacità di trasporto di fondo. Trasporto di fondo effettivo. Trasporto in sospen-

- sione. Trasporto totale. Bilanci medi annui.
4. **Morfologia degli alvei fluviali.**
Impostazione dei problemi a quattro, tre, due incognite. Teoria dell'equilibrio limite. Teoria del regime. Alvei stabili. Meandri e loro dinamica, leggi di Fargue. Modelli idraulici fluviali a fondo mobile.
 5. **Sistemazioni delle aste torrentizie.**
Classificazione dei torrenti di scavo e di deposito: aspetti geolitologici, pedologici e forestali. Sistemazioni dei versanti (cenni). Lave torrentizie. Profilo di compensazione. Opere trasversali: briglie e briglie selettive, soglie. Opere longitudinali e repellenti. Opere rigide e flessibili. Dimensionamento statico delle opere. Bacini di trattenuta del materiale solido.
 6. **Sistemazione dei fiumi.**
Opere longitudinali: argini e golene. Statica degli argini in terra. Sifonamento e impermeabilizzazione. Raggi di curvatura delle sponde interne ed esterne dei meandri, quota di fondazione delle sistemazioni. Opere trasversali: soglie di fondo. Repellenti. Tecniche costruttive e materiali.
 7. **Opere idrauliche e loro influenza sul regime fluviale.**
Opere di controllo delle pene fluviali: bacini di laminazione, scolmatori, diversivi, sistemazione d'alveo; loro impostazione progettuale. Concetto di aree a rischio idraulico ed interventi non strutturali.
Opere di presa da torrenti e da fiumi; traverse e conche di navigazione.

Libri di testo e materiale didattico

- A. Paoletti: Lezioni di Idraulica Fluviale, D.I.I.A.R.
A.N. Strahler: Geografia fisica, Piccin, Padova, 1985.
Dispense di esercitazione

Libri consigliati

- U. Maione: Appunti di Idrologia, Vol. 1 e 3, Ed. La Goliardica Pavese.
Benini: Sistemazioni idraulico-forestali, ed. UTET, Torino, 1992.
Ministero Agricoltura e Foreste: Opere per la correzione dei torrenti.
P. Ph. Jansen, L. van Benegom, J. van den Berg, M. de Vries, A. Zanen: Principles of River Engineering. Ed. Pitman, London.
H. H. Chang: Fluvial Processes in River Engineering. Ed. John Wiley & Sons, New York.
S.A. Schumm, M.P. Mosley e W.E. Weaver: Experimental fluvial geomorphology, John Wiley & Sons, New York, 1987.
K.J. Gregory e D.A. Walling: Drainage basin form and process, Edward Arnold, Londra, 1973.
B. Finlayson e I. Stratham: Hillslope analysis, Butterworths, Londra, 1980.
L.B. Leopold, M.G. Wolman e J.P. Miller: Fluvial process in Geomorphology, W.H. Freeman & Co., San Francisco, 1964.

SISTEMI DI ANALISI FINANZIARIA**AG0243***(Teoria e tecnologia dell'innovazione finanziaria) (Poli-Bocconi)***Proff. Giampio BRACCHI, Stefano PREDA, Roberto RUOZI***Programma d'esame*

Il settore finanziario ha assunto negli ultimi anni le caratteristiche del settore maturo.

In presenza di una concorrenza sempre più accesa fra le diverse categorie di intermediari finanziari e di forme di regolamentazione per certi aspetti sempre più vincolanti, l'innovazione finanziaria - intesa nel senso più ampio del termine, cioè di prodotto, di meccanismi integratori, di canali di distribuzione ecc. - riveste un'importanza cruciale. La capacità di innovare è infatti per gli intermediari finanziari non solo motivo per assicurare la sopravvivenza, ma è anche una delle principali armi strategiche per rafforzare la propria posizione competitiva.

Elemento fondamentale dell'innovazione è la tecnologia che è nel contempo fonte di innovazione e condizione di base affinché quest'ultima si realizzi e si sviluppi. Gli aspetti tecnologici condizionano

quindi in massimo grado gli aspetti economici dell'innovazione finanziaria. Il Corso si propone di analizzare questi fenomeni sia attraverso la loro analisi teorica sia mediante l'illustrazione di numerosi casi concreti tratti soprattutto dalla realtà italiana.

1. L'intermediazione finanziaria: caratteristiche e sviluppo.
2. Definizione e ruolo dell'innovazione finanziaria.
3. Opportunità offerte dalla tecnologia per lo sviluppo dell'innovazione finanziaria.
4. L'innovazione istituzionale.
5. L'innovazione nei meccanismi integratori.
6. L'innovazione nella produzione e nella distribuzione di prodotti e servizi finanziari.
7. L'innovazione di prodotto.
8. La diffusione dell'innovazione finanziaria (aspetti internazionali).
9. La valutazione dei costi e dei benefici dell'innovazione finanziaria.
10. L'innovazione e la qualità dei prodotti e dei servizi finanziari.
11. Limiti etici allo sviluppo dell'innovazione finanziaria.
12. Evoluzione delle tecnologie dell'informatica e delle telecomunicazioni e nuove applicazioni nel sistema finanziario.
13. L'innovazione negli strumenti di raccolta del risparmio.
14. L'innovazione nelle modalità di gestione del risparmio.
15. Sistemi di supporto decisionale e sistemi esperti: nuove applicazioni all'investimento del risparmio.
16. L'innovazione negli strumenti di finanziamento delle imprese.
17. Le banche di dati ed il loro impiego nelle decisioni di finanziamento.
18. L'innovazione nei mezzi e nei sistemi di pagamento.
19. I servizi telematici e l'innovazione dei sistemi di pagamento.
20. Le innovazioni nei mercati interbancari e monetari.
21. Le reti telematiche nei mercati interbancari e monetari.
22. Innovazioni nei mercati dei cambi.
23. Tecniche di sicurezza nei sistemi automatizzati e nelle reti per l'attività finanziaria.
24. Innovazioni nei metodi di gestione degli intermediari finanziari.
25. Sistemi informativi e automazione di ufficio per l'innovazione.
26. Innovazioni nella vigilanza negli enti creditizi.
27. La gestione automatizzata della tesoreria.
28. Le innovazioni nel mercato azionario.
29. Sistemi informatici e telematici per la borsa valori (eventuale visita).
30. Conclusioni del Corso.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Testi consigliati

Verranno fornite dispense curate dai docenti.

SISTEMI DI COMMUTAZIONE **Prof. Luigi FRATTA**

AG0260

Programma d'esame

1. **Introduzione.**
Le reti per telecomunicazioni e i sistemi di commutazione. Reti telefoniche. Reti integrate nei servizi. Reti a larga banda.
2. Teoria del traffico.
Processi di pura nascita: modello di Poisson, Bernoulli, Pascal. Processo di pura morte. Processi di nascita e morte. Code M/M/C/ a popolazione infinita e finita. Coda M/G/1. Modelli di traffico telefonico; definizione e proprietà. Modello di sorgente singola e multipla. Analisi di fascio perfetto: ipotesi CPS, CPT, CPR.

3. Reti geografiche a commutazione di circuito.

Rete telefonica. Tecniche di instradamento: gerarchiche e non-gerarchiche, statiche e dinamiche. Dimensionamento di fascio di trabocco globale e per rivolo di traffico: metodi di Wilkinson, Fredericks, Lindberger. Valutazione delle prestazioni in reti di perdita: calcolo della perdita globale e per relazione, calcolo del traffico offerto. Sintesi di reti gerarchiche: metodo di Pratt. Sintesi di rete non-gerarchica: algoritmo di Katz ed algoritmi per instradamenti adattativi. Affidabilità delle reti. Ottimizzazione dei costi con vincoli di grado di servizio (traffico e affidabilità).

4. Reti di segnalazione.

Segnalazione associata e a canale comune. Gli standard CCITT. Reti di segnalazione e loro prestazioni. Trattamento della segnalazione di linea e di giunzione. Il protocollo SS N.7.

5. Reti di connessione.

Tassonomia delle reti di connessione. Reti monostadio e multistadio. Isomorfismo tra reti. Rete crossbar. Reti multistadio ad interconnessione totale: reti non bloccanti e riarrangiabili. Teoremi di Clos, Slepian-Duguid e Paull. Reti autoinstradanti; reti baniane ed equivalenza funzionale tra reti. Reti a permutazione: reti di sorting e merging. Reti multistadio ad interconnessione parziale: reti non bloccanti e reti riarrangiabili. Reti con replica verticale e/o espansione orizzontale. Reti parzialmente e totalmente autoinstradanti. Reti di Benes, di Cantor e EGS. Complessità asintotica di reti di connessione. Analisi della congestione mediante grafi lineari di probabilità.

6. Reti a larga banda di tipo ATM.

Reti integrate a larga banda. Gli standard STM e ATM. Architetture di commutazione a larga banda: reti di connessione ATM. Reti autoinstradanti: reti bloccanti senza buffer e con buffer, reti non-bloccanti con tecnica di accodamento singola e multipla. Reti con code all'ingresso, con code all'uscita e con code condivise. Reti con instradamento a minima distanza e deflessione. Modularità e multicasting in reti di connessione ATM. Valutazione delle prestazioni: traffico smaltito, ritardo e perdita delle celle.

Modalità d'esame

Prova scritta e orale

Testi consigliati

A. Pattavina: Appunti dalle lezioni

M. Buttò, G. Colombo, T. Tofoni, A. Tonetti: Ingegneria del traffico nelle reti di comunicazioni, Scuola Superiore Guglielmo Reiss Romoli, 1991.

J.Y. Hui: Switching and traffic theory for integrated broadband networks, Kluwer Academic Press, 1990.

Stallings: ISDN and broadband ISDN, Macmillan.

SISTEMI DI CONTROLLO DI GESTIONE**AQ0106****Prof. Giovanni AZZONE***Programma d'esame***1. Gli obiettivi del sistema di controllo di gestione (SCG).**

Le componenti del sistema di controllo di gestione: organizzazione, processo, tecniche. I requisiti del SCG per il supporto decisionale, la motivazione e l'apprendimento organizzativo.

2. Le tecniche utilizzate nel SCG.

Le tecniche basate sulla contabilità esterna: il bilancio consolidato, richiami sull'analisi per indici. Le tecniche basate sulla contabilità interna: richiami sulle tecniche tradizionali di calcolo dei costi di prodotto (Job costing, process costing, operation costing, sistemi per l'allocazione dei costi dai centri di servizio ai centri produttivi, sistemi per l'attribuzione dei costi congiunti, sistemi per la contabilizzazione degli scarti); i nuovi approcci al calcolo dei costi di prodotto (activity based e activity based management, backflush costing, throughput accounting). Le tecniche basate su indicatori non finanziari. Le tecniche basate sulla misura della creazione di valore economico (il pentagono del valore, le opzioni strategiche). Le tecniche di tipo ibrido (quality costs, return map).

3. L'architettura del SCG.

L'architettura verticale del SCG (requisiti e tecniche relative ai diversi livelli dell'impresa). L'architettura orizzontale del SCG (tipologie di centri di responsabilità e problemi relativi, i prezzi di trasferimento e il modello di Eccles, l'allocazione dei costi corporate). L'architettura per i progetti (life cycle costing, strategic cost accounting, target costing).

4. Il processo di budgeting.

Il processo tradizionale di budgeting (i budget operativi, il budget di cassa, il budget finanziario, il budget del personale, il budget degli investimenti). Le innovazioni nel processo di budgeting: il Cost Accounting by Goals and Strategies. L'approccio umanistico al processo di budgeting.

5. La progettazione del SCG.

Le variabili progettuali del sistema di controllo di gestione: il modello delle 7S, la teoria A, la teoria J. La progettazione in contesti innovativi.

6. Il SCG In realtà non industriali.

Il controllo di gestione nella società di servizi. Il controllo di gestione nelle società commerciali. Il controllo di gestione nella produzione per progetto. Il controllo di gestione nelle assicurazioni.

Libri consigliati

G. Azzone: Sistemi di controllo di gestione, EtasLibri, 1994.

Verrà inoltre fornito, durante l'anno, un elenco di letture consigliate.

SISTEMI DI ELABORAZIONE**AG0236****Prof.ssa Mariagiovanna SAMI***Programma d'esame***Finalità del corso.**

Il corso ha lo scopo di preparare al progetto di sistemi digitali complessi; si presenteranno le tecniche e le metodologie che meglio consentono di realizzare architetture avanzate, tipicamente basate su tecnologie VLSI e che garantiscano buone caratteristiche di correttezza, diagnosticabilità e disponibilità. La tendenza a progettare sistemi dedicati sempre più sofisticati, rispondenti a requisiti di tempo reale, sicurezza, compattezza etc., porta ad esaminare tecniche di progetto "corretto per costruzione" e a spostare le metodologie di sintesi e validazione verso livelli di astrazione mano a mano più elevati, fino a un livello "di sistema" a cui il partizionamento dei compiti fra circuiti integrati dedicati (ASIC) e circuiti programmabili (microprocessori) diventa il primo passo della sintesi.

Programma.

1. Il collaudo. Modelli di guasto e livelli di astrazione. Tecniche fondamentali. Le tecniche basate sulla sensibilizzazione dei percorsi. Complessità del collaudo. Soluzioni dedicate per strutture e/o tecnologie specifiche. Collaudo funzionale: il caso dei microprocessori. Collaudo di macchine a stati finiti. La simulazione di guasto e il suo uso per la generazione dei vettori di collaudo e per la valutazione della copertura di guasto. Approcci al collaudo a livelli multipli.
2. Analisi della testabilità. Tecniche di analisi e misure. Analisi statica e dinamica. Alcuni strumenti software tipici: proposte classiche e strumenti evoluti. L'analisi della testabilità come una fase nel processo di progetto.
3. Design for Testability. Tecniche ad hoc e tecniche strutturate. Il caso delle PLA. L'approccio Scan Path; le varie alternative. La soluzione Partial Scan. La filosofia del Boundary Scan e la sua applicazione a vari livelli. Valutazione dei costi e delle prestazioni. Strumenti di progetto per la creazione di progetti testabili.
4. Built-In Self Test. Analisi delle segnature; caratteristiche e prestazioni degli LFSR. Built-In Test con generazione pseudocasuale dei vettori di test. BILBO: applicazione a strutture regolari e a strutture a bus. Valutazione di costi e prestazioni. Studi di caso.
5. Le prestazioni delle strutture digitali. I parametri AT, AT², nel caso dei sistemi dedicati ad applicazioni specifiche. La complessità dei sistemi VLSI. Definizione e valutazione.
6. Metodi formali per il progetto di strutture digitali corrette. "Dimostrazione" (Proofing). Soluzioni algebriche; applicazione ad approcci di progetto gerarchici. Valutazione dei costi dei progetti finali. Strumenti.
7. La sintesi dei sistemi digitali: lo spazio del progetto e il problema dell'ottimizzazione. La sintesi

ad alto livello; derivazione di Data Flow Graph e Control Flow Graph dall'algoritmo. Il trasporto dell'algoritmo su una architettura; Data Path e Controllo. I problemi di scheduling e allocazione: tecniche di ottimizzazione e parametri di valutazione.

8. Il problema delle specifiche: soluzioni per la specifica formale di sistema; simulazione e validazione delle specifiche.
9. Introduzione al progetto dei sistemi complessi. I problemi di "hardware-software co-design": cenni alla soluzioni per il partizionamento e la simulazione.

Testi consigliati

Verranno distribuiti gli appunti del corso e una bibliografia di riferimenti (testi e articoli) reperibili presso la Biblioteca del Dipartimento.

SISTEMI DI PRODUZIONE AUTOMATIZZATI

AQ0103

Prof. Marco GARETTI

Programma d'esame

1. CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI PRODUZIONE INDUSTRIALE.

- Tipologia dei sistemi produttivi
- Disposizione delle stazioni operative
- Tipologia delle soluzioni automatizzate

2. RICHIAMI DI INFORMATICA INDUSTRIALE.

- Evoluzione dei sistemi informatici per la fabbrica
- Reti di fabbrica
- Sistemi distribuiti

3. AUTOMAZIONE DELLE PRODUZIONI DI PROCESSO.

- Misura, acquisizione e trattamento di dati dal campo
- Sistemi per il controllo dei processi con calcolatore (richiami)
- Computer Integrated Manufacturing (CIM) nelle produzioni di processo
- Applicazione dei sistemi esperti nelle produzioni di processo

4. AUTOMAZIONE DELLE PRODUZIONI MANIFATTURIERE.

4.1) Sistemi manifatturieri automatizzati per la fabbricazione (FMS, transfer lines, celle e linee robotizzate):

- moduli componenti (macchine, buffer, attrezzature, utensili)
- sistemi di movimentazione automatica
- principi di progettazione e esempi industriali

4.2) Robot industriali:

- richiami su tipologie e soluzioni
- criteri di applicazione
- programmazione on-line e off-line

4.3) Sistemi manifatturieri automatizzati per il montaggio (FAS, sistemi dedicati, sistemi robotizzati):

- moduli componenti (macchine, buffer, sistemi di alimentazione, attrezzature)
- sistemi di movimentazione automatica
- principi di progettazione e esempi industriali

5. METODOLOGIE PROGETTUALI.

- scelta dei componenti e del grado di flessibilità di sistemi manifatturieri
- tecniche di dimensionamento e verifica progettuale di sistemi produttivi complessi (valori medi, teoria delle code, simulazione)

6. GESTIONE OPERATIVA.

- gestione operativa della produzione (scheduling)
- raccolta dati dal campo e controllo avanzamento (monitoring)
- scheduling in tempo reale

7. CONTROLLO IN TEMPO REALE.

- sottosistemi e funzioni del sistema di controllo in tempo reale
- soluzioni per il sistema di controllo in tempo reale

8. INTEGRAZIONE.

- Computer Integrated Manufacturing (CIM)
- sistemi produttivi intelligenti
- sicurezza dei sistemi automatizzati

9. CONVENIENZA ECONOMICA DI SISTEMI AUTOMATIZZATI.

- metodologia
- casi di studio

Esercitazioni

Il corso prevede lo svolgimento di una serie di visite industriali guidate, esercitazioni monografiche e seminari di esperti industriali.

Modalità d'esame

Esame orale.

Libri consigliati

M. Garetti: Sistemi di produzione automatizzati, Dispense del Corso.

R. Kerr: Knowledge based manufacturing management, Addison Wesley.

R. Adinolfi: LAN, Mondadori Informatica.

A. Sianesi: FMS: Sistemi di produzione per la fabbrica automatica, ed. Il Rostro.

M. Groover: Automation, production systems and computer aided manufacturing, Prentice Hall.

SISTEMI DI RADIOCOMUNICAZIONE

AG0249

Prof. Carlo CAPSONI

Programma d'esame

Parte I. Segnali per la trasmissione dell'informazione e loro proprietà. Principi delle comunicazioni elettriche. Modulazioni d'ampiezza e d'angolo. Cenni sui componenti elettronici. Circuiti analogici fondamentali: amplificatori, oscillatori, convertitori, moltiplicatori di frequenza, rivelatori d'ampiezza, discriminatori. Loro caratteristiche ed applicazioni. Cenni sui circuiti digitali fondamentali: loro applicazioni. Trasmettitori e ricevitori per segnali modulati d'ampiezza o di frequenza. Propagazione delle onde elettromagnetiche. Antenne: parametri descrittivi, loro caratteristiche e campi di applicazione. Cenni sulle linee, guide d'onda e componenti a microonde.

Parte II. Introduzione all'aeronavigazione. Radionavigazione: radiogoniometri, VOR, VOR doppler, DME, TACAN, LORAN-A, LORAN-C, DECCA, OMEGA, ILS, MLS. Navigazione mediante satelliti artificiali e problemi inerenti alla navigazione di satelliti e sonde spaziali. Radarnavigazione. Radar di bordo, radar doppler, radar altimetro. Radar di terra: primario, secondario, radar meteorologico, radar per il controllo del traffico di superficie PAR (GCA). Calcolatori elettronici di bordo. Affidabilità dei sistemi avionici.

Libri consigliati

Valdoni, Mandrioli, Radiotecnica, Ed. Pitagora.

Matthews, Stepehnson, Componenti a microonde, Ed. Franco Angeli.

Paraboni, Antenne e Propagazione, CLUP.

Powel, Aircraft Radio Systems, ED. Pitman Publishing Limited.

Helfrick, Modern Aviation Electronics, Ed. Prentice-Hall Inc.

SISTEMI ELETTRICI INDUSTRIALI

AH0110

Prof. Enrico TIRONI

Programma d'esame

Elettrotermia.

Considerazioni generali e classificazione degli apparecchi elettrotermici.

Riscaldamento ad arco: principio di funzionamento; caratteristiche costruttive; schema elettrico

equivalente; il diagramma circolare di funzionamento; regolazione dei forni ad arco; problemi di installazione e di funzionamento; applicazioni industriali.

Riscaldamento ad induzione: principio di funzionamento; caratteristiche costruttive; forni a bassa, media ed alta frequenza; schema elettrico equivalente e teorie semplificate del loro funzionamento; sistema di alimentazione; applicazioni industriali.

Riscaldamento a resistenza: riscaldamento di tipo diretto ed indiretto; caratteristiche costruttive; resistori e relativi criteri di progetto; applicazioni industriali.

Riscaldamento per perdite dielettriche: principio di funzionamento; campo di applicabilità e cenni sulle applicazioni industriali; problemi di alimentazione.

Il collegamento alla rete dei forni elettrici: rifasamento, filtraggio dei disturbi ed equilibratura dei forni monofasi; controllo statico di potenza attiva e reattiva.

Azionamenti industriali.

Definizione di azionamento. Caratteristiche principali di macchine elettriche ad induzione e in corrente continua.

Avviamento e frenatura elettrica. Convertitori statici.

Azionamenti in C.C. e azionamenti in C.A. a tensione e a corrente impressa: caratteristiche di funzionamento. Controllo di velocità, di coppia e di potenza: principi fondamentali.

Applicazioni industriali. Disturbi immessi in rete dagli azionamenti: sistemi di filtraggio e criteri di progetto dei filtri.

Sicurezza degli impianti utilizzatori in bassa e media tensione.

Richiami alle norme CEI ed alla legislazione antinfortunistica vigente. Effetti della corrente elettrica nel corpo umano. Tensioni ammissibili. Classificazione dei sistemi elettrici. Criteri di protezione contro i contatti indiretti e diretti: sistemi di protezione di tipo passivo e di tipo attivo.

Progetto, esecuzione e verifica degli impianti di terra.

Illuminotecnica.

Richiami generali di ottica e principi di fotometria: proprietà dell'occhio umano ed aspetti energetici della sensazione visiva.

Le sorgenti luminose: tipi di lampade, loro caratteristiche fisiche ed elettriche.

Gli apparecchi di illuminazione.

Criteri di progetto di impianti di illuminamento per ambienti aperti e chiusi.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono del tipo numerico e grafico.

Libri consigliati

V. Carrescia: Fondamenti di sicurezza elettrica, Ed. HOEPLI Milano, 1984.

L. Richard: Elementi di illuminotecnica, AIDI, Milano, 1971.

L. Di Stasi: Forni elettrici, ed. Pàtron, Bologna-Padova, 1976.

Appunti alle lezioni disponibili presso il Dipartimento di Elettrotecnica relativi ad: Elettrotermia, Illuminotecnica, Azionamenti, Controllo della potenza attiva e reattiva.

Note per gli studenti

Gli argomenti trattati nel corso delle esercitazioni fanno parte integrante del programma e potranno essere oggetto di interrogazione all'esame. Si consiglia vivamente la frequenza alle lezioni ed esercitazioni essendo la materia trattata in via evolutiva e non sufficientemente coperta dai testi esistenti.

SISTEMI ELETTRICI PER I TRASPORTI

(ex Trazione Elettrica)

Prof. Dario ZANINELLI

AH0107

Programma d'esame

Introduzione. La trazione elettrica nei trasporti ferroviari e stradali; caratteristiche dei principali sistemi. Limiti di convenienza. La parte meccanica dei veicoli a trazione elettrica; moto dei veicoli e organi di rotolamento; aderenza; resistenze al moto; caratteristica meccanica; diagramma di

trazione. Circolazione ferroviaria. Trasmissione del moto dai motori alle ruote; comando singolo degli assi; carrelli monomotori.

Il sistema a corrente continua. Il motore di trazione a collettore; caratteristiche costruttive e di funzionamento; regolazione della velocità; commutazione, dimensionamento e comportamento termico; definizione della potenza nominale. Circuito di trazione e sistemi di comando, loro funzioni. Prese di corrente; il problema della captazione ad alta velocità. Equipaggiamenti tradizionali: inversione di marcia; avviamento reostatico; indebolimento di campo; collegamento serie/parallelo dei motori. Azionamenti elettronici: impiego del frazionatore; schemi di alimentazione dei motori; armoniche in linea. La frenatura elettrica, reostatica e a recupero. Ausiliari e loro alimentazione; gruppi convertitori. Alimentazione delle linee elettrificate in corrente continua. Schemi di principio delle sottostazioni di conversione; gruppi raddrizzatori, accenno alle loro caratteristiche costruttive e di funzionamento; regolazione di tensione; gruppi invertitori; sottostazioni reversibili. Linee di contatto: calcolo elettrico e caratteristiche costruttive. Il problema delle correnti vaganti; disturbi provocati dalle linee elettrificate.

Il sistema a corrente alternata monofase. Mezzi di trazione con motori monofasi a collettore. Mezzi di trazione a raddrizzatori; il problema del fattore di potenza e delle armoniche; ripercussioni sugli impianti di alimentazione, a frequenza industriale e a bassa frequenza; schemi adottati. Frenatura elettrica. Ausiliari. Alimentazione delle linee elettrificate a corrente alternata monofase a bassa frequenza: rete primaria; sottostazioni. Alimentazione delle linee a frequenza industriale; il problema degli squilibri; schemi di collegamento delle sottostazioni. Linee di contatto monofasi. Disturbi.

Trazione diesel elettrica. Mezzi di trazione diesel elettrici: utilizzazione della potenza del motore diesel; caratteristiche dei generatori; limiti di potenza; sistemi di regolazione. Caratteristica meccanica dei veicoli. Ausiliari.

Azionamenti trifasi asincroni. Applicazioni nella trazione elettrica a corrente continua e a corrente alternata monofase e nella trazione diesel elettrica degli azionamenti trifasi asincroni a frequenza variabile; caratteristica meccanica, in marcia e in frenatura. Caratteristiche e criteri di impiego dei convertitori a tensione impressa, monostadio e bistadio, e dei convertitori a corrente impressa. Convertitori d'ingresso usati nella trazione monofase.

Azionamenti trifasi sincroni. Applicazioni nella trazione elettrica degli azionamenti autosincroni. Schemi di principio; commutazione naturale e assistita; caratteristica meccanica. Confronto con gli azionamenti trifasi asincroni.

Interconnessione tra reti elettrificate con sistemi diversi. Mezzi di trazione ad alimentazione policorrente.

Esercitazioni

Gli allievi dovranno svolgere un elaborato numerico e grafico avente per oggetto veicoli ferroviari a corrente continua.

Libri consigliati

F. Perticaroli: Sistemi elettrici per i trasporti, ed. Masson - 1993, Milano.

SISTEMI ELETTRICI PER L'ENERGIA

AH0116

Prof. Andrea SILVESTRI

Programma d'esame

1) Struttura e analisi dei sistemi elettrici per l'energia. Metodologie di studio in regime alternato sinusoidale.

Costituzione di un sistema di produzione, trasmissione, distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica. Definizione di impianto elettrico secondo le norme CEI (cenni ai problemi di normalizzazione e unificazione elettrica e agli enti nazionali e internazionali a ciò preposti: CEI, IEC, CENELEC, UNEL, ISO, ecc.).

Struttura e modelli della parte passiva di un sistema: linee aeree, condensatori, reattori, cavi, trasformatori, carichi.

Elementi per lo studio del funzionamento a regime di un sistema elettrico: matrici delle

ammettenze e delle impedenze nodali, loro costruzione, cambiamenti di struttura della rete. Ripartizione dei flussi di potenza a regime: equazioni del bilancio delle potenze ai nodi, formulazione matematica e metodi di risoluzione del problema del load-flow.

Linee corte in media e bassa tensione: parametri fondamentali, caduta di tensione, rifasamento. Guasti simmetrici e dissimmetrici: impedenze di sequenza dei vari componenti, reti di sequenza, guasti in derivazione (cortocircuiti) e in serie (interruzioni di fasi).

2) **Protezioni e sicurezza negli impianti elettrici.**

Esigenze degli organi di interruzione e di manovra. Cenni al problema dell'interruzione e agli organi di interruzione: sezionatori, contattori, interruttori (in aria, in olio, in aria compressa, a esafluoro, a celle deionizzanti, a vuoto). Fusibili. Relè: definizioni e classificazioni, cenni ai tipi costruttivi.

Protezioni delle linee e del macchinario contro le sovracorrenti.

3) **Schemi elettrici.**

Elementi generali per lo studio degli schemi elettrici: segni grafici, vari tipi di schemi e modalità di tracciamento. Schemi funzionali.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguardano lo sviluppo sia di esempi numerici sulla base della teoria esposta nelle lezioni, sia di schemi elettrici redatti secondo le Norme CEI.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di una prova orale. Il risultato della prova scritta non è determinante per la valutazione complessiva.

Libri consigliati

Marin-Valtorta: Trasmissione ed interconnessione, CEDAM, Padova.

Marconato: Sistemi elettrici di potenza, CLUP, Milano.

Faletti, Chizzolini: Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, Pàtron, Bologna.

Altri testi utili:

Iliceto: Impianti elettrici, Pàtron, Bologna.

Elgerd: Electric Energy Systems Theory: an Introduction, McGraw-Hill.

Stevenson: Elements of Power System Analysis, McGraw-Hill.

SISTEMI INFORMATIVI

AG0204

Prof. Giampio BRACCHI

Programma d'esame

- 1. Architettura dei sistemi informativi su elaboratore.** Il concetto di applicazione. Struttura del sistema informativo: processi di elaborazione e basi di dati. Elaborazione a lotti, interattiva e in tempo reale. Gerarchia dei processi. Richiami sui sistemi per la gestione di basi di dati. Modelli dei dati. Modelli ad oggetti. Architetture a stella, distribuite, client-server. Famiglie di prodotti informatici e loro impiego nei diversi contesti applicativi. Reti locali e reti geografiche. Modello di riferimento ISO-OSI. Servizi telematici a valore aggiunto. Esempi di architetture di sistemi informativi.
- 2. Il portafoglio delle applicazioni informatiche.** Le classi di applicazioni informatiche. Il portafoglio applicativo delle aziende industriali e di servizi, delle banche e degli enti pubblici. Analisi funzionale dell'automazione: copertura, grado di automazione, integrazione. Fabbisogno informatico e automazione del sistema informativo.
- 3. Analisi del progetto del sistema informativo.** Fondamenti logici di progettazione. I meccanismi di modellazione del sistema informativo. Fasi e strumenti dell'analisi preliminare. Analisi dei requisiti informativi. Livelli di descrizione e specificazione dei sistemi informativi e delle applicazioni informatiche in genere.
- 4. Progetto del sistema informativo.** Approcci ai progetti. Schema generale del ciclo di vita dei progetti. Progetto dei processi e progetto dei dati. Analisi delle attività, delle informazioni e delle

funzioni elaborative. Richiami sul ciclo di vita del software. Il progetto della architettura di elaborazione. Il progetto di sistemi informativi per il supporto direzionale e per il controllo di gestione.

5. **Metodologie di progettazione.** Sviluppo di un progetto con la metodologia AD. Metodi di analisi: diagrammi di flusso tradizionali, data-flow-diagrams, diagrammi ISAC e SADT, Information Control Nets, modelli complessi. Specificazione dei processi di elaborazione. Progetto concettuale di basi di dati; il modello Entità-Relazioni. Progettazione congiunta di basi di dati e processi. Cenni alla progettazione logica di basi di dati. Metodi assistiti da elaboratore per l'analisi e la progettazione di sistemi informativi.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche e verrà sviluppato un progetto di sistema informativo.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da esercizi scritti. Al termine delle lezioni verrà proposta una prova scritta facoltativa che, se svolta con esito favorevole, costituiranno elemento di giudizio per l'assegnazione del voto.

Libri consigliati

* G.Bracchi, G.Motta: Sistemi informativi e imprese, Franco Angeli, Milano 1986

G.Bracchi, G.Motta: Progetto di sistemi informativi, ETAS Libri, Milano, 1993

G.Coulouris, J.Dollimore, T.Kindberg: Distributed Systems Concepts and Design Addison-Wesley, 1994

Fotocopie di articoli vari.

* Parti del testo che costituiscono programma d'esame:

Cap. 4 Sviluppo delle teorie sui Sistemi Informativi.

Cap. 5 Profilo dei sistemi informativi nelle imprese.

Cap. 6 Spesa ed investimenti informatici nelle imprese: uno schema di analisi.

Cap. 9 Costo dei progetti: uno schema di analisi.

Cap. 10 Analisi dei Progetti.

Cap. 11 Pianificazione dei sistemi.

SISTEMI INTEGRATI DI PRODUZIONE

AR0136

Prof. Francesco JOVANE

Programma d'esame

1. Introduzione.

La "soluzione tecnologica" (prodotto/processo/sistema). Modello concettuale di un Sistema Integrato di Produzione.

2. Elementi di un Sistema Integrato di Produzione.

Componenti "materiali"

Unità di trasformazione fisica di ispezione. Unità di lavaggio. Unità di trasporto. Pallet e attrezzature. Sensori. Sistema di trasformazione delle informazioni.

Componenti "immateriali"

Sistemi CAD (Computer Aided Design). Sistemi CAPP/CAM (Computer Aided Process Planning/ Computer Aided Manufacturing). Sistemi di gestione dei flussi fisici. Sistemi di gestione dei flussi di informazione.

3. Configurazione di un Sistema Integrato di Produzione.

Architettura dei sistemi di produzione. Strumenti per l'analisi del problema (IDEF, GRAI). Metodi per l'analisi delle prestazioni (simulazione e modelli analitici). Metodi di configurazione (tradizionali/automatici).

4. La valutazione tecnico/economica delle soluzioni.

Aspetti tecnici. Aspetti organizzativi. Aspetti economici/strategici.

5. La realizzazione operativa delle soluzioni di integrazione.

CIM - Computer Integrated Manufacturing. Soluzioni organizzative. Percorsi implementativi.

Esercitazioni

Esercitazioni numeriche sulle singole parti del corso. Esempi di configurazione di Sistemi Integrati di Produzione. Visite in realtà produttive.

Libri consigliati

Dispense del corso.

William W. Luggen, "Flexible Manufacturing Cells and Systems", Prentice Hall, 1991

George Chryssouris, "Manufacturing Systems Theory and Practice", Springer-Verlag, 1992

B. Wu, "Manufacturing System Design and Analysis", Chapman & Hall, 1992

N. Viswanadham, Y. Narahari, "Performance Modelling of Automated Manufacturing Systems", Prentice Hall, 1992.

SISTEMI OPERATIVI (1/2 annualità, 1)**AG0261****Prof. Vincenzo PIURI***Programma d'esame**Contenuto del Corso*

Il corso di Sistemi operativi (prima semi-annualità) descrive i componenti che forniscono il supporto per la gestione di un sistema di elaborazione e per l'esecuzione di programmi utente. Vengono trattati i concetti di base e l'architettura di un sistema operativo, analizzandone le funzionalità, le politiche di gestione e i meccanismi. Oltre a sistemi operativi per diverse classi di architetture hardware tradizionali, vengono presentate anche le problematiche inerenti i sistemi di elaborazione paralleli e distribuiti, le reti informatiche, e la tolleranza ai guasti.

1. **Introduzione ai sistemi operativi:** Tipi e struttura; funzioni caratteristiche; meccanismi di gestione; architetture di base; sistemi multiprocessore; sistemi distribuiti.
2. **Programmazione concorrente:** Processi e strutture dati; meccanismi e politiche per la gestione concorrente, per la sincronizzazione e per la comunicazione; costrutti linguistici per la programmazione concorrente; problema di gestione di processi concorrenti (deadlock, starvation).
3. **Gestione del processore:** Politiche di gestione (sistemi monoprocessore, sistemi multiprocessore, sistemi distribuiti); schedulazione;
4. **Gestione della memoria centrale:** Tipologie; meccanismi di gestione (partizionamento, paginazione, segmentazione); politiche di gestione; memorie gerarchiche; gestione di memoria in sistemi paralleli e distribuiti.
5. **Gestione dei dispositivi di ingresso/uscita:** Tipologie; meccanismi e politiche di gestione; orologio; ordinamento temporale in sistemi distribuiti; coordinamento; dischi; politiche di gestione degli accessi ai dischi; terminali; stampanti; periferiche speciali.
6. **Gestione del file system:** Strutture; politiche di gestione, delle allocazioni; tecniche di protezione e sicurezza; network file system.
7. **Interprete comandi e interfaccia utente:** Tipi di interpreti e interfacce utente; meccanismi e politiche di gestione dell'interfaccia utente; tecniche di gestione e sicurezza degli accessi; sistemi transazionali.
8. **Gestione di reti informatiche:** Tipologie di interconnessione; protocolli; standard di comunicazione in ambienti eterogenei.

Libri di testo

A. Tanenbaum: Modern Operating Systems, Prentice-Hall, 1992.

Libri consigliati

A. Silbershatz, J. Peterson, P. Galvin: Operating System Concepts, Addison Wesley, 1991.

H.M. Deitel: Operating Systems, Addison Wesley, 1990.

G.F. Coulouris, J. Dollimore: Distributed System, Addison Wesley, 1991.

M. Bach: The Design of the UNIX Operating System, Prentice Hall, 1986.

B. Kernigham, R. Pike: The UNIX Programming Environment, Prentice Hall, 1984.

W.R. Stevens: UNIX Network Programming, Prentice Hall, 1990.

P. Ancillotti, M. Boari: Principi e Tecniche di Programmazione Concorrente, UTET, 1987.

Modalità d'esame

L'esame è costituito da una prova scritta (contenente domande relative agli argomenti trattati nell'intero corso) e da un progetto (riguardante l'uso di componenti e strumenti di un sistema operativo - eventualmente coordinato con il corso di Sistemi Operativi 2).

SISTEMI OPERATIVI (1/2 annualità, 2)

AG0262

Prof. Vincenzo PIURI

Programma d'esame

Contenuto del Corso

Il corso di Sistemi operativi (seconda semi-annualità) è orientato ad approfondire le conoscenze dei temi trattati nella prima semi-annualità, in particolare per quanto riguarda la descrizione, la progettazione e l'ottimizzazione dei componenti software che forniscono il supporto per la gestione di un sistema di elaborazione e per l'esecuzione di programmi utente. Vengono trattati concetti avanzati, architetture, tecniche di progetto, criteri di valutazione, tecniche di ottimizzazione per strutture sia tradizionali, sia parallele, sia distribuite.

1. **Introduzione alla progettazione di sistemi operativi:** Approfondimenti architetturali; tecniche di progettazione; definizione delle specifiche; aspetti avanzati (parallelismo, distribuzione, tolleranza ai guasti); criteri di valutazione.
2. **Programmazione concorrente e distribuita:** Meccanismi e politiche per la gestione concorrente e distribuita, per la sincronizzazione e per la comunicazione; costrutti linguistici per la programmazione concorrente in architetture monoprocesso, multiprocesso e distribuite; problemi di gestione di processi concorrenti (deadlock, starvation); politiche di ottimizzazione della gestione dei processi.
3. **Gestione del processore:** Politiche avanzate di gestione (sistemi monoprocesso, sistemi multiprocesso, sistemi distribuiti); schedulazione; network computing system; valutazione; tecniche di progettazione e algoritmi.
4. **Gestione della memoria centrale:** Politiche avanzate di gestione (sistemi monoprocesso, sistemi multiprocesso, sistemi distribuiti); valutazione; tecniche di progettazione e algoritmi.
5. **Gestione dei dispositivi di ingresso/uscita:** Politiche avanzate di gestione (sistemi monoprocesso, sistemi multiprocesso, sistemi distribuiti); valutazione; tecniche di progettazione e algoritmi.
6. **Gestione del file system:** Politiche avanzate di gestione, protezione e sicurezza (sistemi monoprocesso, sistemi multiprocesso, sistemi distribuiti); network file system; condivisione di file; elementi di gestione delle basi di dati; valutazione; tecniche di progettazione e algoritmi.
7. **Interprete comandi e interfaccia utente:** Politiche avanzate di gestione dell'interfaccia utente; tecniche di gestione e sicurezza degli accessi; sistemi transazionali; valutazione; tecniche di progettazione e algoritmi.
8. **Gestione di reti informatiche:** Meccanismi e politiche avanzate di gestione; valutazione; tecniche di progettazione e algoritmi.
9. **Analisi di casi:** Unix; OS/2; MS-DOS; Macintosh; VM; VMS; Open Systems; Windows; Netware; LanManager; Amoeba; Mach.

Libri di testo

A. Tanenbaum: Modern Operating Systems, Prentice-Hall, 1992.

Libri consigliati

A. Silbershatz, J. Peterson, P. Galvin: Operating System Concepts, Addison Wesley, 1991.

H.M. Deitel: Operating Systems, Addison Wesley, 1990.

G.F. Coulouris, J. Dollimore: Distributed Systems, Addison Wesley, 1991.

M. Bach: The Design of the UNIX Operating System, Prentice Hall, 1986.

B. Kernigham, R. Pike: The UNIX Programming Environment, Prentice Hall, 1984.

W.R. Stevens: UNIX Network Programming, Prentice Hall, 1990.

P. Ancillotti, M. Boari: Principi e Tecniche di Programmazione Concorrente, UTET, 1987.

Esercitazioni

Gli aspetti teorici, algoritmici e progettuali verranno approfondimenti mediante esercitazioni guidate. Verranno assegnate esercitazioni progettuali sperimentali. Studenti particolarmente motivati potranno approfondire le conoscenze sperimentali con la progettazione e la realizzazione di un semplice sistema operativi distribuito dedicato ad applicazioni in tempo reale.

Modalità d'esame

L'esame è costituito da una prova scritta (contenente domande relative agli argomenti trattati nell'intero corso) e da un progetto (riguardante la progettazione e lo sviluppo di componenti e strumenti di un sistema operativo - eventualmente in coordinamento con il corso di Sistemi Operativi I).

SISTEMI TECNOLOGICI E ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO (A) **Prof. Pierluigi BONTADINI**

AQ0100

Programma d'esame

Il corso si propone di favorire lo sviluppo di uno schema di analisi, per la comprensione dei processi e dei sistemi organizzativi, al fine di valutare situazioni aziendali e di alta organizzazione, dal punto di vista dell'operatore e dell'intervento correttivo.

1. **Natura e dinamiche delle organizzazioni complesse.** La divisione del lavoro e i processi di integrazione.
2. **L'approccio sistemico all'analisi delle organizzazioni.** Sistemi aperti e sistemi chiusi. La razionalità limitata. L'equilibrio organizzativo.
3. **Le dimensioni analitiche dei sistemi organizzativi:** logico-operative, psicologica, socio-culturale.
4. **La dimensione logico-operativa:** standardizzazione, specializzazione, razionalità dei flussi operativi.
Le caratteristiche delle mansioni: prevedibilità, variabilità, ed interdipendenze. Proprietà, dimensione e combinazioni produttive d'azienda.
5. **La dimensione psicologica:** il rapporto tra individuo e organizzazione. Motivazione, aspettative, sistemi di incentivazioni.
6. **La progettazione delle strutture organizzative.** Tipologia e criteri di scelte delle strutture. I rapporti tra strategia e struttura.
7. **Autorità, potere e stile di direzione.** Il processo decisionario e il processo di comunicazione.
8. **La visione globale della dinamica e degli assetti organizzativi.** Le relazioni organizzative interaziendali. La cultura organizzativa. Il cambiamento e lo sviluppo organizzativo.

Libri consigliati

Manuale di organizzazione, a cura di P. Bontadini, ISEDI, parte I-II-IV.

Edwin A. Gerloff, Strategie organizzative, McGraw-Hill, Milano, 1989.

Gareth Morgan, Images. Le Metafore dell'organizzazione, ed. F. Angeli, Milano, 1989.

James Thompson, L'azione organizzativa, ISEDI.

SISTEMI TECNOLOGICI E ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO (B) **Prof. Piero MIGLIARESE**

AQ0115

Programma d'esame

Il corso fornisce strumenti e metodi di analisi e aziendali. Vengono descritte le implicazioni e i requisiti organizzativi di alcune tecnologie (automazione, informatica) ai fini di una progettazione che consideri le variabili tecniche ed organizzative.

1. Organizzazione aziendale.

Concetti e variabili di base. Specializzazione dei compiti e integrazione. Impresa e ambiente. I modelli di sistema aperto e di sistema chiuso. L'organizzazione come rete di scambi e di relazioni all'interno e con l'ambiente.

2. Analisi e progettazione organizzativa.

Le variabili organizzative: struttura, sistemi organizzativi, meccanismi operativi e stile di direzione. Distinzioni e legami con le variabili sociali, tecniche e istituzionali. I principi di coerenza dinamica.

Le strutture organizzative canoniche. Richiami ed approfondimenti. Le strutture avanzate: per processo, innovative, a matrice, a rete. Lavoro di gruppo. Modalità di coordinamento. Organizzazione del lavoro. Mansioni, ruoli, criteri di progettazione. Modelli e tendenze.

Sistemi organizzativi. I sistemi dinamici dell'organizzazione. Processi di pianificazione e controllo. Processi di decisione. Sistemi di coordinamento. La dimensione operativa dei sistemi organizzativi: prevedibilità e standardizzazione, la razionalizzazione dei flussi di lavoro, la progettazione di procedure organizzative, sistemi avanzati di mutuo aggiustamento.

Stile di direzione. Gerarchia, leadership e aspetti comportamentali dell'organizzazione d'impresa. Modelli innovativi di gestione delle risorse umane, l'innovazione e la programmazione del personale. Retribuzione, motivazione, incentivi.

3. Organizzazione e tecnologia.

I rapporti tra tecnologia e organizzazione: modelli e variabili di progettazione. Studio di casi rappresentativi della situazione industriale. Il problema del coordinamento e il ruolo delle tecnologie dell'informazione. Schemi e metodi di progettazione integrata tecnico-organizzativa. Le attuali tendenze nei modelli organizzativi: flessibilità, lavoro di gruppo, strutture piatte, coordinamento laterale, interfunzionalità.

Libri consigliati

H. Mintzberg, La progettazione dell'organizzazione aziendale, Il Mulino, 1985

J. Thompson, L'azione Organizzativa, ISEDI, 1988

E.A. Gerloff, Strategie Organizzative, McGraw Hill 1991

J. Galbraith, Designing Complex Organizations, Addison-Wesley, 1973.

SPERIMENTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE STRUTTURE (A)**AN0052****Prof. Paolo SETTI***Programma d'esame***1) Misure e strumenti di misura.**

- Problemi relativi alla misura di grandezze fisico-meccaniche e geometriche;
- Principali metodi di analisi sperimentale;
- Apparecchiature e strumenti di misura;
- Elaborazione e interpretazione dei risultati sperimentali.

2) Sperimentazione sui materiali.

- Caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali di importanza progettuale;
- Caratteristiche principali delle macchine di prova;
- Prove di laboratorio di tipo standard;
- Prove speciali.

3) Sperimentazione su strutture.**3.1 Prove di laboratorio.**

- Richiami di teoria dei modelli;
- Introduzione alla sperimentazione su modelli di strutture;
- Introduzione alla sperimentazione su elementi strutturali o su parti, al vero, di strutture.

3.2 Prove su strutture.

- Metodi di rilevazione del comportamento statico e dinamico di strutture al vero;
- Il collaudo statico;
- Simulazione del comportamento strutturale in condizioni particolari (incendio, sisma, vento, ecc.);
- Sperimentazione per via numerica.

4) Affidabilità strutturale e controllo di qualità.

- Richiami di statistica e di teoria delle probabilità;
- Controllo di qualità sui materiali;
- Controllo di qualità sui componenti.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono dedicate all'applicazione dei temi trattati e all'illustrazione di esperienze significative.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un prova orale.

Libri consigliati

Durante il corso verranno indicati i riferimenti bibliografici dei singoli argomenti.

SPERIMENTAZIONE DI STRUTTURE AERONAUTICHE
Prof. Luigi SALVIONI
AL0112*Programma d'esame*

- 1 - Generalità - Logica della sperimentazione - Strumento di misura generalizzato - sistemi per la acquisizione e memorizzazione dei dati - Analisi degli errori di misura - Analisi delle serie temporali - Progetto di una prova - Criteri di scelta degli strumenti. Analogia elettronica e simulazione - Misure di deformazione, spostamento, velocità, accelerazione.
- 2 - Prove statiche strutturali - Scopo delle prove statiche su strutture aeronautiche - Requisiti di prova in funzione del livello dei carichi applicati - Sistemi e modalità di applicazione dei carichi - Modalità di vincolo della struttura in prova - Attrezzature e loro criteri generali di progetto - Grandezze fisiche caratterizzanti le prove e strumentazione relativa - Valutazione delle evidenze sperimentali riscontrate.
- 3 - Prove di analisi modale - Scopo dell'analisi modale - Fase di pre-test mediante analisi ad Elementi Finiti: scelta dei punti di misura e di eccitazione - Acquisizione delle funzioni di risposta in frequenza: forzanti impulsive, armoniche, random e miste; eccitatori meccanici ed elettrodinamici; modalità di vincolo rigide e free-free - Identificazione dei parametri modali: funzioni di correlazione; metodi multi ingresso nel dominio del tempo e delle frequenze - Validazione del modello modale - Correlazione con i risultati numerici: aggiornamento del modello ad elementi finiti.
- 4 - Prove di fatica sulle strutture aeronautiche - Revisione delle filosofie di analisi della fatica aeronautica - Prove "flight by flight" - Studio delle storie di carico da applicare durante le prove - Sistemi di applicazione dei carichi - Calendario delle ispezioni e metodi per le stesse - Prove su elementi strutturali "a vita infinita".
- 5 - Prove dinamiche sui carrelli di atterraggio - Rappresentatività delle prove di caduta - Parametri caratterizzanti la prova - Attrezzature di prova - Acquisizione dei risultati - Messa a punto del sistema deformabile.
- 6 - Aspetti strutturali connessi con le prove di volo - Rilievi in volo di carichi, azioni interne e sforzi - Caratterizzazione modale - Flutter - Implicazioni strutturali nelle prove di prestazioni e di qualità di volo.
- 7 - Aspetti strutturali connessi con le prove in galleria del vento - Similitudine elastica ed aeroelastica - Soluzioni tipiche per i modelli deformabili - Prove di flutter e di divergenza.

Libri consigliati

M. Hetenyi - Handbook of Experimental Stress Analysis - Wiley
 A. Pope - Wind Tunnel Testing - Wiley
 J. Renaudie - Essais en vol - Dunod Parigi, vol 1 e 2
 Doebelin - Measurement Systems - McGraw Hill.
 C.L. Nachtigal - Instrumentation and Control - Wiley

SPERIMENTAZIONE INDUSTRIALE E IMPIANTI PILOTA
Prof. Enrico TRONCONI**AF0105***Programma d'esame***1. Fondamenti di statistica.**Distribuzioni empiriche. Teoria della probabilità. Distribuzioni di variabili casuali: normale χ^2 , t di Student, F di Fischer. Stima puntuale e per intervalli fiduciari. Tests di interferenza statistica.**2. Analisi di regressione e stima dei parametri.**

Regressione lineare semplice, regressione lineare multipla, regressione non lineare: stima dei parametri e analisi di regressione completa.

3. Programmi di prove.

Semplici esperimenti di confronto. Programmi di prove per confrontare più di due trattamenti. Disegni fattoriali completi e frazionati. Disegni sequenziali per discriminare tra modelli rivali e per migliorare la precisione di stima dei parametri.

4. Impianti pilota.

Modellazione di sistemi dell'ingegneria chimica. Analisi dimensionale. Analisi di regime. Criteri di similitudine. Criteri di scale up. Esempi.

Esercitazioni

Le esercitazioni, teoriche e pratiche, verteranno su esemplificazioni di argomenti trattati durante le lezioni.

Testi consigliati

P. Forzatti, E. Tronconi: Programmazione della sperimentazione industriale chimica, CLUP (Milano), 1989.

SPERIMENTAZIONE SUI PROPULSORI
Prof. Aldo COGHE**AK0115***Programma d'esame***1. La Sperimentazione.** Necessità e logica dell'indagine sperimentale. Sperimentazione sui propulsori: prove al banco e su modelli di laboratorio. Criteri di scala e di similitudine. Selezione delle grandezze misurabili e progetto dell'esperienza. Tecniche sperimentali: sistemi di diagnostica e di misura.**2. La misura.** Procedure di misura. Errori sistematici e accidentali. Variabili deterministiche e casuali. Sistemi stazionari e non stazionari. Fondamenti dell'analisi statistica: medie, funzioni di distribuzione, correlazioni, analisi spettrale. Stima degli errori.**3. Il Trasduttore.** Principi generali. Rivelazione e conversione del segnale. Segnali analogici e digitali. Conversione A/D. Trasduttori elettromeccanici: potenziometrici, estensimetrici, LVDT, induttivi, capacitivi, piezoelettrici. Trasduttori termoelettrici, fotoelettrici, ottici. Principi di spettroscopia e diffusione di luce laser.**4. Lo strumento di misura.** Schema dello strumento tipo. Sistemi lineari di ordine zero, uno e due: funzione di trasferimento, risposta in frequenza, calibrazione statica e dinamica. Analisi spettrale secondo Fourier. Risposta ad un segnale arbitrario. Modulazione e filtraggio del segnale. Compensazione dinamica. Principi del campionamento e problemi della conversione A/D.**5. Problemi sperimentali nei propulsori.** Grandezze termofluidodinamiche fondamentali. Rilievo delle prestazioni. Banchi prova. Misure globali e locali. Concetti generali di combustione turbolenta e definizioni dei parametri misurabili: valori medi, fluttuazioni turbolente, scale spaziali e temporali, spettro dell'energia e coefficienti di correlazione. Modalità di misura e procedure numeriche di elaborazione dei dati.**6. Misure di temperatura e flusso termico.** Il concetto di temperatura, scala pratica internazionale delle temperature, taratura. Misure di temperatura mediante sonde: termometri, termocoppie, termoresistenze; errori per conduzione ed irraggiamento. Misure di temperatura per via ottica: pirometria, emissione ed assorbimento. Spettroscopia laser: fluorescenza, Raman e Rayleigh. Misure di flusso termico.

7. **Misure di moto.** Standard di lunghezza e tempo, moto traslazionale e rotazionale, spostamenti fissi o variabili nel tempo. Misure di spostamento relativo e deformazione, dispositivi elettroottici. Misure di velocità ed accelerazione relative. Misure di spostamento, velocità ed accelerazione assoluti; moti vibratorii.
8. **Misure di spinta.** Analisi generale dei metodi di misura della spinta: sistemi statici e dinamici. Descrizione dei principali tipi di trasduttore e discussione critica sul loro impiego. Effetto della rigidità del banco. Sistemi di rilievo multidimensionale della spinta. Taratura.
9. **Misure di pressione.** Analisi generale dei metodi di misura delle pressioni: sistemi statici e dinamici. Descrizione dei principali tipi di trasduttore e discussione critica sul loro impiego. Effetto delle connessioni idrauliche e pneumatiche. Taratura statica e dinamica dei trasduttori di pressione.
10. **Misure fluidodinamiche.** Tecniche di visualizzazione: Shadowgrafia, schlieren, olografia e scattering. Misure di velocità risolte nello spazio e nel tempo. Tubo di Pitot. Anemometria a filo caldo: principi di funzionamento e campi d'impiego. Anemometria laser: principi di funzionamento e campi d'impiego. Esempi di applicazione ai propulsori. Tecniche derivate. Funzionamento dei misuratori di portata. Misure di densità.
11. **Cenni ai problemi di misura dell'inquinamento prodotto dai gas di scarico e dal rumore.**
 Appendice 1 Impiego del calcolatore numerico.
 Appendice 2 Richiami sulle trasformate integrali di Laplace e Fourier.

Esercitazioni

Consistono in esperienze di laboratorio, esercizi numerici su vari argomenti (analisi ed elaborazione dei dati, stima degli errori, etc.) o nella discussione di esempi tipici di indagini sperimentali sui propulsori.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio orale sugli argomenti in programma e sulla discussione di una esercitazione o esperienza di laboratorio svolta dallo studente.

Libri consigliati

- Doebelin E.O.: Measurement system: applications and design, McGraw-Hill Book Co, N.Y., 1966
 Holman J.P.: Experimental methods for Engineering, International student Ed., McGraw-Hill Book Co., N.Y., Ed., 1971
 Bertolaccini M., Bussolati C., Manfredi P.F.: Elettronica Industriale, Tamburini 1975, Collana di Fisica pura e Applicata
 Bendat J.S., Piersol A.G.: "Random Data: Analysis and Measurement Procedures", Wiley Interscience Inc., N.Y., 1971.
 Hinze J.O.: Turbulence, McGraw-Hill Inc., N.Y., 1975.
 Durst F., Melling A., Whitelaw J.H.: Principles and Practice of Laser-Doppler Anemometry, Academic Press, Londra, 1981.
 Goldstein R.J.: Fluid Mechanics Measurements, Emisphere Publishing Co., 1983,
 Seippel R.G.: Transducers, Sensors, and Detectors, Reston Publishing Co. Inc., 1983.
 Gupta A.K. e Lilley D.G.: Flowfield Modeling and Diagnostics, Abacus Press, 1985.
 Linuma K., Asanuma T., Ohsawz T. e Doj J.: Laser Diagnostics and Modeling of Combustion, Springer-Verlag, 1987.
 Figliola R.S. e Beasley D.E.: Theory and Design for Mechanical Measurements, J. Wiley, 1991.
 Pulci Doria G.: Metodologie Moderne di Misure Idrauliche e Idrodinamiche, CUEN, Napoli, 1992.

STATISTICA E CALCOLO DELLE PROBABILITA' **Proff. Bruno BASSAN, Marco BRAMANTI**

AP0020

Programma d'esame

1. **PROBABILITA'**. Richiami di teoria degli insiemi. Spazio dei campioni, eventi, sigma-algebra degli eventi. Definizione assiomatica di probabilità. Probabilità condizionata ed indipendenza stocastica. Teorema di Bayes. Esempi.

2. **VARIABILI ALEATORIE E FUNZIONI DI DISTRIBUZIONE.** Variabili discrete: funzione indicatrice di un evento (distribuzione di Bernoulli), estrazioni seguite da reimbussolamento (distribuzione binomiale e schema di Bernoulli), estrazioni senza reimbussolamento (distribuzione ipergeometrica), tempo di attesa del primo successo (distribuzione geometrica o di Pascal), dell'ennesimo successo (distribuzione binomiale negativa), distribuzione di Poisson. Variabili assolutamente continue e funzioni di densità: distribuzione uniforme, gaussiana, esponenziale (tempo di attesa nel continuo), gamma, ... Caratteristiche numeriche delle variabili aleatorie: valore atteso, varianza, momenti; significato fisico ed attuariale; calcolo di aspettative e varianze. Altri indici posizionali: mediana, moda, quantili, ... Funzioni di una variabile casuale. Disuguaglianze di Cebicev e di Jensen. Funzione generatrice dei momenti e funzione caratteristica di una variabile aleatoria: proprietà ed esempi. Corrispondenza biunivoca tra funzione caratteristica e funzione di distribuzione.
3. **DISTRIBUZIONI CONGIUNTE E CONDIZIONATE.** Funzioni di distribuzione congiunte, esempi: distribuzione multinomiale, uniforme, gaussiana. Valori attesi, matrice di covarianza, coefficiente di correlazione. Distribuzioni condizionate per variabili aleatorie discrete e continue. Valori attesi condizionati. Previsione. Varianza condizionata; teorema di decomposizione della varianza. Disuguaglianza di Cauchy - Schwarz. Funzioni di più variabili aleatorie. Somma di variabili aleatorie.
4. **CONVERGENZA.** Convergenza in probabilità di una successione di variabili aleatorie. Convergenza in legge. Convergenza quasi certa. Legge debole dei grandi numeri. Teorema limite centrale. Approssimazione normale. Esempi ed applicazioni.
5. **STIMA DI PARAMETRI.** Statistiche e momenti campionari. Stima puntuale di parametri. Stimatori di massima verosimiglianza e loro proprietà. Stimatori non distorti (unbiased), consistenti, efficienti. Disuguaglianza di Cramér - Rao. La famiglia esponenziale. Statistiche sufficienti, complete. Teoremi di Rao - Blackwell e Lehmann - Scheffé. Stima per intervalli. Intervalli di confidenza. Quantità pivotali. Stima di parametri di una distribuzione gaussiana. Intervalli di confidenza per grandi campioni.
6. **VERIFICA DI IPOTESI.** Confronto tra due ipotesi statistiche. Ipotesi semplici ed ipotesi composte. Regione critica. Errori di prima e seconda specie. Lemma di Neyman - Pearson. Funzione di potenza e test uniformemente più potenti. Il metodo di massima verosimiglianza nel confronto tra due ipotesi. Criterio del rapporto di verosimiglianza generalizzato. Il test chi-quadrato. Esempi.
7. **REGRESSIONE LINEARE.** Coefficienti di correlazione lineare. Curve di regressione. Metodo dei minimi quadrati. Teorema di Gauss - Markov. Problemi lineari e non lineari, parametrici e non.
8. **COMPLEMENTI.** Cenni su: catene di Markov e passeggiate aleatorie; entropia; statistica non parametrica; statistica bayesiana; analisi della varianza; analisi in componenti principali.

Modalità d'esame

Prova scritta e prova orale.

Libri consigliati

A.M. Mood, F.A. Graybill, D. C. Boes: Introduzione alla Statistica, McGraw-Hill Italia, Milano, 1988
P. Baldi: Calcolo delle probabilità e Statistica, McGraw-Hill Italia, Milano, 1992.

Testi di Esercizi

B. Apolloni, A. Barchielli, E. Battistini, D. de Falco, M. Verri: Problemi svolti di probabilità e statistica matematica, McGraw-Hill Italia, Milano, 1993

C. Carota, F. Corielli, S. Petrone: Esercizi di Calcolo delle Probabilità e Statistica Inferenziale, Spiegel, Milano 1992.

M. Cerasoli: Problemi risolti di Calcolo delle Probabilità, CEA, Milano, 1991.

G. Cicchitelli, M.A. Pannone: Complementi ed esercizi di statistica descrittiva ed inferenziale, Maggioli, Rimini, 1991.

R. Giuliano: Laboratorio di Probabilità, ETS, Pisa, 1987.

G. Letta: Probabilità elementare, Zanichelli, Bologna, 1993.

S. Lipschutz: Probabilità, Etas - collana Schaum, Milano 1975.

L. Piccinato: Calcolo delle probabilità, Esercizi, La Goliardica, Roma, 1976.

M. Spiegel: Statistica, Etas - collana Schaum, Milano, 1976.

Testi di consultazione

G. Dall'Aglio: Calcolo delle probabilità, Zanichelli, Bologna, 1987.

G. Cicchitelli: Probabilità e statistica, Maggioli, Rimini, 1984.

H. Cramér: Mathematical Methods of Statistics, Princeton University Press, Princeton, 1946.

B.V. Gnedenko: Teoria della Probabilità, Editori Riuniti, Roma, 1979.

E. Parzen: La Moderna Teoria delle Probabilità e le sue Applicazioni, Franco Angeli, Milano, 1992.

STATISTICA MATEMATICA (1/2 annualità)
Prof. Elio PIAZZA, Remigijus MIKULEVICIUS**AP0107***Programma d'esame***Probabilità:**

- eventi
- algebra degli eventi
- definizione assiomatica di probabilità
- spazio dei campioni
- probabilità condizionali
- probabilità totale
- formula di Bayes
- indipendenza stocastica
- variabili aleatorie e funzione di distribuzione; densità
- valori di sintesi di variabili aleatorie (valore atteso, varianza, momenti)
- disuguaglianza di Chebyshev
- distribuzioni di probabilità notevoli: bernoulliana, binomiale, geometrica, ipergeometrica, poissoniana, uniforme, esponenziale, normale
- proprietà delle funzioni di distribuzione e di densità condizionali
- funzione di variabile aleatoria e relativi momenti
- funzione generatrice dei momenti
- vettori aleatori (caso discreto e bidimensionale)
- indipendenza stocastica
- valori di sintesi del vettore aleatorio: covarianza e coefficiente di correlazione lineare
- curve di regressione, regressione lineare, minimi quadrati
- legge debole dei grandi numeri
- teorema centrale limite e sua rilevanza ai fini inferenziali.

Statistica:

- popolazione statistica
- campionamento bernoulliano ed in blocco
- statistiche campionarie: frequenza campionaria, media campionaria, varianza campionaria, momenti campionari
- distribuzioni campionarie notevoli
- stima puntuale: definizione e proprietà degli stimatori: correttezza, efficienza, consistenza; ricerca degli stimatori: metodo dei momenti, metodo di massima verosimiglianza, giustificazione intuitiva, proprietà ottimali degli stimatori di massima verosimiglianza; applicazioni
- verifica di ipotesi: nozione di ipotesi statistica; ipotesi semplici e composte, ipotesi nulla ed ipotesi alternativa; regione critica e regione di accettazione; errore di prima e di seconda specie e relative probabilità; caso di ipotesi semplici: lemma di Neyman-Pearson, estensione al caso di ipotesi composte unilaterali, applicazioni ad una popolazione: normale, bernoulliana (campione numeroso); test chi-quadrato di buon adattamento
- stima per intervalli: definizione di intervallo di confidenza, ricerca di intervalli di confidenza per popolazioni: normale, bernoulliana (campione numeroso); relazione fra numerosità del campione ed ampiezza dell'intervallo (a parità di confidenza); connessione fra intervalli di confidenza e test di ipotesi; nel caso di intervalli: ad una coda e test unilaterali, a due code e test bilaterali
- analisi della varianza e modelli lineari (cenni).

Libri consigliati

A.M. Mood, F.A. Graybill, D.C. Boes: Introduction to the theory of statistics, McGraw-Hill, 1973 (traduzione in italiano: Introduzione alla statistica, McGraw-Hill, 1988).

STORIA DELL'ARCHITETTURA
Prof.ssa Maria Antonietta CRIPPA

AJ0100*Programma d'esame*

Il corso sviluppa la storia dell'architettura e della tecnologia costruttiva contemporanea (sec. XIX e XX) e si svolge secondo una opportuna alternanza di:

- a) lezioni con carattere fenomenologico-critico relative ai più importanti fatti costruttivi contemporanei, in un quadro cronologico che prende le mosse dalla rivoluzione industriale e dalle sue prime applicazioni e conseguenze (compositive e costruttive nel campo delle costruzioni, sociologiche e infrastrutturali in ambito urbanistico e territoriale) fino allo sviluppo delle correnti moderne e post-moderne;
- b) lezioni con carattere di inquadramento culturale, tematico e cronologico relative alle questioni più rilevanti del periodo in esame, con approfondimento, in particolare, del costituirsi e del variare dei significati di termini critici orientativi quali "moderno", "contemporaneo", "tecnico", "tecnologico", ecc.; con l'esplorazione del rapporto tra l'esperienza costruttiva, sotto il profilo compositivo-linguistico e quello strutturale, e i temi più rilevanti della cultura contemporanea (teorie critiche, estetiche, sociologiche ...), della relazione tra norma costruttiva e dottrina architettonica, tra ambiente naturale e ambiente tecnico, tra storia dell'architettura e storia della tecnologia.

Il corso riguarda problemi e fatti internazionali ed italiani e dedica particolare attenzione ai rapporti e alle differenze tra questioni di formatività e composizione architettonica e questioni tecnologiche.

Modalità d'esame

Agli allievi viene richiesto un personale contributo di ricerca, assegnato all'inizio del corso e oggetto del colloquio finale d'esame, insieme al programma svolto nelle lezioni. E' previsto un seminario didattico, di frequenza non obbligatoria, per l'approfondimento, anche in termini operativi (con sperimentazioni e verifiche di disegno interattivo), del nesso tra progetto, tecnologia e rappresentazione grafica nella teoria e nella pratica costruttiva tra Ottocento e Novecento.

Libri consigliati

Per gli argomenti sarà segnalato di volta in volta nelle lezioni del corso, uno specifico orientamento bibliografico.

Come aiuto ad un facile e sintetico inquadramento generale dei contenuti del corso si consiglia la lettura di alcuni testi:

- 1) H.R. Hitchcock: L'architettura dell'Ottocento e del Novecento, Torino, 1971.
- 2) Y.M. Standenmaier: I cantastorie della tecnologia, Milano 1988.
- 3) R. De Fusco: Storia dell'architettura, Bari, 1992.
- 4) M.A. Crippa: Storia dell'architettura, Milano, 1992.
- 5) J. Rykwert: L'architettura e le altre arti, Milano 1993.
- 6) B. Lemaine: Architettura e ingegneria come professioni, Milano, 1993.
- 7) AA.VV.: Architetture del XX secolo, Milano, 1993.

STORIA DELL'ARTE E STORIA E STILI DELL'ARCHITETTURA
Prof. Santino LANGE'

AJ0105*Programma d'esame*

Il corso è stato orientato a fornire agli allievi elementi per la conoscenza della consistenza materiale, dei modelli di comportamento statico, dei criteri di misura dello spazio e dei caratteri distributivi degli edifici antichi, così da prepararsi ad affrontare le problematiche di recupero e riutilizzazione degli

edifici costruiti in epoche anteriori alla rivoluzione industriale e accedere opportunamente agli insegnamenti conclusivi del Corso di Laurea in Ingegneria Edile.

Generi architettonici e tipologie edilizie.

Gli edifici residenziali "popolari" della storia europea: dimore urbane e dimore rurali dall'età medioevale alla rivoluzione industriale in rapporto alle tipologie di aggregazione familiare e sociale; al lavoro; alle condizioni geografiche; alle tipologie impiegate. I tessuti urbani derivanti dalla loro aggregazione.

La residenza "signorile": palazzi urbani, castelli residenziali, ville patrizie.

I luoghi del potere civile: palazzi comunali, broletti, palazzi reali e ducali, regge estive.

Edifici per l'assistenza, l'istruzione e lo spettacolo: enodochi, ospedali, scuole, accademie, biblioteche, teatri.

Edifici per il culto: le varie tipologie delle chiese e degli edifici monastici e conventuali; sinagoghe.

Materiali ed elementi costruttivi antichi.

Gli inerti nella composizione delle murature antiche: pietra, laterizio, legno, materiali sfusi.

Loro composizione, estrazione e lavorazione nelle diverse epoche ed aree geografiche e culturali.

I leganti nell'impiego murario e nell'impiego di rivestimento (intonaci).

Gli elementi di finitura e decorazione: rivestimenti, pavimenti, manti di copertura.

Componenti e modelli strutturali.

L'arco e la volta in muratura; sue tipologie, suo impiego.

Il modello strutturale delle grandi fabbriche dell'età romanica.

La volta a crociera d'ogiva e il contrafforte ad arco rampante nell'età gotica.

Le cupole e i sistemi complessi e collaboranti dell'età rinascimentale e barocca.

Maestranze e progettisti.

Le compagnie e le consorterie dei maestri medioevali; centro di formazione e linee di diffusione.

Le confraternite dell'età gotica e l'organizzazione dei grandi cantieri tardo-medioevali.

La figura del progettista intellettuale dell'umanesimo.

Architetti imprenditori dell'età barocca.

Accademie e tradizione di cantiere.

Misura ed ordine dello spazio.

La proporzione simbolica medioevale.

La prospettiva e l'ordine classico dell'umanesimo.

La scenografia dinamica dell'età barocca.

Regole, trattati e manuali.

Esercitazioni

Si svolgeranno alcune esemplificazioni pratiche per la rappresentazione degli edifici antichi. Gli allievi edili che seguono l'orientamento di recupero possono iniziare una ricerca su un singolo edificio da concludersi nell'insegnamento di *Tecnica del Restauro*.

Bibliografia

B. Fletcher: *Storia dell'architettura secondo il metodo comparativo*, tr.it., Martello, Milano, 1967.

R. De Fusco: *L'architettura del Cinquecento*, UTET, Torino, 1981.

C. Norberg-Schulz: *Architettura barocca*, Electa, Milano 1979.

STRATEGIA E SISTEMI DI PIANIFICAZIONE

Prof. Umberto BERTELE'

AQ0113

Programma d'esame

Il corso di recente istituzione, che si colloca nei curricula di Ingegneria Gestionale come insegnamento specialistico terminale, si propone una rilettura critica dei principali schemi concettuali ed operativi disponibili - concernenti la strategia e la pianificazione - alla luce delle profonde trasformazioni in atto nel sistema economico-produttivo mondiale e nella sua organizzazione. Con una forte enfasi su alcune tematiche di frontiera, e in particolare su

- la natura sempre più dinamica dell'impresa;
- la crescente complessità e la decrescente prevedibilità;

- le nuove architetture organizzative;
- la rilevanza della dimensione spaziale dei fenomeni derivante dallo sviluppo dei processi di internazionalizzazione.

La trattazione, che guarda complementariamente alla collocazione esterna e all'articolazione interna dell'impresa, unisce considerazioni teoriche e discussioni di casi recenti.

La finalizzazione è duplice, analitico-interpretativa e normativo-progettuale: con un impiego, per ambedue i fini, della nozione di creazione (distruzione) di valore economico come metro - operativo concettuale - per valutare l'impresa, le sue scelte e quelle ad essa relative.

Il corso - strettamente coordinato con Sistemi di controllo di gestione - si articola in tre parti tra loro interagenti.

I. L'ECONOMIA "STRATEGICA" D'IMPRESA. Il problema della sopravvivenza (sparizione) e della crescita (declino) dell'impresa, in relazione alla natura mutevole nel tempo del suo progetto strategico, alle prestazioni correnti e dinamiche dell'organizzazione (anch'essa mutevole) con cui essa si propone di realizzarlo e alla loro compatibilità con le caratteristiche correnti e dinamiche del contesto economico e socio-politico.

II. IL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE "STRATEGICA". I sistemi di pianificazione "strategica" (determinazione e implementazione delle strategie) adottati/adottabili, in modo implicito o formalizzato, dall'impresa. Le loro interdipendenze con le altre componenti del sistema di governo e con l'assetto organizzativo e strutturale complessivo. La loro efficacia ed efficienza nei diversi contesti, più o meno perturbati, in cui l'impresa si trova ad operare.

III. LE AZIONI "STRATEGICHE". Le azioni - considerate singolarmente e differenzialmente (in cotrapposizione con l'approccio integrale delle parti precedenti) - che apportano modifiche significative al progetto e all'organizzazione dell'impresa: l'entrata in una nuova area di business o in una nuova area geo-politica, il lancio di un nuovo prodotto e/o l'introduzione di un nuovo processo, l'acquisizione (cessione) di una unità, la ristrutturazione organizzativa. I criteri operativi di valutazione e gli strumenti di pianificazione dell'implementazione adottabile. Il business plan: potenziale oggetto di progetti specifici svolti dai frequentanti il corso, in relazione a business ideas possibilmente generate dagli stessi.

Libri consigliati

Durante il corso verrà fornito un elenco di letture consigliate.

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA **Prof. Gianfranco DACQUINO**

AA0008

Programma d'esame

1. Elaborazione di immagini in medicina.

- a) Problemi generali.
- b) Sistemi di elaborazione.

2. Termografia.

- a) Richiami sulla propagazione delle onde elettromagnetiche.
 - Teoria della radiazione nera.
 - Leggi fondamentali.
- b) Apparecchiature.
 - Termografo IR - Termografo a microonde.
 - Principi di funzionamento.
 - Detettori.
 - Costruzione e presentazione dell'immagine.
- c) Tecniche di elaborazione.
 - Rappresentazione.
 - Algoritmi per la determinazione di parametri caratteristici.
- d) Esame generale di campi applicativi.
- e) Studio dell'applicazione delle tecniche di indagine termografica in campi clinici specialistici:
 - Ortopedia.

- Cardiologia.
- f) Cenni sulla applicazione delle tecniche di indagine termografica in campo non biologico.
- 3. Ecografia.**
- a) Propagazione delle onde sonore in mezzi biologici.
 - Leggi fondamentali.
- b) Apparecchiature.
 - Principi di funzionamento.
 - Detettori.
 - Costruzione e presentazione dell'immagine.
- c) Tecniche di elaborazione.
 - Rappresentazione.
 - Algoritmi per la determinazione dei parametri caratteristici.
- d) Esame generale di campi applicativi.
- e) Studio dell'applicazione delle tecniche di indagine ecografica in campi clinici specialistici.
 - Medicina interna.
 - Cardiologia.
- f) Ultrasuoni in ambito terapeutico.
- 4. Radiografia.**
- a) Propagazione ed effetti dei raggi X nei tessuti biologici.
- b) Apparecchiature.
 - RX grafia.
 - Amplificatori di brillantezza.
 - TAC.
 - Risonanza Magnetica Nucleare (RMN).
- c) Tecniche di elaborazione dell'immagine X grafica.
 - Rappresentazione e ricostruzione dell'immagine.
 - Elaborazione e filtraggio.
- d) Utilizzazione dei raggi g in ambito terapeutico.
- 5. Laser e relative applicazioni cliniche.**
- Problemi di sicurezza nella strumentazione Laser.

Esercitazioni

Durante l'anno verranno svolte esercitazioni sperimentali intese ad approfondire alcuni argomenti trattati nel corso e verranno effettuate alcune visite guidate a reparti ospedalieri.

Modalità d'esame

L'esame consiste in un colloquio tendente a valutare la preparazione globale raggiunta dall'allievo sui vari argomenti.

Libri consigliati

Dispense del corso CUSL

S. Nudelman, D.D. Patton: Imaging for Medicine Plenum (1980).

Kruse, Mc Glauchlin, Mc Quistan: Elements of Infrared Technology, J. Wiley (1962).

Page: Introduction to Theoretical Physics V. Nostrand (1962).

Lindsay: Mechanical Radiation, McGraw Hill (1960).

Medical Ultrasound IEEE Trans on BME vol. BME 30 N. 8 agosto '83.

Dainty, Shaw Image Science A. Press (1974).

Bertolotti: Masers and Lasers Hilger (1983).

Wells PNT (ed.): Ultrasonics in Clinical Diagnosis Edimburgh: Churchill Livingstone (1977).

Ter Pogossian: The Physics of Diagnostic Radiology Harper (1971).

F. Yu: Optical Information Processing, J.Wiley (1983).

W.K. Pratt: Digital Image Processing, Wiley, N.Y. (1978).

Am. Ass. of Echocardiography: Digital signal and image processing in echocardiography, Progress in Cardiology (1985).

V. Gil, C. Galdes: Ressonancia Magnetica Nuclear, Gulberkian.

STRUMENTAZIONE E MISURE ELETTRONICHE
Prof. Sergio COVA

AG0263

Programma d'esame

- 1. Metodi elettronici di misura ad elevata risoluzione.** Generalità su misure, errori, distribuzioni statistiche. Segnali e rumore: caratterizzazione nei domini del tempo e della frequenza, funzioni di correlazione, spettri di potenza. Filtri a parametri costanti e a parametri variabili nel tempo, azione sul rapporto segnale/rumore (S/N). Gated integrator, boxcar, campionatori. Misure a media di campioni (averaging). Amplificatore lock-in. Filtri per misure su impulsi. Baseline restorer. Filtraggio ottimo, significato e utilità.
- 2. Sensori e rivelatori** con riguardo a: fisica e tecnologia; caratteristiche e parametri elettrici; segnali, contenuto di informazione e prelievo; rumore proprio. Sensori di temperatura: termocoppie, termoresistenze, altri. Sensori di deformazione: estensimetri (strain gauges) resistivi, piezoelettrici. Fotorivelatori a vuoto e a stato solido: fotodiodi, fotomoltiplicatori, fotodiodi a valanga, fotoconduttori, altri dispositivi. Rivelazione analogica e rivelazione digitale (a singoli fotoni).
- 3. Elettronica per front-end di acquisizione a minimo rumore.** Generalità su tecniche per riduzione di rumore e interferenze, scelta di componenti e collegamenti. Preamplificatori da strumentazione. Preamplificatori di carica, di tensione, di corrente. Amplificatori vari (ad isolamento; selettivi; per impulsi). Campionatori (sample-and-hold) e rilevatori di picco. Comutatori e multiplexer analogici.
- 4. Conversione analogico-digitale (ADC) in misure di precisione.** Quantizzazione, linearità integrale e differenziale, rispettiva importanza in misure singole, mediate, di distribuzioni. Profilo di cella di quantizzazione. Caratteristiche dei principali tipi di ADC.
- 5. Applicazioni** in apparati di misura di: forma d'onda di segnali elettrici; distribuzioni di ampiezza di impulsi; forma d'onda e distribuzione spettrale di segnali ottici.

Esercitazioni

Sono dedicate ad illustrare esempi quantitativi e applicazioni relativi ad argomenti del programma e a dimostrazioni di uso di strumenti elettronici.

Testi consigliati

Bussolati: Appunti di strumentazione elettronica - CLUP

Bibliografia per Strumentazione Elettronica, CLUP

Bertolaccini, Cova: Note sui fotorivelatori, CLUP.

Wilmshurst: Signal recovery from noise in electronic instrumentation, A. Hilger -IOP Publishing 2nd edition.

STRUMENTAZIONE ELETTRONICA DI MISURA
Prof. Alessandro FERRERO

AH0101

Programma d'esame

Rumore nelle misure. Processi statistici e parametri atti a descriverli. Processi stazionari: densità spettrale di potenza. Tipi di rumore. Sorgenti di rumore. Accoppiamenti di disturbi e interferenze con i circuiti di misura. Rumore di modo normale. Rumore di modo comune. Definizione di banda di rumore e miglioramento del rapporto segnale/rumore.

Dispositivi per l'elaborazione analogica di segnali. Amplificatori per misura. L'amplificatore operazionale. Parametri caratteristici. Amplificatori per strumentazione. Caratteristiche fondamentali. Principali circuiti di elaborazione analogica: amplificatore, sommatore, derivatore, integratore, rivelatore di picco, adattatore di impedenza, amplificatore a transconduttanza, rivelatore di zero. Amplificatori di isolamento. Filtri analogici. Classificazione. Filtri Butterworth, Chebyshev, Bessel, ellittici, equi-ripple. Schemi circuitali. Filtri a capacità commutate. Circuiti moltiplicatori.

Misuratori elettronici di energia.

Dispositivi per l'elaborazione numerica di segnali. Conversione analogico-numerica. Caratteristica di conversione ideale e reale. Errori di conversione. Circuiti di Sample & Hold. Convertitori ad approssimazioni successive. Convertitori flash. Convertitori ibridi. Convertitori Sigma-Delta. Verifica

dei convertitori. Vettore di Walsh. Parametri di errore.

Oscilloscopi a raggi catodici. - Tubo a raggi catodici, sezione triodica, di deflessione, postaccelerazione. Sensibilità. Limite di banda. Schema a blocchi. Dispositivi a traccia multipla e a base dei tempi multipla. Caratteristiche di impiego.

Oscilloscopi numerici. Trattamento digitale dei segnali. Sistema "digital-storage" e "digitizing". Tubo a raggi catodici per oscilloscopi numerici: sistemi "vector" e "raster". Sistemi a stato solido. Controllo di processo per oscilloscopi digitali. Caratteristiche di impiego.

Contatore elettronico. Componenti del contatore. Predisposizione alle misure di intervallo di tempo, di periodo, di frequenza, di rapporto, generazione di intervalli programmati. Analisi delle incertezze. Caratteristiche di impiego.

Sistemi di acquisizione dati. Microcalcolatori di processo per misure. Schema a blocchi e componenti fondamentali. Multiprocessazione. Sistemi DSP. Schema a blocchi di un sistema di acquisizione dati. Frequenza di campionamento a banda passante. Elaborazione in tempo differito ed in tempo reale.

Misuratori di fase. Tecniche analogiche. Tecniche logiche.

Analizzatori di spettro. Sistemi analogici. Sistemi numerici a FFT.

Ponti di misura automatici.

Esercitazioni

Si terranno esercitazioni sperimentali sull'impiego degli strumenti di misura trattati nel programma.

Modalità d'esame

L'esame consta di domande teoriche e riguarda gli argomenti e le procedure di misura illustrati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.

Libri consigliati

A. Brandolini: Appunti di Strumentazione Elettronica, Dip di Elettrotecnica.

M. Savino: Fondamenti di Scienza delle Misure, Ed. NIS, Roma.

P.F. Manfredi, P. Maranesi, T. Tacchi: L'amplificatore operativo. Boringhieri, Torino.

A. Liberatore, S. Manetti: La progettazione dei filtri elettronici, Edizioni Medicea, Firenze.

STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE CHIMICA

AF0016

Prof. Pio FORZATTI

Programma d'esame

A. Misure: principi e strumentazione.

Classificazione delle variabili di processo in base alla loro natura ed ai segnali di misura. Qualità delle misure. Errori di misura.

Misure di temperatura. Scale di temperatura. Termometri. Termoresistenze. Termistori, Pirometri ottici. Strumenti per misure elettriche in genere e di temperatura in particolare.

Misure di pressione: manometri, misuratori di pressione differenziale.

Misure di portata. Dispositivi di strozzamento: diaframmi, boccagli, venturimetri. Tubi di Pitot. Strumenti speciali per misure di portate.

Misure di livello. Principi di misura e misuratori di livello e di stati di livello.

Misure di composizione chimica. Gas cromatografi di processo. Analizzatori di gas. Tecniche spettroscopiche.

Criteri di scelta della strumentazione.

B. Controllo di processo.

Caratteristiche del sistema di controllo. Comportamento statico e dinamico di un processo chimico. Funzioni di trasferimento e modelli input-output. Analisi del comportamento dinamico di un sistema: sistemi del primo ordine, del secondo ordine e di ordine superiore.

Controllo in retroazione: elementi dell'anello di regolazione. Controllo proporzionale (P), proporzionale + integrale (PI) e proporzionale + integrale + derivativo (PID). Comportamento dinamico dei processi controllati in retroazione: effetti delle azioni di controllo. Stabilità dei sistemi regolati in retroazione.

Progettazione dei controllori in retroazione. Analisi della risposta in frequenza dei sistemi lineari.

Progetto dei controllori in retroazione mediante la tecnica dell'analisi della risposta in frequenza. Sistemi avanzati di controllo: processi con tempo morto, processi con risposta inversa, controllo in cascata, controllo selettivo, controllo in anteazione, controllo in anteazione-retroazione, controllo adattivo e controllo inferenziale. Sistemi di controllo per processi complessi: configurazione di controllo alternative per sistemi multiple input - multiple output, interazione e disaccoppiamento degli anelli di regolazione.

Sistemi di controllo digitali: anello di controllo digitale, acquisizione di segnali continui e loro conversione in valori discreti, risposta dinamica di sistemi discretizzati, progettazione di controllori digitali.

C. Catene di misura e regolazione.

Catena di misura e regolazione pneumatica. Trasmettitori pneumatici: elementi primari di misura, trasduttori meccanici, trasduttore pneumatico, posizionatori, configurazioni e tipi di trasduttori pneumatici. Regolatori pneumatici. Catena di misura e regolazione elettronica. Trasduttori elettrici: trasduttori resistivi, capacitivi e induttivi, altri tipi di trasduttori. Condizionamento dei segnali elettrici: ponti di misura e amplificatori di misura. Configurazione dei trasduttori elettrici e tipi di trasmettitori elettrici. Regolatori elettronici discontinui e continui.

Sistemi di misura e regolazione digitali. Conversione analogica/digitale e digitale/analogica. Controllo digitale centralizzato e distribuito. Sistemi di controllo distribuiti: misure ed attuazioni, regolazione e controllo; supervisione, gestione e programmazione, interfaccia con l'operatore. Comunicazioni digitali: tipi di collegamento, gestione, sicurezza e protocolli di comunicazione.

L'elemento finale di controllo. Valvole di regolazione: caratteristiche costruttive, dimensionamento, meccanica dei fluidi nelle valvole. Valvole di sicurezza.

D. Applicazioni della strumentazione di misura e controllo nell'industria chimica.

Schemi di principio, di processo e di marcia (schemi P & I) e relativa simbologia. Esempi di schemi di processo e di schemi di marcia.

Esempi di strumentazione di misura e controllo per singole unità di impianti chimici: flash, colonne di distillazione, reattori, generatori di vapore, compressori, pompe, serbatoi, scambiatori di calore. Esempi di strumentazione di misura e controllo di impianti con unità interagenti e di impianti completi.

Case history: strumentazione di misura e controllo per un impianto industriale.

Esercitazioni

Le esercitazioni teoriche, pratiche e di laboratorio verteranno su esemplificazioni di schemi di controllo e su funzionamento ed impiego dei componenti delle catene di misura e regolazione.

Libri consigliati

A. Brunelli: Strumentazione di Misura e Controllo nelle Applicazioni Industriali, Voll I, II e III, Ed. GISI (1993).

George Stephanopoulos: Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice, Prentice/Hall International, Inc., New Jersey (1984).

D.M. Considine: Process Instruments and Controls Handbook, 3rd Edition. McGraw-Hill Book Co., New York (1985).

Documentazione tecnica fornita durante il corso.

STRUTTURA DEI MATERIALI MACROMOLECOLARI

AF0030

Prof. Giuseppe TIEGHI

Programma d'esame

Introduzione.

Definizioni e concetti generali; la struttura nei suoi diversi aspetti; relazioni proprietà-struttura; problematiche dell'indagine strutturale e della scienza dei materiali macromolecolari. Il materiale come sistema: elementi componenti e relazioni fra elementi, livelli di risoluzione, sottosistemi; metodologie d'analisi del sistema "materiale". Modelli; livelli di caratterizzazione strutturale; ordine, regolarità e simmetria strutturale.

Molecole e macromolecole - Materiali monomolecolari.

Interazioni fra atomi; molecole e cristalli. Metodologie di studio della struttura delle molecole e macromolecole; fondamenti topologici e geometrici, caratterizzazione e tipologia delle macromolecole polimeriche regolari e non regolari, analisi conformazionale. Materiali a struttura reticolata e loro proprietà tipiche; elastomeri vulcanizzati, resine termoindurite. Metodologie sperimentali di indagine strutturale a livello molecolare; metodi basati sull'interazione fra radiazioni elettromagnetiche e materia: spettroscopia IR, Raman e UV, diffusione della luce, risonanza magnetica nucleare, spettrometria di massa; metodi avanzati.

Aggregati molecolari e macromolecolari - Materiali polimolecolari.

Interazioni fra molecole. Aggregati regolari; cristallinità, materiali cristallini e policristallini. Difetti nelle strutture regolari e conseguenze sulle proprietà; modelli paracristallini; morfologia di cristallizzazione dei polimeri; effetti di trattamenti termici e meccanici, fenomeni di orientamento; fibre e film polimerici. Aggregati parzialmente regolari; mesofasi nematiche e smettiche, cristalli liquidi. Aggregati non regolari; natura dello stato amorfo nei materiali macromolecolari. Materiali monofasici a più componenti. Metodologie sperimentali di indagine strutturale mediante diffusione e diffrazione di raggi X a basso ed alto angolo, diffrazione di neutroni ed elettroni, microscopia elettronica, metodi avanzati.

Materiali macromolecolari polifasici e compositi.

Componenti, fasi e domini. Materiali polimerici polifasici e compositi: da miscelazione, da interpenetrazione, da copolimerizzazione a blocchi e ad innesto; elastometri e plastomeri rinforzati con particelle e fibre, polimeri a struttura cellulare, materiali porosi impregnati con polimeri; materiali macrocompositi. Influenza delle caratteristiche strutturali sulle proprietà. Metodologie sperimentali di indagine strutturale.

Esercitazioni

Consistono in approfondimenti relativi a metodi di caratterizzazione strutturale, comprendenti dimostrazioni e visite presso laboratori specializzati nel campo.

Libri consigliati

Conviene seguire gli appunti presi durante le lezioni. Saranno messi a disposizione appunti sintetici sui principali argomenti trattati nel corso. Per approfondimento si consigliano i seguenti testi (disponibili presso la biblioteca dell'Istituto di Chimica Industriale):

Z.D. Jastrzebski: The Nature and Properties of Engineering Materials, J. Wiley, 1976

J. Schultz: Polymer Materials Science, Prentice-Hall, 1974

F. Danusso: Chimica Macromolecolare (Appendice II), CLUP, 1980

R. Ugo: Analisi Chimica Strumentale, Guadagni, 1972

M. Kakudo, N. Kasai: X-Ray Diffraction by Polymers, Kodansha, 1972.

STRUTTURE E MATERIALI AEROSPAZIALI **Prof. Vittorio GIAVOTTO**

AL0113

Programma d'esame

- 1 - Le strutture aerospaziali.** Descrizione delle tipologie fondamentali dei velivoli ad ala fissa, degli elicotteri e dei mezzi spaziali - Soluzioni strutturali e problematiche principali - Tendenze nella scelta dei materiali - Giunzioni - Ruolo dell'analisi e delle prove strutturali - Criteri di sicurezza strutturale.
- 2 - Fondamenti di meccanica dei solidi.** Richiami di calcolo tensoriale - Spostamenti finiti: tensori di Green e di Kirchhoff - Lavoro di deformazione - Principio dei lavori virtuali - Equazioni di equilibrio - Modelli costitutivi - Modelli elastici, lineari isotropi ed anisotropi - Materiali compositi - Criteri di resistenza.
- 3 - Il metodo degli elementi finiti.** Generalità sui metodi approssimati diretti - Il metodo di Ritz - Il metodo degli elementi finiti come applicazione speciale del metodo di Ritz - Elementi, funzioni interpolanti, costruzione della matrice di massa e di rigidezza - Vincoli e carichi - Procedimenti di soluzione per la determinazione della configurazione di equilibrio statico, dei modi propri di vibrare, e dei carichi critici - Procedimenti a sottostrutture - Criteri di scelta dello schema: tipo e dimensione degli elementi.

- 4 - **Teoria delle travi.** Equazioni di equilibrio per gli sforzi in un solido prismatico caricato sulle sezioni estreme - Sforzi tangenziali - Formulazione generale del calcolo degli sforzi sezione col metodo degli spostamenti - Teoria della trave anisotropa ed eterogenea - Determinazione delle rigidità e della linea elastica - Richiami sui procedimenti per l'analisi di strutture a telaio.
- 5 - **Teoria della trave a semiguscio.** Ipotesi fondamentali - Schematizzazione a semiguscio di travi aeronautiche reali - Ruolo dei vari elementi strutturali - Calcolo dei flussi di taglio - Rigidezza torsionale e centro di taglio - Sezioni molteplici connesse - Calcolo dei diaframmi - Ingobbamenti - Soluzione col metodo degli spostamenti - Grandi aperture - Shear-lag ed altri problemi di estremità - Effetto della rastremazione - Determinazione degli sforzi nelle giunzioni.
- 6 - **Teoria dei pannelli.** Formulazione della teoria dei pannelli sottili piani e curvi con spostamenti trasversali finiti - Equazioni di equilibrio e principi variazionali - Pannelli isotropi ed anisotropi - Impiego di modelli continui anisotropi per l'analisi di pannelli irrigiditi - Effetto delle deformazioni trasversali.
- 7 - **Instabilità di elementi sottili.** Cenni alla instabilità di travi e di strutture a telaio - Instabilità linearizzata di pannelli piani e curvi - Trattazione analitica e fenomenologia sperimentale - Impiego degli abaci e del metodo degli elementi finiti - Effetto delle imperfezioni sul carico critico dei pannelli curvi - Procedimenti per la determinazione dei carichi critici effettivi - Il metodo di Koiter - Instabilità locale di travi a parete sottile - Instabilità e collasso di pannelli irrigiditi - Pannelli a sandwich - Pannelli lavoranti oltre il carico critico - La trave di Wagner - Il campo di tensione diagonale incompleta.
- 8 - **Verifica di resistenza dei dettagli.** Verifica delle giunzioni - Giunzioni rivettate ed incollate - Collegamenti ad occhio - Analisi delle catene di comando: resistenza degli elementi, interfaccia con la struttura, rigidità della catena.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono principalmente nello svolgimento di esercizi del tipo di quelli proposti nella prova scritta d'esame. Saranno svolte anche alcune esercitazioni sperimentali.

Modalità d'esame

L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta seguita da un colloquio. A scelta dello studente la prova scritta può essere sostituita da un colloquio di maggiore ampiezza.

Libri consigliati

Dispense editate dalla CLUP - Durante il corso verranno consigliati i testi consultabili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale, per l'approfondimento degli argomenti specifici.

STRUTTURE PREFABBRICATE

AN0102

Prof. Mario CATANIA

Programma d'esame

1. **Introduzione.** - Concetto di industrializzazione della costruzione e i suoi problemi. Prefabbricazione leggera e pesante.
2. **Generalità sulle strutture prefabbricate.** - Problemi generali di progettazione delle strutture prefabbricate in relazione alle fasi di produzione, trasporto, montaggio, esercizio.
3. **Criteri di ottimizzazione delle strutture prefabbricate.** - Problema del minimo costo. Problemi di minimo peso per il progetto di strutture prefabbricate. L'impiego della sperimentazione su strutture in vera grandezza e su modelli per l'ottimizzazione delle strutture prefabbricate.
4. **Strutture a pannelli portanti.** - Tipologia. Fondamenti delle strutture prefabbricate a pannelli. Schemi statici: comportamento globale e verifiche locali. Giunti: tipologia, calcolo: carichi, eccentricità. Pannelli portanti orizzontali: tipologia e calcolo. Pannelli portanti verticali: tipologia e calcolo. Problemi di controvento: controventi di montaggio, tipologia e calcolo; controventi di esercizio, tipologia e calcolo.
5. **Strutture scatolari e ad elementi tridimensionali.** - Tipologia e calcolo. Strutture a box portante in c.a. Strutture ad ossatura portante con box abitativi leggeri. Cenni sulle macrostrutture con box o caravanings.

6. **Strutture ad ossatura portante.** - Giunti orizzontali e verticali (schemi statici piani e spaziali). Edifici multipiano: tipologia e procedimenti costruttivi, schemi statici e loro calcolo, carico critico o di collasso di alcuni schemi particolari, il collasso incrementale. Problemi di controvento: controventi di montaggio, controventi di esercizio, verifica dei pannelli di facciata, verifica delle pareti di tamponamento. Edifici industriali: tipologia e procedimenti costruttivi, elementi di appoggio, problemi di schema; strutture di copertura: criteri di scelta, elementi di copertura piana a trave, tipologia e calcolo; coperture con tegoli, calcolo degli sforzi secondari; travature reticolari, tipologia, calcolo degli sforzi secondari, stabilità dell'equilibrio elastico in fase di sollevamento e montaggio. Archi: generalità e schemi statici, calcolo degli archi prefabbricati, stabilità dell'equilibrio elastico degli archi; la voltina trave, generalità e schemi statici, calcolo; verifiche statiche in fase di trasporto, montaggio e smontaggio e problemi di controvento negli edifici industriali: generalità, stabilità laterale delle travi alte prefabbricate in c.a. e c.a.p., pericoli di labilità delle strutture prefabbricate (errori di schema), effetto delle azioni laterali, calcolo delle controventature (a parete o reticolari); fondazioni ed infrastrutture: fondazioni prefabbricate, problemi relativi alle fondazioni eseguite in opera, scale, elementi vari (vani ascensori, etc.).
7. **Calcolo di travi per impieghi speciali.**
8. **Collaudo ed indagini sperimentali delle strutture prefabbricate.**
9. **Cenni sulle strutture prefabbricate in legno**, con particolare riguardo alle strutture lamellari (Leimholz).

Esercitazioni

Gli studenti saranno divisi in gruppi, ed ogni gruppo dovrà svolgere delle esercitazioni relative alla progettazione di una costruzione con elementi prefabbricati.

Libri consigliati

Menditto G., Statica delle strutture prefabbricate (vol. unico), ed. CLUP, Milano, 1980.

M. Catania, G.M. Cocchi: La stabilità nelle travi prefabbricate, ITEC Editrice, Milano, 1984.

Lewicki B., Progettazione di edifici multipiano industrializzati, già ITEC Editrice (distribuito da De Lettera ed., Milano).

Norme CNR UNI 10025/85.

Per gli argomenti e le nozioni costruttive non contenute nel testo, verranno forniti a cura del docente gli appunti del corso e le relative indicazioni durante le lezioni.

TECNICA DEL CONTROLLO AMBIENTALE (*termofisica degli edifici, acustica ed illuminotecnica*) **Prof. Giovanni DE GIORGIO**

AK0116

Programma d'esame

1. TERMOFISICA DEGLI EDIFICI.

- a) Condizioni climatiche esterne, parametri caratteristici.
- b) Comfort termico, fattori rilevanti, indici di comfort, temperatura efficace.
- c) Scambi termici attraverso l'involucro edilizio, generalità conduzione, convezione, irraggiamento, proprietà, termofisiche, modalità di scambio in componenti edilizi opachi e trasparenti, stato stazionario, variabile e periodico, metodologie di analisi dello scambio termico, esempi di applicazione del metodo dell'ammittenza, ventilazione naturale e forzata.
- d) Trasporto del vapore, problemi termoigrometrici nelle strutture edilizie.
- e) Metodi per il controllo climatico interno legati alla progettazione edilizia, gli impianti meccanici di climatizzazione, cenni sulle interazioni edificio-impianto.
- f) Aspetti energetici del controllo climatico degli edifici, modelli, normativa.
- g) Apparecchiature e misure termotecniche

2. ACUSTICA.

- a) Principi generali, onde sonore, frequenza, intensità e potenza, sensibilità auditiva, effetto del rumore, propagazione del suono, riflessione, assorbimento, interazione con i componenti edilizi.
- b) Il suono in spazi contenuti, riverberazione, tempo ottimo di riverberazione, correzione acustica, livello sonoro in un punto qualunque di un locale.

c) Isolamento acustico, metodologie e tecniche progettuali per il controllo del rumore, riduzione alla fonte, materiali isolanti, casi significativi per l'edilizia.

d) Apparecchiature e misure acustiche.

3. ILLUMINOTECNICA.

a) Principi generali, natura della luce, quantità fotometriche, trasmissione, riflessione, efficienza visiva, aspetti quantitativi e qualitativi dell'illuminazione.

b) Luce naturale, clima e luce, fonti di luce, fattore di illuminazione, aspetti progettuali, verifica dell'illuminazione naturale di un ambiente, modelli per l'illuminazione di interni,

c) Luce artificiale, tecnologie e tipologie, modelli, aspetti energetici dell'illuminazione artificiale.

d) Apparecchiature e misure fotometriche.

4. QUALITÀ DELL'ARIA.

a) Presentazione delle problematiche

b) Campi di variabilità delle grandezze che definiscono la qualità

c) Indici di qualità

d) Apparecchi di misura e controllo

Libri di testo

Appunti del docente.

TECNICA DEL RESTAURO

Prof. Lucio FRANCHINI

AJ0003

Programma d'esame

Il corso si propone di dare agli allievi di ingegneria civile i fondamenti culturali e tecnici per operare in modo avvertito nei casi di intervento su preesistenze architettoniche. A questo scopo saranno condotte analisi volte ad acquisire la capacità di distinguere i caratteri di diverse esperienze edilizie e i vari mutamenti avvenuti nel tempo. Saranno date nozioni volte a consentire all'allievo di applicare criticamente nel campo dell'edilizia storica e tradizionale il bagaglio di conoscenze tecnologiche e scientifiche complessivamente assimilate nello svolgimento dell'indirizzo universitario.

Le tematiche generali del corso si possono così riassumere:

Analisi della nozione di "restauro" e suoi sviluppi; interventi attuati nelle varie epoche e loro interpretazione in rapporto ai rispettivi fondamenti culturali, teorici e tecnici. Proposte e realizzazioni dalla fine del XVIII secolo al XIX in Europa.

Il restauro scientifico, dalla conferenza di Atene alle problematiche successive. Il restauro "critico" e la "carta di Venezia" del 1964. Le tendenze attuali in rapporto all'estensione della nozione stessa di restauro, dall'edificio singolo all'ambiente storico urbano e territoriale. Inserimenti nuovi in tessuti preesistenti. La legislazione.

Necessità e significato del rilievo grafico e fotografico come momento fondamentale dell'approccio analitico e quale premessa alle proposte operative. Tipologie edilizie e costruttive e murarie, uso dei materiali, loro datazione. Esempificazioni di intervento.

Materiali dell'edilizia tradizionale e loro comportamento strutturale. Tipologie costruttive ricorrenti e loro schematizzazione. Il rilievo in funzione dell'analisi strutturale degli edifici antichi. Introduzione all'analisi dei dissesti. Opere provvisorie. Cenni sui metodi di consolidamento. Problemi di durabilità, degrado e protezione dei materiali. Problemi di abitabilità nella riutilizzazione degli edifici antichi.

Esercitazioni e Modalità d'esame

Le esercitazioni consisteranno nell'analisi approfondita di un caso concordato con singoli studenti o piccoli gruppi.

Esse condurranno ad un elaborato in cui potranno essere sviluppate in modo applicativo le tematiche del corso e che costituirà parte integrante della materia d'esame.

Libri consigliati

1. A. Bellini: Il restauro architettonico, in La difesa del patrimonio artistico, Oscar Mondadori, Milano, 1978

2. AA.VV.: Tecnologie per la conservazione, F. Angeli, Milano, 1986
3. C. Feiffer: Il progetto di conservazione, F. Angeli, Milano, 1989
4. Dispense del corso riguardanti l'intero programma
5. G. Carbonara: Restauro dei monumenti guida agli elaborati grafici, Liguori, Napoli 1990.

Ulteriori indicazioni bibliografiche saranno fornite durante le lezioni e le esercitazioni.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

AN0030

(per allievi di Ingegneria Ambientale, Chimica e Nucleare)

Prof.ssa Paola RONCA

Programma d'esame

1. Dimensionamento di strutture industriali (elementi monodimensionali).

- 1.1** Analisi statica, dinamica e di instabilità delle strutture a telaio.
Metodo delle forze e metodo degli spostamenti: loro fondamento nei teoremi energetici.
- 1.2** Strutture in acciaio
Proporzionamento degli elementi resistenti; collegamenti chiodati, bullonati, saldati, la composizione strutturale.
- 1.3** Strutture in calcestruzzo armato
Proprietà meccaniche del calcestruzzo e suo comportamento reologico; meccanica della frattura nei conglomerati; dimensionamento degli elementi strutturali; particolari costruttivi; cenni sulla precompressione.
- 1.4** Terreni e fondazioni
Proprietà meccaniche dei terreni, tipi di fondazione e loro caratteristiche; criteri di dimensionamento.
- 2. Verifica degli impianti (elementi bidimensionali).**
- 2.1** Piastre inflesse
Schematizzazione secondo Kirchoff; equazione di Lagrange-Germain; soluzioni esatte per piastre circolari; soluzioni di Navier per piastre rettangolari.
- 2.2** Gusci di rivoluzione
Teoria membranale; condizioni al contorno; serbatoi in pressione di gas; serbatoi per liquidi.
- 2.3** Gusci cilindrici
Equazioni dei tubi cilindrici; effetti di bordo; serbatoi ad asse verticale: sollecitazioni di origine termica nei tubi.
- 2.4** Problemi particolari
Giunzioni, flange, supporti.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni applicative sui singoli argomenti.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Belluzzi O., Scienza delle Costruzioni, ed. Zanichelli, Bologna.
Cedolin L., Elementi di Analisi Strutturale, Quaderni del Corso di Perfezionamento per le Costruzioni in Cemento Armato, ed. Tamburini, Milano, 1975.
Finzi L., Nova E., Elementi Strutturali, ed. Italsider (Collana Tecnico-Scientifica)
Copia di tali testi sono a disposizione degli Allievi presso la biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Strutturale.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI
(per allievi di Ingegneria Elettrotecnica)
Prof.ssa Paola RONCA

AN0032

Programma d'esame

1. **Le strutture piane e spaziali di travi.** - Analisi elastostatica. Formulazione matriciale della soluzione secondo il metodo delle forze ed il metodo degli spostamenti. Cenno ai modelli discreti di strutture continue e agli algoritmi di risoluzione mediante calcolatore numerico. Analisi elastoplastica. Idealizzazione elastoplastica del comportamento estensionale e flessionale. Determinazione del carico di rottura mediante i metodi passo passo, statico, cinematico. Analisi della stabilità dell'equilibrio. Criteri di stabilità. Comportamento delle aste pressoinflesse e dei sistemi di travi. Analisi dinamica. Vibrazioni flessionali delle travi e dei sistemi di travi. Approssimazione a masse concentrate. Risposta alle azioni sismiche.
2. **Tipologie strutturali.** - Calcolo cosiddetto "elastico" ed a rottura delle sezioni in calcestruzzo armato. Tipologia degli elementi strutturali. Tipologia degli elementi strutturali in acciaio. Progetto e verifica delle connessioni fra elementi strutturali. Progetto e verifica di membrature tese, compresse e inflesse.
3. **Applicazioni: linee aeree per il trasporto di energia elettrica.** - Statica e dinamica delle funi. Funi impiegate come stralli. Progetto e verifica delle linee aeree esterne. Ipotesi di carico e norme ufficiali. Effetto del vento. Instabilità aerodinamica. Smorzatori di vibrazione. Torri di sostegno: tipologia e ipotesi di carico. Elementi di fondazione.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni applicative sui singoli argomenti.

Libri consigliati

Per la parte 1.: L. Cedolin: Elementi di Analisi Strutturale, ed. Tamburini.

Per la parte 2.: M. Caironi: Teoria e Tecnica delle Costruzioni: Calcestruzzo Armato, ed. La Viscontea.

Finzi-Nova: Elementi strutturali in acciaio, ed. Italsider.

Per la parte 3.: Appunti a cura del docente.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI
(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)
Proff. Mario CAIRONI, Sergio TATTONI

AN0034

Programma d'esame

1. **LA STATICA DEI SISTEMI DI TRAVI.**
 - 1.1. **La linea elastica.** La linea elastica per travi rettilinee caricate trasversalmente. Applicazioni al calcolo di spostamenti e rotazioni.
 - 1.2. **Il metodo delle forze.** Le equazioni di congruenza. Applicazioni al calcolo dei telai piani. Impostazione matriciale del metodo.
 - 1.3. **Il metodo degli spostamenti.** Le equazioni di equilibrio. Applicazioni al calcolo dei telai piani. Impostazione matriciale del metodo.
 - 1.4. **I metodi di rilassamento.** Il metodo di Cross modificato con autoeliminazione degli errori.
 - 1.5. **Le linee d'influenza.** I carichi e le distorsioni nelle strutture a molte iperstatiche; le funzioni derivate delle linee d'influenza.
 - 1.6. **Introduzione agli elementi finiti.** Le funzioni di forma per l'elemento triangolare piano, rettangolare, per piastra e tubi. Cenni all'uso dei programmi di analisi strutturale.
2. **L'INSTABILITA' DEI SISTEMI DI TRAVI.**
 - 2.1. **La trave rettilinea sottoposta a carico assiale nella teoria del II ordine.** Equazione differenziale della linea elastica. Calcolo di spostamenti e rotazioni.
 - 2.2. **L'instabilità dei telai piani.** I coefficienti d'influenza, il concetto di moltiplicatore critico dei carichi. Applicazioni al calcolo dei carichi critici di travi continue e telai semplici. La localizzazione degli autovalori.

- 2.3 **La verifica all'instabilità.** Snellezza, instabilità oltre il campo elastico, il metodo Ω .
- 2.4 **L'influenza del taglio sull'instabilità delle aste composte.** La snellezza ideale, il taglio fittizio, verifica dei collegamenti trasversali.
- 2.5 **La pressoflessione con carico di punta.** I diagrammi di interazione.
- 2.6 **Impostazione matriciale dei problemi di instabilità.** La trave sollecitata assialmente come "elemento finito", la matrice elastica e la matrice geometrica. Applicazioni al calcolo di carichi critici di telai semplici.
- 2.7 **Metodi approssimati.** Stodola, Vianello, il metodo P-D.
3. **LA DINAMICA DEI SISTEMI DI TRAVI.**
- 3.1 **La trave rettilinea in campo dinamico.** L'equazione differenziale, caso di vibrazioni stazionarie in fase.
- 3.2 **Calcolo di spostamenti e rotazioni per eccitazione armonica.** I coefficienti d'influenza nel metodo delle forze e nel metodo degli spostamenti.
- 3.3 **La risposta di sistemi di travi o telai a eccitazioni armoniche.** Calcolo delle frequenze proprie, localizzazione degli autovalori.
- 3.4 **La trave vibrante come "elemento finito".** La matrice delle masse, cenni all'uso dei programmi.
4. **PLASTICITA'.**
- 4.1 **Generalità.** Il legame elastico-plastico. Duttilità. Plasticizzazione della sezione. Cerniera plastica.
- 4.2 **La plasticità nella struttura.** Il meccanismo di collasso, i teoremi del limite superiore ed inferiore. Applicazioni al calcolo strutturale (telai piani). Osservazioni sui limiti di applicabilità della teoria.
5. **ELEMENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO.**
- 5.1 **Generalità.** Caratteristiche dei materiali. Analisi dei carichi. Calcolo delle sollecitazioni. Criteri di verifica. Normativa.
- 5.2 **Collegamenti.** Unioni di forza ed unioni correnti. Collegamenti chiodati, bullonati, saldati.
- 5.3 **Il pilastro.** Semplice, composto, fondazione.
- 5.4 **La trave reticolare.** Azioni interne, conformazione dei nodi. Cenni al calcolo degli sforzi secondari.
- 5.5 **La trave a parete piena.** Ipotesi di trave ideale. Instabilità flesso-torsionale. Imbozzamento. Disposizioni costruttive.
6. **ELEMENTI STRUTTURALI IN CALCESTRUZZO ARMATO.**
- 6.1 **Generalità.** Caratteristiche dei materiali. Analisi dei carichi. Criteri di verifica (sollecitazioni e stati limite). Normativa.
- 6.2 **Il pilastro compresso semplice e cerchiato.**
- 6.3 **La trave.** Progetto, verifica della sezione inflessa a semplice e doppia armatura. Progetto e verifica per taglio. Disposizione dell'armatura.
- 6.4 **La trave presso- e tenso-inflessa.**
- 6.5 **Verifica di sezioni diverse dalla rettangolare.** Metodi grafici e numerici.
- 6.6 **Particolari costruttivi.**
7. **PROBLEMI PARTICOLARI.**
- 7.1 **La trave su suolo elastico.**
- 7.2 **La piastra piana.** Equazione differenziale. Soluzione per la piastra rettangolare appoggiata. Frequenze proprie.
8. **TIPOLOGIE STRUTTURALI PIU' FREQUENTI.**
Il capannone industriale. L'ossatura per edifici civili. Fondazioni ed opere controterra (cenni). Le strutture speciali: le strutture off-shore e marine. Le strutture in legno.

N.B. Gli argomenti riportati in *corsivo* saranno prevalentemente oggetto di esercitazioni numeriche. In particolare gli argomenti indicati al punto 8 potranno essere oggetto di progetti o tesi di laurea.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta non eliminatória e di una prova orale da sostenere entro sei mesi da quella scritta. Nel corso delle esercitazioni verranno assegnati agli allievi temi di carattere costruttivo che, se svolti correttamente, potranno essere sostitutivi della prova scritta e costituire oggetto di discussione orale.

L'esame orale consiste nella discussione della prova scritta e inoltre in: una domanda concernente le strutture in acciaio; una domanda sulle strutture in acciaio, una domanda sulle strutture in c.a., una domanda su argomenti quali instabilità, vibrazioni, elementi strutturali vari, impostazione matriciale nella statica, instabilità, dinamica, elementi finiti, trave su suolo elastico, piastre.

Libri consigliati

M. Caironi: Teoria e Tecnica delle Costruzioni (cap. 0, 1, 2, 3, 4), Ed. CLUP - CittàStudi, Milano.

M. Caironi: Tecnica delle Costruzioni: Esercitazioni, Ed. CLUP-CittàStudi, Milano.

M. Caironi, S. Tattoni: Esercitazioni di Tecnica delle Costruzioni, Ed. Masson Italia, Milano.

S. Tattoni: Unioni nelle strutture metalliche, dispense presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

AN0044

(per allievi Civili: Indirizzo Strutture)

Prof. Luigi CEDOLIN

Programma d'esame

- 1. Problemi particolari delle travi.** La trave su appoggio elastico. I graticci di travi. Travi in parete sottile a profilo aperto e chiuso: torsione uniforme e non uniforme. Travi a cassone soggette a flessione e torsione. Effetti dei diaframmi. Problemi di diffusione del carico in lamiera con correnti.
- 2. Strutture piane di travi.** Soluzione con il metodo delle forze e degli spostamenti. Diagrammi qualitativi delle azioni interne. Linee di influenza per forze e distorsioni.
- 3. Strutture bidimensionali.** Lastre piane caricate da forze agenti nel piano medio. Trave parete. Mensola tozza. Larghezza collaborante. Piastre piane sottili caricate normalmente al piano medio. Soluzione per la piastra circolare sotto carichi assialsimmetrici. Soluzioni approssimate per piastre rettangolari. Diagrammi qualitativi delle azioni interne. Lastre curve di piccolo spessore. Teoria membranale. Fondamentali della teoria flessionale e applicazione alle lastre cilindriche circolari e alle cupole sferiche. Calcolo dei coefficienti di influenza per azioni applicate ai bordi.
- 4. Fondamenti delle strutture in acciaio.** Caratteristiche meccaniche degli acciai da carpenteria. Prove di trazione, urto e fatica. Unioni saldate e bullonate. Elementi strutturali tesi e inflessi. Elementi strutturali compressi. Effetto delle autotensioni termiche nei riguardi della stabilità. Metodi di verifica per aste composte. Irrigidimento delle travi alte.
- 5. Fondamenti delle strutture in cemento armato.** Il comportamento meccanico del calcestruzzo. Criteri probabilistici di valutazione delle caratteristiche meccaniche. Leggi costitutive per stadi di tensione monoassiale, biassiale e triassiale. Problemi di fatica. Modelli reologici per la rappresentazione del comportamento viscoso sotto cariche di lunga durata. Funzioni di viscosità e rilassamento. Integrale di sovrapposizione. Metodi algebrizzati. Analisi elastoviscosa delle strutture. Effetti del ritiro e della temperatura. Aderenza tra acciaio e calcestruzzo. Fessurazione e modellazione dei processi di frattura. Introduzione al calcolo non lineare. Elementi strutturali in cemento armato. Regime tensionale in sezioni compresse, inflesse e pressoinflesse. Domini di esercizio e di rottura. Modelli di calcolo per travi soggette a flessione e taglio e a torsione. Instabilità dei pilastri. Problemi delle strutture miste in acciaio-calcestruzzo. Cemento armato precompresso. Definizione dello stato di coazione, sia monoassiale sia biassiale. Metodi di precompressione. Perdite di tensione istantanee e differite. Sezioni inflesse. Punti limite e momento utile. Verifica a taglio, fessurazione e rottura. Disposizione dei cavi di precompressione. Fuso del cavo risultante. Sistema equivalente alla precompressione. La precompressione di travi iperstatiche.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in una parte dedicata allo sviluppo in senso applicativo dei metodi illustrati a lezione, ed in una parte dedicata alla illustrazione di esempi di calcolo, che lo studente dovrà effettuare consegnando il relativo elaborato. Alcune esercitazioni saranno dedicate al controllo della preparazione durante il corso (prove scritte, di validità annuale, se l'esito è positivo).

Modalità d'esame

Per essere ammessi all'esame orale è necessario aver superato le prove scritte in corso d'anno oppure una apposita prova scritta che ha validità per la sessione di esame in cui viene superata. Occorre anche presentare gli elaborati.

Libri consigliati

Parte 1 - L. Corradi dell'Acqua: Meccanica delle strutture Vol.II, Mc Graw-Hill, Italia, 1993.

J.T. Oden, E.A. Ripperger: Mechanics of Elastic Structures, Mc Graw-Hill, New York, 1980

Parte 2 - L. Cedolin: Elementi di Analisi Strutturale, Tamburini, Milano, 1973.

Parte 3 - S.P. Timoshenko: Theory of Plates and Shells, MacGraw-Hill, New York, 1970.

Parte 4 - E.F. Radogna: Tecnica delle Costruzioni: Fondamenti delle Costruzioni in Acciaio, ESA, Milano, 1989.

Parte 5 - E.F. Radogna: Tecnica delle Costruzioni: Costruzioni in Cemento Armato, ESA, Milano, 1991.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI**AN0045**

(per gli allievi di Ingegneria Edile)

Prof. Giandomenico TONIOLO*Programma d'esame***1. IL CALCOLO STRUTTURALE.**

- 1.1. **Criteri di sicurezza strutturale:** interpretazione statistica della sicurezza, metodi di verifica, applicazione del metodo semiprobabilistico, la normativa tecnica sulle costruzioni.
- 1.2. **Il metodo delle forze:** le deformazioni flessionali delle travi, le equazioni di congruenza, applicazione del metodo alle travi continue.
- 1.3. **Il metodo degli spostamenti:** impostazione generale del metodo, le equazioni di equilibrio, telai a nodi fissi, telai a piani spostabili, telai a nodi spostabili generici.

1.4. **Teoria del second'ordine:** analisi del second'ordine della trave inflessa, applicazioni con il metodo delle forze, applicazioni con il metodo degli spostamenti, calcolo di instabilità dei telai.

2. ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO E PRECOMPRESSO.

- 2.1. **Caratteristiche dei materiali:** proprietà dei calcestruzzi, ipotesi di rottura, viscosità e effetti strutturali, caratteristiche delle armature, aderenza e comportamento delle sezioni in c.a., durabilità.
 - 2.2. **Sforzo assiale centrato:** i pilastri staffati e cerchiati, effetti di ritiro e viscosità, tiranti in c.a., distanze e ampiezze di fessurazione.
 - 2.3. **Momento flettente:** calcolo elastico e a rottura della sezione, flessione deviata, fessurazione flessionale delle travi, diagrammi momenti/curvature e deformazioni flessionali della travi.
 - 2.4. **Sforzo assiale eccentrico:** calcolo elastico e a rottura delle sezioni, diagrammi di interazione M/N, presso e tensoflessione deviate, comportamento deformativo, instabilità dei pilastri in c.a.
 - 2.5. **Sforzo di taglio:** comportamento al taglio delle travi in c.a., modelli di calcolo per le travi, resistenza delle travi non armate al taglio e delle travi armate al taglio, criteri d'armatura delle travi.
 - 2.6. **Momento torcente:** richiami sulla torsione uniforme, modello per i calcoli di resistenza, problemi di interazione, le deformazioni torsionali delle travi.
 - 2.7. **Elementi strutturali per fondazioni:** fondazioni isolate, fondazioni su pali, travi rovescie di fondazione, sistemi complessi, muri di sostegno.
 - 2.8. **Le travi in precompresso:** sistemi di precompressione, aspetti tecnologici, le perdite di tensione, il tracciato dei cavi, le travi iperstatiche, problemi di diffusione.
- 3. ELEMENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO.**
- 3.1. **Caratteristiche degli acciai da costruzione:** prodotti siderurgici per le costruzioni, ipotesi di plasticizzazione, fragilità, saldabilità e fatica, criteri del calcolo plastico a rottura.
 - 3.2. **I collegamenti degli elementi in acciaio:** unioni bullonate, unioni saldate, esempi tipologici di unioni interne ed esterne.
 - 3.3. **Calcolo delle sezioni:** richiami sul calcolo elastico, calcolo plastico della sezione, comportamento elastoplastico delle travi.

- 3.4. Instabilità delle aste compresse:** instabilità elastoplastica, aste pressoinflesse, influenza della deformazione per taglio, instabilità dei pilastri composti.
- 3.5. Altri problemi di instabilità:** la trave in flessotorsione, verifiche di instabilità delle travi, imbozzamento instabile delle lamiere.
- 3.6. Le travi miste acciaio/calcestruzzo:** verifiche flessionali della sezione composta, effetti del ritiro e della viscosità del calcestruzzo, sforzo discontinuo e calcolo connettori.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni applicative sui singoli argomenti.

Modalità d'esame

Per essere ammessi all'esame orale è necessario aver superato una prova scritta secondo le modalità che verranno espone all'albo del Dipartimento.

Libri consigliati

- G. Toniolo: Calcolo strutturale: i telai, Masson;
 G. Toniolo: Cemento armato: calcolo agli stati limite, Masson;
 G. Toniolo: Elementi strutturali in acciaio, Masson;
 C. Cestelli Guidi: Cemento armato precompresso, Hoepli;
 P.M. Ferguson: Reinforced concrete fundamentals, John Wiley;
 G. Ballio, F.M. Mazzolani: Strutture in acciaio, ISEDI-Mondadori;
 W. McGuire: Steel structures, Prentice-Hall;
 P. Pozzati: Teoria e tecnica delle strutture, (voll. I e II), Unione Tip. Ed. Torinese;
 E. Giangreco: Teoria e tecnica delle costruzioni, Liguori.
 E.F. Radogna: Tecnica delle costruzioni, (Voll. I e II), Masson.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

AN0045

(per gli allievi di Ingegneria Civile - Indirizzi Geotecnica, Idraulica e Trasporti)

Prof. Pietro GAMBAROVA

Programma d'esame

- 1. Elementi monodimensionali e loro sistemi** - Il calcolo elastico delle travi continue e dei sistemi di travi e pilastri (telai piani e spaziali) con i metodi delle forze e degli spostamenti. La trave su appoggio elastico continuo incoerente. I graticci di travi. Cenni al calcolo a rottura ed alla redistribuzione delle azioni interne.
- 2. Elementi bidimensionali piani: le lastre piane e le piastre.**
 - 2.1 Le lastre piane:** risoluzione in campo elastico degli stati tensionali piani con la funzione delle tensioni; le travi alte; le mensole tozze; il problema della diffusione dei carichi.
 - 2.2 Le piastre:** la teoria di Lagrange-Germain per piastre sottili rettangolari e circolari, in presenza di carichi trasversali; le condizioni al contorno; le soluzioni di Navier e Levy; gli effetti dei carichi agenti nel piano medio; *le piastre oblique: problemi di spigolo ed azioni flettenti principali.
- 3. Elementi bidimensionali curvi (gusci)** - Fondamenti della teoria membranale e flessionale. Gusci cilindrici (tubi e serbatoi) e gusci di rivoluzione. Voltine a botte: condizioni al contorno ed effetti flessionali di bordo.
- 4. Elementi prismatici in parete sottile** - Travi con sezione a profilo aperto: teoria elementare (sezioni piane) e teoria di Vlasov (sezioni ingobbate). *Travi con sezione cava mono- e pluriconnessa in presenza di taglio e torsione.
- 5. Verifiche di stabilità dell'equilibrio** - Elementi monodimensionali caricati di punta: instabilità nel caso di materiale elasto-incrudente; instabilità flessotorsionale. Elementi bidimensionali piani: instabilità della lastra sottile caricata nel piano medio. Travi in parete sottile con sezione a profilo aperto: instabilità flessotorsionale. *Cenni all'instabilità dei gusci cilindrici. Il metodo ~ per la verifica di stabilità delle aste d'acciaio.
- 6. Gli elementi strutturali in calcestruzzo armato e precompresso** - Caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali. Fessurazione, aderenza, viscosità.

- 6.1 Elementi in c.a.:** progetto alle tensioni ammissibili e con il calcolo a rottura in presenza di una o due azioni interne.
- 6.2 Travi in c.a.p.:** principi della precompressione ed aspetti tecnologici; pretensione e posttensione dei cavi; perdite di precompressione; punti limite della sezione, comportamento a taglio; tracciato ottimale dei cavi. Cenni alla precompressione delle travi iperstatiche.
- 6.3 Piastre in c.a.:** orientamento ottimale dell'armatura; *verifica locale dell'armatura in servizio e a rottura; *il calcolo a rottura delle piastre sottili con il metodo delle linee di plasticizzazione.
- 7. Le connessioni fra gli elementi strutturali in acciaio** - *Le connessioni a spinotto fra gli elementi di c.a. affiancati e negli elementi misti (c.a.-acciaio). Le connessioni fra elementi metallici: calcolo di saldature, bullonature e chiodature. Equilibrio e congruenza.
- 8. Problemi speciali** - *I carichi ciclici e la fatica (diagramma di Wöhler e regola di Miner): effetti sulla resistenza ultima di elementi in calcestruzzo semplice ed armato. *Degradamento delle caratteristiche meccaniche dei materiali e degli elementi strutturali in c.a. e c.a.p. per effetto della corrosione chimica ed elettrochimica.

* Argomenti complementari, non facenti parte del programma d'esame.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in una parte dedicata allo sviluppo in senso applicativo oppure all'estensione delle teorie e dei metodi illustrati a lezione, ed in una parte dedicata ad elaborazioni numeriche su esempi strutturali concreti. In corso d'anno vengono proposti alcuni temi da elaborare numericamente, la cui valutazione viene tenuta in conto in sede di esame. Inoltre, due esercitazioni sono dedicate al controllo in corso d'anno della preparazione degli studenti (prove scritte, di validità annuale, se l'esito è positivo).

Modalità d'esame

Per essere ammessi all'esame orale è necessario aver sviluppato almeno 3 elaborati e aver superato le due prove scritte in corso d'anno (calcolo dei telai e delle sezioni in c.a.) oppure (in luogo di queste ultime) una apposita prova scritta che - se superata - ha validità annuale.

Libri consigliati

P. Gambarova et al.: Esercizi di Tecnica delle Costruzioni, CLUP (Argomento 1).
 M. Caironi: Teoria e Tecnica delle Costruzioni - Strutture a molte iperstatiche: il metodo degli spostamenti, CLUP (Argomento 1).
 O. Belluzzi: Scienza delle Costruzioni, Volumi 3,4, Zanichelli (Argomenti 2,3,5).
 E. Giangreco: Teoria e tecnica delle costruzioni, Vol. 1, Liguori (Argomento 6).
 R. Walther, M. Miehlabradt: Progettare in c.a.: Fondamenti e Tecnologia, Hoepli (Argomento 6).
 R. Favre et al.: Progettare in c.a.: Piastre, muri, pilastri e fondazioni, Hoepli, (Argomento 6).
 M. Caironi: Teoria e Tecnica delle Costruzioni-Elementi di Strutture in acciaio, CLUP.
 Su argomenti specifici verranno distribuiti appunti in aula.

TECNICA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE **Prof. Enrico BAZZARO**

AR0137

Programma d'esame

1. Complementi di verifica di resistenza.

- Impostazione deterministica; metodo delle tensioni limiti, impiego della Meccanica della frattura lineare elastica.
- Impostazione probabilistica; probabilità di cedimento e di sopravvivenza; tasso di guasto; coefficiente di sicurezza probabilistico; dispersione relativa dei carichi ("loading roughness"); coefficiente di sicurezza semiprobabilistico; Fail-Safe e Safe-Life; verifica a fatica con cicli di sollecitazione non stazionari.

2. Collegamenti fissi.

- Saldature in pezzi in acciaio; saldature in leghe leggere.
- Incollaggi

3. Molle.

- Molle a tazza, molle ad elica cilindrica, molle in gomma.

4. Elementi cinematici.

- Giunti: giunti rigidi, giunti elastici, cenno ai giunti snodati.
- Innessi a frizione.
- Freni meccanici.
- Riduttori tipo "armonico".

5. Elementi di vincolo.

- Cuscinetti a rotolamento

6. Elementi per il contenimento dei fluidi.

- Fondi piani; fondi sferici; fondi ellittici e paraellittici.

7. Complementi di analisi delle tensioni.

- Elementi di termoelasticità: Legge di Hooke in campo non isothermico, applicazione alla trave, cenno alla soluzione generale
- Richiami sulle travi come strutture spaziali: Caso generale; Anelli circolari comunque caricati, caso della sollecitazione piana (linea elastica); Anelli circolari soggetti a momenti radiali uniformemente distribuiti (teoria del Grammel); Travi ad elica cilindrica.
- Lastre sottili: Condizioni di simmetria assiale; Lastre circolari piane; Lastre e membrane di rivoluzione. Deformazione inestensionale delle lastre cilindriche.
- Fenomeni non lineari per ovalizzazione nei tubi cilindrici inflessi: Tubi rettilinei; tubi curvi; effetto della pressione interna.
- Dischi e cilindri sollecitati in modo assialsimmetrico in campo elasto-plastico: effetti dei carichi ai contorni, forze di massa, variazioni termiche.
- Tensioni di contatto: Teoria di Hertz - Elementi di teoria elastoidrodinamica.

8. Problemi di instabilità.

Instabilità elastica - Lastre cilindriche sottili premute dall'esterno, lastre lunghe, effetto delle condizioni di vincolo, cenno alla teoria del Southwell; Lastre cilindriche sottili compresse in senso assiale. Cedimento in campo elasto-plastico: aste caricate di punta, teoria di Engesser - Karman.

9. Aste caricate di punta con carichi laterali.**10. Elementi di meccanica dei continui anisotropi.**

Legge di Hooke in caso generale - Piani di simmetria elastica - Casi delle sollecitazioni semplici (azione assiale, flessione, scorrimento), lastra anisotropa - Continui ortotropi - Verifica della resistenza statica - Teoria di Hill - Lastra ortotropa - Applicazioni ai materiali compositi.

11. Richiami sul metodo degli Elementi Finiti.*Esercitazioni*

Verranno illustrati alcuni problemi applicativi, che saranno risolti impiegando i metodi classici oppure il metodo degli Elementi Finiti. In entrambi i casi si farà uso di codici di calcolo commerciali. Lo svolgimento di alcuni temi esercitativi è previsto integrato da rilievi sperimentali.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova orale.

Libri consigliati

Oltre a quanto già indicato nei corsi di Costruzione di macchine, possono essere consultati:

Dornig A., Lezioni di Costruzione di macchine II, Milano, CLUP.

Dornig A., Le molle, Milano, CLUP, 1988

Corradi dell'Acqua L., Meccanica delle strutture, Vol 10, Milano, McGraw-Hill Libri Italia s.r.l., 1992.

Carter A.D.S., Mechanical Reliability, II ed, London Macmillan 1986.

Belluzzi O., Scienza delle Costruzioni, Vol 30 e 40, Bologna, Zanichelli

Lekhnitskii S.G., Theory of Elasticity of an Anisotropic Body. Moscow, MIR, 1977 (Traduzione inglese)

Timoshenko S.P., Goodier J.N., Theory of Elasticity, New York, McGraw-Hill, 1977.

Timoshenko S.P., Woinowsky-Krieger S., Theory of Plates and Shell, New York, McGraw-Hill, 1959.

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI
Prof. Claudio PODESTA'
AY0006
Programma d'esame

- 1) **Introduzione** - Inquadramento dei trasporti nelle attività economiche: funzione economica e sociale. Concetti generali di economia applicata all'esercizio dei trasporti. Classificazione dei trasporti sotto l'aspetto tecnico amministrativo.
- 2) **Problemi di funzionamento delle reti di trasporto (cenni)** - Caratteristiche essenziali e descrizione di una rete di trasporto - Grafi associati - Domanda/offerta di trasporto, curve ed equilibri relativi - Costo del trasporto - Costo del viaggio; funzione di portata e funzione di domanda - Condizioni di equilibrio di una rete - Caso di domanda rigida - Derivazione di modelli di distribuzione/assegnazione dalle impostazioni teoriche: modello del trasporto.
- 3) **Impostazione di programmi d'investimento nel campo dei trasporti (cenni)** - Studi preliminari - Individuazione degli obiettivi e tipi di analisi - Programmazione delle indagini: indagini di O/D - Interpretazione delle informazioni - Modelli di previsione - Modelli di assegnazione - Ripartizione modale - Analisi di un progetto di investimento nel campo dei trasporti - Criteri di valutazione e ipotesi di lavoro - Redditività economica.
- 4) **I Trasporti pubblici di massa nelle aree ad alta densità di urbanizzazione** - Quadro generale - Aspetti normativi e gestionali - Tipologia dei servizi e delle reti - Prestazioni dei diversi servizi - Problemi tariffari - Metropolitane - Metropolitane leggere - Sistemi innovativi - Sicurezza.
- 5) **Economia aziendale (cenni)** - Bilancio patrimoniale e bilancio d'esercizio - Entrate e spese d'esercizio e loro componenti: costi medi, parziali e marginali - Unità di movimento e di traffico - Il problema del movimento; distribuzione della domanda di trasporto nello spazio e nel tempo; frequenza, velocità media e commerciale - Il problema della manutenzione e del rinnovamento - Le tariffe a valore e a costo - Il deficit di esercizio: utilità sociale e sovvenzioni - Evoluzione tecnica ed economica dell'azienda di trasporto.
- 6) **Meccanica della locomozione terrestre** - Organi di rotolamento e aderenza - Ruota e rotaia ferroviaria: aderenza e funzione di guida - Ruota automobilistica - Pneumatico: comportamento statico: aderenza longitudinale e scorrimento; aderenza trasversale e deriva - Teoria elementare dell'aderenza - Resistenza al rotolamento; resistenza all'aria; resistenze accidentali, pendenza e curva - Sterzata dei veicoli stradali - Massa equivalente e misura diretta della resistenza - Frenatura - Spazio di frenatura - Equazione del moto; diagramma di trazione e orario grafico - Stabilità longitudinale del veicolo: distribuzione del peso sugli assi durante l'accelerazione e la frenatura: distribuzione della forza frenante - Stabilità trasversale del veicolo; concetto di accelerazione radiale efficace; effetto sotto e sovrasterzante; influenza della sospensione e dei pneumatici.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno nello sviluppo di un problema di esercizio o nel progetto di un impianto di trasporto: è in facoltà dell'allievo integrarle con una monografia su un particolare argomento relativo alla materia. Saranno effettuate visite di istruzione.

Libri consigliati

Conto Nazionale dei Trasporti, Min. dei Trasp. Dir. Gen. Poc. 1989 Ist. Pol. dello Stato, (Parte 1^a - Analisi Economica).

Piano Generale dei Trasporti, D.P.C.M. 10.4.86 (Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario).

A. Ventre: Introduzione ai Grafi Planari, ed. Zanichelli 1987.

A. Colorni: Ricerca Operativa, ed. Clup 1990, (Capp. 1,5,6,8,9).

P.P. Sandonnini, R. Vescovi: Trasporto delle Persone e Uso del Territorio, ed. Patron 1979, (Cap. 2).

R.J. Paquette, N.J. Ashford, H. Wright: Transportation Engineering, Planning and Design, John Wiley & Son, 1982.

M. Florian: Transportation Planning Models, ed. North-Holland 1984, (Capp. 1,2,5).

E. Scandurra: Tecniche urbanistiche per la pianificazione del Territorio, ed. Clup 1989, (Capp. 4,15,16).

Contributo alla definizione di una metodologia sistematica per la predisposizione di un piano di trasporti al livello locale, ACI, 1972.

P. Ferrari, F. Giannini: Geometria e Progetto di strade, Vol. I, ed. Isedi 1977, (Cap. 10).

- Choix entre modes de transport de personnes en zone urbaine, ed. OCDE 1980.
 P. Gelmini: Modelli urbanistici di Distribuzione, ed. Clup 1990.
 Guidelines for Project Evaluation, ed. ONU, 1972.
 V.R. Vuchic: Urban Public Transportation, Prentice-Hall ed. 1981, (Capp. 2 e 5).
 Autori vari: Metropolitane, Patron ed. 1979.
 C. Podestà: Rapid Transport Systems, ed. Elsevier Sc. Pub. 1983.

Testi generali

- Appunti dalle lezioni dell'A. A. precedente.
 M. De Luca: Tecnica ed Economia dei Trasporti, CUEN ed. 1989.
 E. Stagni: Meccanica della Locomozione, Patron ed. 1980.

Riviste

- Ingegneria Ferroviaria.
 Journal of the transportation engineering - ASCE.
 Transportation research (parte A e B).
 The railway gazette international.

TECNICA URBANISTICA **Prof. Gianluigi SARTORIO**

AJ0009

Programma d'esame

I - IL FENOMENO URBANISTICO (nei rapporti sociologici):

- 1) **Il territorio urbanistico:** Fenomenologia sociologico-urbanistica, il comprensorio, la città. Le quattro dimensioni del fenomeno urbanistico.
- 2) **L'interrogazione scientifica urbanistica:** Indagini di ingegneria urbanistica, primarie e interdisciplinari. La ricerca urbanistica di insieme: organica e impiantistica. I sistemi e i modelli urbanistici, nel territorio.
- 3) **L'impianto urbanistico territoriale:** Popolazione e gruppi di residenze; rapporti sociali e servizi sociologici; il lavoro e pendolarismo; movimento e impianti cinematici; biosfera, tema idraulico e servizi tecnologici.
- 4) **I grandi sistemi urbanistici:** Il sistema dei rapporti sociali e le strutture insediative. Il sistema delle comunicazioni e i relativi canali. Il sistema ecologico-urbanistico e il geoambiente.

II - LA PIANISTICA URBANISTICA (nell'ingegneria del territorio):

- 1) **Programmazione e urbanistica:** Programmazione socio-economica e pianificazione urbanistica. Divenire della società ed evoluzione urbanistica territoriale. Il tema urbanistico fondiario, nei termini socio-economici e nei rapporti tecnico-urbanistici: il problema della casa. L'economia urbanistica e le esigenze della società.
- 2) **Finalizzazione urbanistico-operativa:** La pianificazione urbanistica ai vari livelli; compiti programmatici e mezzi operativi: il piano dinamico. La strumentazione urbanistica di legge e la realizzazione dei piani: politica urbanistica, urbanistica passiva e attiva. Le armi urbanistiche operative.
- 3) **La dinamica urbanistica territoriale, in Italia e all'estero:** Il piano regionale lombardo e la programmazione economica; il piano intercomunale milanese (PIM); Milano e il piano regolatore comunale. La situazione urbanistica in Italia: i piani urbanistici italiani più significativi. La situazione urbanistica all'estero: le risultanze pianistiche urbanistiche "mondiali", d'Oltralpe e d'Oltreoceano.

Esercitazioni

Progettazione urbanistica applicata, su temi da concordare con i docenti.

Modalità d'esame

All'esame viene presentato il progetto svolto nelle esercitazioni annue. L'esame comprende un colloquio e la discussione dell'elaborato delle esercitazioni.

Libri consigliati

V. Columbo: La ricerca urbanistica: Indagini primarie, Organica urbanistica, Giuffrè, Milano, 1966-79 (2 volumi)

P. Hall: Le città mondiali, Il Saggiatore, Milano, 1966, oppure

P. Merlin: Le città nuove, Laterza, Bari, 1971, oppure

W. Schneider, La città, destino degli uomini, Garzanti, Milano, 1961, oppure

U. Toschi, La città, UTET, Torino, 1966.

Per l'approfondimento della materia si consigliano inoltre:

J. Labasse: L'organisation de l'espace, Hermann, Parigi, 1966

W. Isard: Methods of Regional Analysis: an Introduction to Regional Science, The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1960.

J.B. McLoughlin: La pianificazione urbana e regionale: un approccio sistemico, Marsilio, Padova, 1973.

Autori vari: La viabilità urbana, T.C.I., Milano, 1961.

J. Fourastiè: Le grand espoir du XXe siècle, Gallimard, Parigi, 1963.

E. Silva: Elementi di economia urbanistica, Giuffrè, Milano, 1960-64

D. Rodella: Legislazione urbanistica, Pirola, Milano.

TECNICHE DI GESTIONE DEL TERRITORIO**AJ0111****Prof.ssa Giovanna FOSSA***Programma d'esame*

- 1 - **Principi di diritto.** La costituzione e gli organi costituzionali. L'ordinamento giuridico. La normativa giuridica: fonti, interpretazioni e bibliografie.
- 2 - **Assetto del territorio.** L'ordinamento amministrativo del territorio e la legislazione territoriale urbanistica. Strumentazione urbanistica territoriale di pianificazione e programmazione. Normativa parametrica. Leggi per le zone di montagna. Norme speciali per zone particolari. Espropriazione per pubblica utilità. Normative della Regione Lombardia; altri esempi regionali.
- 3 - **Tutela dei beni naturali.** Tutela urbanistica ambientale. Protezione della natura e del paesaggio. Tutela dei boschi e del verde forestale. Pianificazione e gestione dei parchi e delle riserve naturali. Normativa della Regione Lombardia; altri esempi regionali.
- 4 - **Tutela dei beni storico-culturali.** Norme di legge. La tutela dei "centri storici". Norme speciali per zone particolari. Normativa della Regione Lombardia; altri esempi regionali.

Esercitazioni

Lettura delle norme di attuazione di uno strumento urbanistico concordato col docente, e stesura di elaborato di critica e di eventuale proposta alternativa. Potranno pure essere svolti studi di altri casi applicati, pure concordati col discente.

Modalità d'esame

Per l'ammissione all'esame occorre la presentazione dell'elaborato svolto durante l'anno accademico almeno otto giorni prima dell'appello.

L'esame comprende un colloquio sul programma svolto e la discussione dell'elaborato.

Libri consigliati

Ad integrazione degli appunti presi a lezione e di eventuali dispense pubblicate nel corso dell'anno si consiglia la consultazione delle seguenti opere (nella versione dell'ultima edizione), disponibili anche presso la Biblioteca del Dipartimento di ingegneria per il recupero edilizio e territoriale:

D. Rodella, Legge urbanistica e piani di ricostruzione, Pirola, Milano.

Regione Lombardia, Raccolta delle disposizioni regionali di interesse urbanistico.

ISGEA, Codice dell'ambiente (2 voll.), Giuffrè, Milano.

TECNOLOGIA DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI
Prof. Natale MAGGI

AJ0021

Programma d'esame

- 0) L'insegnamento si prefigge di fornire i fondamenti di tecnologia edilizia, propedeutici alle tematiche degli insegnamenti di Architettura Tecnica e di Ergotecnica edile. In particolare esso trae i suoi argomenti dalle metodologie e dalle conoscenze tecnico scientifiche utilizzabili nel campo della concezione, progettazione e produzione degli elementi costruttivi.
- 1) **Processo edilizio, Sistema edilizio, Organismo edilizio.**
- 2) **Il sistema tecnologico edilizio.**
 Il sistema tecnologico-prestazionale; il sistema tecnologico-funzionale.
 Classi di unità tecnologiche, Unità tecnologiche, Classi di elementi tecnici, Elementi tecnici, Sistemi tecnologici.
 Requisiti tecnologici, specificazioni e specifiche di prestazione tecnologica. Requisiti tecnici, specificazioni e specifiche tecniche.
 Conformità prestazionale e conformità tecnica.
- 3) **La qualità tecnologica dell'elemento tecnico.**
 La qualità nel processo edilizio. Qualità tecnologica del prodotto intermedio complesso: qualità caratteristica, qualità operativa, qualità di manutenzione. Qualità come conformità del prodotto al tipo.
- 4) **La progettazione tecnologica dell'elemento tecnico.**
 Metaprogettazione del sistema tecnologico-prestazionale: modello di comportamento delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici: requisiti tecnologici e specificazioni di prestazione tecnologica.
 Progettazione del sistema tecnologico-funzionale: modello di funzionamento degli elementi tecnici: requisiti tecnici e specificazioni tecniche.
 Il metodo dell'analisi funzionale dell'elemento tecnico: funzioni base, funzioni analitiche, caratteristiche funzionali dell'elemento tecnico.
 Metodologia per le verifiche di comportamento e di funzionamento dell'elemento tecnico.
- 5) **Gli aspetti morfologici e dimensionali degli elementi tecnici e dei giunti funzionali.**
 I problemi del controllo dimensionale delle giustapposizioni.
 Principi della coordinazione dimensionale: le dimensioni di coordinazione, le dimensioni di fabbricazione, le tolleranze dimensionali.
 I modelli di giustapposizione per la progettazione dimensionale dei sottosistemi tecnologici.
- 6) **Rassegna organizzata per classi di elementi tecnici.**
 Tipologie tecnologiche di elementi costruttivi, requisiti tecnologici, specifiche di prestazioni tecnologica, requisiti tecnici, specifiche tecniche.
- 7) **L'analisi del progetto dell'elemento costruttivo.**
 Problemi funzionali, esecutivi, di variabilità dimensionale, inerente e di incompatibilità chimico-fisica dei materiali costituenti.
- 8) **I problemi del controllo della qualità tecnologica dell'elemento tecnico.**
 I momenti significativi del controllo e i tipi di controllo.
- 9) **La scheda tecnica dell'elemento tecnico.**
 Strutture e contenuti della scheda.
 Criteri d'espressioni e di comunicazione dell'informazione tecnica.
- 10) **La normativa tecnologica edilizia.**
 La normativa internazionale, sovranazionale e nazionale.
 La classificazione delle norme tecnologiche.

Esercitazioni

Le esercitazioni, alle quali lo studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio del corso, consisteranno nell'applicazione a specifiche ipotesi progettuali e operative delle metodologie e delle strumentazioni trattate nell'ambito delle lezioni e saranno condotte individualmente e a squadre. Inoltre saranno svolti seminari didattici che tratteranno di materiali, prodotti ed elementi tecnici in funzione delle loro specifiche destinazioni per l'impiego in edilizia.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale che potrà essere sostenuta dallo studente solo dopo aver positivamente svolto gli elaborati delle esercitazioni individuali e di squadra.

Libri consigliati

P.N. Maggi: Il processo edilizio I e II vol., CittàStudi, Milano, 1994.

P.N. Maggi, A. Gottfried, L. Morra: Qualità tecnologica dei prodotti complessi per l'edilizia, Quaderno DISET, n. 1, Esculapio, Bologna, 1993.

B. Daniotti, P.N. Maggi: Valutazione della qualità tecnologica caratteristica dei prodotti complessi per l'edilizia, Quaderni DISET n. 2/1 e 2/2, Esculapio, Bologna, 1993.

Durante lo svolgimento del corso verranno approntate opportune dispense integrative.

TECNOLOGIA DEI BIOMATERIALI **Prof. Riccardo PIETRABISSA**

AA0010

*Programma d'esame***Introduzione, definizioni e impostazione.**

Problemi legati alla progettazione di dispositivi medicali. Campi di applicazione dei biomateriali. Introduzione ai problemi di interfaccia tra i materiali da costruzione e i tessuti biologici. La biocompatibilità: definizioni e aspetti generali come caratteristica intrinseca dei materiali e come caratteristica del dispositivo in relazione al suo impiego.

Le reazioni dell'organismo all'impianto di materiali estranei.

Il processo di guarigione di una lesione tissutale. La risposta dei tessuti all'impianto di materiali estranei. La risposta del sangue. La risposta dei tessuti agli impianti che attraversano permanentemente la pelle.

La struttura dei solidi.

Lo stato solido. I legami nei solidi cristallini. Reticoli cristallini: ordine atomico. Imperfezioni nei solidi cristallini.

Caratterizzazione meccanica dei materiali.

Tipi di sollecitazione meccanica semplice. Comportamento alla sollecitazione statica. Comportamento alla sollecitazione dinamica. Viscoelasticità. Isteresi. Creep e rilassamento.

Caratterizzazione fisica dei materiali.

Proprietà termiche. Caratterizzazione superficiale. Proprietà elettriche e piezoelettriche. Proprietà ottiche. Proprietà acustiche e ultrasoniche. Proprietà di diffusione. Densità e porosità

Classi di materiali.

Legami chimici, struttura, proprietà e tecnologie dei metalli, dei polimeri, dei ceramici, dei compositi, dei materiali biologici. Le leghe. La corrosione dei metalli con riferimento all'ambiente biologico e ai trattamenti anticorrosione. I metalli usati in medicina. Monomeri e polimeri. La polimerizzazione.

Classi di polimeri. Caratterizzazione dei polimeri con particolare riferimento alle proprietà meccaniche. I polimeri usati in medicina. Materiali ceramici bioinerti. Materiali ceramici bioattivi.

I materiali ceramici usati in medicina. I materiali a base di carbonio. Il carbonio pirolitico: caratteristiche, tecnologia e applicazioni. Caratteristiche della matrice e del riempitivo nei compositi.

Applicazioni dei compositi in medicina. Il collagene, l'elastina, il muscolo, il tendine, la pelle, l'osso. Uso dei materiali biologici in applicazioni biomediche.

Tecnologie di trattamento superficiale.**La sterilizzazione.****Applicazioni di biomateriali a contatto con il sangue.**

Criteri di progetto, materiali impiegati e loro tecnologie per le seguenti applicazioni: protesi valvolari cardiache, protesi vascolari, ossigenatori per circolazione extracorporea, dializzatori, filtri per il sangue, pompe per assistenza cardiocircolatoria e cuore artificiale.

Biomateriali per applicazioni ortopediche.

Criteri di progetto, materiali impiegati e loro tecnologie per i dispositivi di osteosintesi e le protesi articolari.

Altre applicazioni tecnologiche dei biomateriali.

Suture, ferri chirurgici, lenti a contatto, protesi dentali, cateteri per angioplastica, stent endoluminali. **Normative.**

Libri consigliati

J. Black: Orthopaedic biomaterials in reserch and practice. Churchill Livingstone, New York, 1988.

- E. Bodnar, R. Frater: Replacement cardiac valves. McGraw-Hill, New York, 1992.
 J.P. Cazenave, J.A. Davies, M.D. Kazatchkine, W.G. van Aken: Blood-surface interaction. Elsevier, Amsterdam, 1986.
 R. Fumero, P. Giusti: Biomateriali: dalla ricerca di base all'applicazione clinica, Patron Editore, Bologna 1985.
 G.W. Hastings: Cardiovascular biomaterials. Springer-Verlag, London, 1992.
 J.B. Park, S.R. Lakes: Biomaterials: an introduction. Plenum Press, New York, 1992.
 F. Silver, C. Doillon: Biocompatibility. Interactions of biological and implantable materials. Volume I: polymers. VCH, New York, 1989.
 L.H. Van Vlack: Elements of materials science and engineering, 6th Ed. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1989.
 D. Williams: Concise encyclopedia of medical & dental materials. Pergamon Press, Oxford, 1990.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

Prof. Pietro PEDEFERRI

AN0036

Programma d'esame

I principali materiali di interesse per l'ingegnere civile. Considerazioni energetiche ed economiche.

1. Comportamento alle sollecitazioni. Rottura duttile e fragile. Prove meccaniche di: trazione, durezza, fatica, resilienza.

Materiali metallici. Struttura cristallina. Difetti puntiformi e lineari. Fenomeni di diffusione. Meccanismi di rafforzamento. Deformazione elastica e plastica. Struttura delle leghe. Diagrammi di stato. Diagramma ferro-carbonio. Gli acciai: velocità di raffreddamento e trasformazioni di fase; le curve isoterme; i trattamenti termici di ricottura, tempra, normalizzazione, rinvenimento; i trattamenti termochimici e termomeccanici. Caratteristiche principali dei materiali metallici di maggior interesse per l'ingegnere civile: acciai di uso generale e speciali, acciai inossidabili, ghise, rame, alluminio, zinco e loro leghe. Metodi di produzione, lavorazione e finitura.

Materiali leganti. La calce. Il gesso. Il cemento Portland: le materie prime e i processi di produzione, la composizione, l'idratazione, lo sviluppo della microstruttura, il calore di idratazione, la presa e l'indurimento, la struttura porosa della pasta di cemento e i suoi effetti sulla resistenza meccanica e permeabilità. I cementi speciali: ferrico, pozzolanico, d'altoforno, alluminoso ed espansivo.

Malte e calcestruzzi. Gli aggregati: le caratteristiche fisiche e chimiche, la distribuzione granulometrica, la reazione alcali-aggregati, le impurezze dannose. Gli additivi per calcestruzzo: acceleranti, ritardanti, aeranti, fluidificanti. Il calcestruzzo fresco: lavorabilità, segregazione, bleeding. Il calcestruzzo indurito: permeabilità, proprietà meccaniche, ritiro igrometrico, scorrimento viscoso. Il proporzionamento del calcestruzzo. Calcestruzzi speciali.

Materiali ceramici. Materie prime e processi di produzione. Materiali a pasta porosa e compatta, struttura, proprietà.

Vetri. Lo stato vetroso, vetri comuni, speciali e temprati, composizione, tecnologie produttive e proprietà.

Materiali polimerici. Reazioni di polimerizzazione. Cristallinità e transizioni di fase. Proprietà meccaniche e viscoelasticità. Tecnologia di produzione e di lavorazione. Proprietà e applicazioni dei principali tipi.

Legno. Proprietà, trattamenti.

Materiali compositi. (cenni).

Materiali impermeabilizzanti. Materiali bituminosi, a base di elastomeri.

Il degrado dei materiali e la sua prevenzione. La corrosione dei metalli: natura elettrochimica; aspetti termodinamici; aspetti cinetici; la passività; gli accoppiamenti galvanici, fattori relativi al metallo e all'ambiente, le forme di attacco localizzato. I metodi di prevenzione e di protezione: controllo delle caratteristiche del metallo e dell'ambiente, rivestimenti protettivi (organici e metallici), protezione catodica. La corrosione e la protezione di strutture metalliche esposte all'atmosfera o a contatto con acque o terreni. I processi fisici e chimici che causano il degrado del calcestruzzo; relazione tra durabilità e permeabilità. La corrosione delle armature nel calcestruzzo: da carbonatazione, da cloruri. L'influenza dell'ambiente e delle caratteristiche del calcestruzzo. La prevenzione. Fenomeni di invecchiamento e di degrado dei materiali polimerici e dei compositi. Degrado del legno

e sua prevenzione.

Le acque. Aspetti generali. Analisi delle acque. La durezza delle acque ed il suo controllo.

I combustibili. Aspetti generali della combustione. Classificazione dei combustibili. Reazioni di combustione. Poteri calorifici.

Libri consigliati

A. Cigada (a cura di): Elementi di struttura e proprietà dei materiali metallici, ed. CittàStudi, Milano).

P. Pedferri, A. Cigada: Elementi di corrosione e protezione, - Ed. CittàStudi - Milano.

Saranno fornite agli allievi dispense per le parti del corso non coperte dai volumi sopra indicati.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI METALLICI

AR0138

Prof. Gianfranco TOSI

Programma d'esame

1. Accenni tecnologici sui mezzi di fabbricazione dell'acciaio. Importanza tecnica ed economica del rilievo dei rendimenti e dei consumi specifici. Dalla secchia alla fossa. Caratteristiche degli acciai calmati, effervescenti e semicalmati. Lingotti e lingottiere, colata diretta ed in sorgente, dimensione dei lingotti ed influenza sulla qualità del prodotto. La colata continua dell'acciaio ed apparati ausiliari.
2. Laminazione a caldo. Teoria della laminazione. Calibrazioni. Calcoli degli sforzi di laminazione e delle relative potenze assorbite. Forni di riscaldamento. Laminatoi e loro suddivisione, caratteristiche costruttive e di lavoro. Sbozzatori. Blooming, slabbing, duo reversibile-trio. Condizionatura sbozzati. Treni bilette. Treni per profilati grossi e medi. Treni per vergella. Treni per nastri e lamiere.
3. Laminazione a freddo del nastro e relativo trattamento termico. Difetti. Produzione della latta e delle lamiere zincate.
4. Trafila filo e trafila barre. Processi di finitura dei prodotti laminati.
5. Produzione tubi senza saldatura, per laminazione al banco a spinta, alla pressa ad estrusione. Tubi saldati di piccolo e grande diametro. Laminazione a freddo e trafila tubi.
6. Fucinatura. Operazioni elementari di fucinatura. Stampaggio e norme generali regolanti tale operazione. Campi di attività delle macchine: magli, presse, apparati ausiliari. Manipolatori.
7. Fonderia ghisa ed acciaio. Caratteristiche progettuali di un getto. Modelli. Terre e sabbie di fonderia e loro preparazione. Formatura: a macchina ed a mano. Cubilotto e suo esercizio. Cicli di lavorazione ed operazioni di finitura. Collaudi. Difetti di fonderia. Prove tecnologiche di produzione.
8. Lavorazione plastica di altri metalli: rame, alluminio, cenni.

Esercitazioni

Consisteranno in applicazioni numeriche di quanto esposto nelle lezioni; es: calcolo di calibrazioni e predisposizione di una scheda per un determinato prodotto, calcolo della potenza di laminazione, studio di una progettazione di un impianto in funzione di una data produzione annua. Impostazione dei costi industriali di trasformazione. A complemento del corso di esercitazioni viene svolto un programma di visite a stabilimenti della durata di 4 ore per ogni visita.

Libri consigliati

A. Rossini, G. Tosi: Tecnologia dell'acciaio, CUSL, 1990.

A. Rossini, G. Tosi: Dispensa di fonderia, CUSL.

G. Spurg, T. Stöferle: Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche, Vol. 2, Tecniche Nuove.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI

AV0026

Prof. Enrico CERRAI

Programma d'esame

1. Schema del reattore nucleare, l'impianto nucleare.

- 1.1. Impianti a fissione: i diversi schemi e tipi
- 1.2. Sistema a fusione termonucleare controllata (schema a confinamento magnetico, reazione D+T)
2. Classificazione dei materiali nucleari secondo l'impiego nell'impianto.
- 2.1. Impianti a fissione: Elementi di combustibile - Moderatori (riflettori) e fluidi termovettori - Materiali strutturali - Assorbitori neutronici - Materiali schermanti.
- 2.2. Sistema a fusione termonucleare controllata: Combustibile - Fluidi termovettori - Materiali strutturali - Materiali per i magneti e per gli ausiliari.
3. Proprietà fisiche, chimiche e meccaniche che hanno interesse per le tecnologie nucleari e per l'ingegneria, i fondamenti della struttura dei materiali; il comportamento in esercizio, con particolare riguardo agli effetti delle radiazioni.

Parte Speciale

1. Descrizione delle proprietà, dei metodi di preparazione e del comportamento in esercizio.
2. Combustibili nucleari:
 - 2.1. Combustibili nucleari per la fissione: Considerazioni generali - Uranio - Plutonio - Torio -
 - 2.2. Combustibili nucleari per la fusione: Considerazioni generali - Deuterio- Tritio (Litio).
3. Moderatori (riflettori) nell'impianto a fissione: Considerazioni generali: Grafite - Deuterio e acqua pesante - Acqua naturale - Fluidi organici.
4. Fluidi termovettori.
 - 4.1. Negli impianti a fissione. Acqua naturale - Acqua pesante - Anidride carbonica - Elio - Fluidi organici - Sodio fuso.
 - 4.2. Nel sistema a fusione. Considerazioni generali -
5. Materiali strutturali
 - 5.1. Per il sistema a fissione: Considerazioni generali ed impieghi - Alluminio e sue leghe - Magnesio e sue leghe - Zirconio e sue leghe - Acciai inossidabili - Acciai basso legati - Altri materiali strutturali speciali.
 - 5.2. Per l'impianto a fusione. Considerazioni generali - Materiali per la prima parete e per il divertore.
6. Materiali speciali per il sistema a fusione. Considerazioni generali - Materiali superconduttori per i magneti.
7. Assorbitori neutronici (materiali ad alta sezione di cattura). Boro - Cadmio - Afnio - Terre rare.
8. Materiali schermanti. Calcestruzzo - Piombo - Altri metalli - Acqua.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni sia in aula che in laboratorio su argomenti riguardanti il comportamento e le tecnologie dei materiali nucleari.

Libri consigliati

- B.R.T. Frost, M.B. Waldron: Nuclear Reactor Materials, Temple Press, London, 1959;
 C.O. Smith: Nuclear Reactor Materials, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1967;
 A.B. McIntosh, T.J. Heal (editors): Materials for Nuclear Engineers, Temple Press, London, 1960;
 J. Sauteron: Les combustibles nucléaires, Hermann, Paris, 1965;
 M. Benedict, T.H. Pigford: Nuclear Chemical Engineering, McGraw Hill, New York, 1957;
 B.M. Ma: Nuclear Reactor Materials and Applications, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1983.
 M. Benedict, T.H. Pigford, H.W. Levi: Nuclear Chemical Engineering, McGraw Hill, New York, 1981.
 C.R. Tipton (editor): Reactor Handbook, Vol. I, Materials, Interscience Publ., New York, 1960;
 P. Cohen: Water Coolant Technology of Power Reactors, Gordon & Breach, Science Publishers, New York, 1970.

TECNOLOGIA DEL PETROLIO E PETROLCHIMICA

Prof. Renato DEL ROSSO

AF0114

Programma d'esame

Il petrolio tra le altre fonti energetiche. Dati statistici. Cenni di geologia del petrolio, sue origini, consistenza delle riserve.

Composizione del petrolio. Idrocarburi paraffinici, naftenici, aromatici. Composti solforati, azotati, ossigenati, altri. La classificazione dei grezzi, indice di correlazione, fattore di caratterizzazione.

Caratterizzazione dei prodotti petroliferi. Peso specifico. Tensione di vapore Reid. Punti di infiammabilità, fuoco, autoaccensione. Le curve di distillazione ASTM, TBP, EFV e loro legami, Effetto della pressione sulle curve di distillazione. Costruzione dei diagrammi di stato liquido-vapore. Colore. Viscosità, indice di viscosità. Punti di scorrimento, di intorbidamento. Punto di fumo e char value. Tenori di zolfo, acidità, ceneri, acqua e sedimenti. Penetrazione, punto di rammollimento, indice di penetrazione.

Stima delle proprietà fisiche dei prodotti petroliferi. Loro dipendenza dalla temperatura. Calore di combustione. Calore specifico. Contenuto entalpico. Calore latente di vaporizzazione. Coefficiente di espansione dei liquidi. Relazione tra pressione, temperatura e volume dei vapori. Viscosità di liquidi e vapori in funzione di temperatura e pressione.

Prodotti di raffineria. Specificazioni. Gas combustibili. Gas di petrolio liquefatti. Benzine e carburanti. Nafta e solventi. Petrolio, kerosene e combustibili per reattori. Gasoli. Combustibili diesel. Oli combustibili. Lubrificanti e grassi. Asfalti e bitumi.

La raffineria. Classificazione delle raffinerie. La sequenza delle operazioni di raffinazione. Analisi dello schema di lavorazione in relazione ai tipi di grezzo e alla domanda di mercato.

Processi di raffineria. Trattamenti primari. Distillazione del grezzo: la unità atmosferica, la unità sotto vuoto. Coking. Processi termici. Reforming catalitico. Isomerizzazione. Cracking catalitico: processi a letto fluido, processi a letto mobile. Hydrotreating e desolforazione. Eliminazione delle cere.

Processi di supporto. Produzione di idrogeno. Unità di trattamento gas. Abbattimento gas acidi. Recupero dello zolfo. Processi di depurazione.

Catalisi e chimica dei processi catalitici.

Chimica dei processi termici.

Combustione.

Equilibrio liquido-vapore in miscele complesse.

Criteri di sicurezza.

Cenni di valutazioni economiche. Stima delle curve di costo. Relazioni resa-costo.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in un colloquio sugli argomenti svolti durante il corso. Verranno esaminati e discussi gli schemi di impianto e le alternative di processo, saranno proposti confronti tra loro in relazione alle specificazioni dei prodotti desiderati. Saranno chiesti semplici esempi di calcolo.

Libri consigliati

G. Guerrieri Impianti petroliferi, Ed. CLUP (1980);

G. Pastonesi, M. Avanzi, A. Morpurgo Impianti petroliferi APE Mursia (1962);

W.L. Nelson Petroleum refinery engineering McGraw-Hill (1968);

J.H. Gary, G.E. Handwerk Petroleum refining. Technology and economics M. Dekker (1975).

TECNOLOGIA MECCANICA

AR0060

Proff. Quirico SEMERARO, Antonio DI LLIO

Programma d'esame

Introduzione al corso. Generalità e classificazione delle lavorazioni meccaniche. Relazione tra tecnologia e prodotto. Le tecnologie come trasformazione di stati.

Prove tecnologiche e meccaniche. Prova di trazione. Prova di durezza. Prova di resilienza. Resistenza a fatica. Prove tecnologiche: colabilità, temprabilità, piegatura, fucinatura, imbutitura.

Fonderia. Principi generali sulla fusione e solidificazione dei metalli. Classificazione dei principali processi di formatura e colata: in terra, con placca modello, in conchiglia, sottovuoto, pressofusione, centrifuga, a cera persa. Dimensionamento dei modelli, delle forme, delle materozze, dei canali di colata. Difetti, controllo e finitura dei getti.

Lavorazioni per asportazione di truciolo. Angoli di taglio e rappresentazione unificata degli utensili. Meccanismi di formazione del truciolo. Meccanica del taglio dei metalli. Fattori influenzanti le forze di taglio. Determinazione sperimentale e teorica delle forze di taglio. Cause di degrado degli utensili. Scelta delle condizioni ottimali di taglio. Struttura, componenti e comandi delle macchine

utensili. Lavorazioni di tornitura. Lavorazioni di fresatura. Lavorazioni e macchine con moto di taglio rettilineo alternativo. Lavorazioni di rettificazione. Difettosità superficiali e di forma indotte dalle lavorazioni. Evoluzione delle macchine utensili: dal Controllo Numerico agli FMS.

Lavorazioni per deformazione plastica. Plasticità dei metalli. Laminazione. Trafilatura. Estrusione. Fucinatura e stampaggio. Lavorazioni della lamiera. Difetti indotti dalle lavorazioni, incrudimento, cricche, tensioni residue, anisotropia.

Lavorazioni non convenzionali. Cenni sui principali metodi di lavorazione non convenzionali. Elettroerosione. Lavorazioni con getto abrasivo. Laser. Lavorazioni con ultrasuoni. Lavorazioni chimiche ed elettrochimiche. Fascio elettronico.

Elementi di metrologia e controllo della qualità. Principali strumenti per la misura ed il controllo dimensionale. Cenni sul controllo della qualità dei prodotti industriali.

Esercitazioni

Richiami sulle proprietà dei materiali. Applicazione delle principali norme di disegno tecnico meccanico. Esercitazioni numeriche di ausilio alle lezioni. Cicli di fonderia. Cicli di lavorazione.

Libri consigliati

Appunti delle lezioni.

Mazzoleni F.: *Tecnologie dei Metalli*, Voll. 1,2,3, 1978.

Micheletti G.F.: *Tecnologia Meccanica*, Voll. 1,2, UTET, 1977

Spur G, Stoeferle T.: *Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche*, Voll. 3,4 - *Tecniche Nuove*, 1983.

Giusti F., Santochi M.: *Tecnologia Meccanica e studi di fabbricazione*, Ambrosiana, 1992.

TECNOLOGIA MECCANICA I

AR0056

Proff. Roberto PACAGNELLA, Giovanni RESTELLI

Programma d'esame

1) Nozioni introduttive sui materiali.

Risultati delle principali prove meccaniche (trazione, compressione, durezza, resilienza) e la funzione dei trattamenti termici nei riguardi della lavorabilità dei metalli e delle loro leghe. Proprietà meccaniche delle materie plastiche.

2) Lavorazioni per fusione.

Principi generali sulla fusione e sui fenomeni che nascono durante la solidificazione e il raffreddamento dei materiali metallici. La successione delle operazioni per produrre un getto con particolare riguardo alla ghisa e alle leghe leggere. Descrizione dei vari sistemi di formatura e di colata (in terra, in motta, con resine indurenti a caldo e a freddo, con modello a perdere, in conchiglia, pressofusione, iniettofusione, colata centrifuga, fusione di precisione). Principi per il dimensionamento delle materozze. Descrizione dei principali mezzi fusori.

3) Lavorazioni per deformazione plastica.

Plasticità dei materiali metallici, deformazioni permanenti. Descrizione dei vari processi: laminazione, trafilatura, estrusione, stampaggio a caldo e a freddo, tranciatura, imbutitura, piegatura, profilatura, definendo lo stato di sollecitazione e i fenomeni che intervengono nel processo stesso. Metodi per il calcolo della forza e dell'energia nelle operazioni di trafilatura, stampaggio, tranciatura e imbutitura. Descrizione delle varie macchine per lavorazioni per deformazione plastica (magli, fucinatrici, presse a vite, presse meccaniche, presse idrauliche, elettroriscalatrici) e del loro campo di impiego.

4) Lavorazioni per asportazione di truciolo.

Il taglio dei materiali metallici: meccanismi di formazione del truciolo, geometria degli utensili, velocità di taglio, forza e potenza richieste nelle principali lavorazioni (tornitura, fresatura, foratura, brocciatura e rettifica). Determinazione delle condizioni economiche di taglio mediante metodi deterministici e stocastici (affidabilità dell'utensile, tempo produttivo ottimale, velocità di taglio economica). Descrizione delle principali macchine utensili (struttura, organi del moto di taglio e di avanzamento): torni, trapani, fresatrici orizzontali e verticali, alesatrici, rettificatrici, brocciatrici, limatrici, piallatrici e macchine per il taglio degli ingranaggi. Schede di macchina. Descrizione delle principali lavorazioni eseguibili su tali macchine. Macchine utensili a controllo numerico e cenni sulla programmazione di macchine a due e a tre assi.

5) Nozioni fondamentali di saldatura.

Saldatura autogena per fusione a gas, all'arco elettrico; saldatura a resistenza elettrica e ad attrito; saldobrasatura.

6) Macchine per la lavorazione delle materie plastiche.*Esercitazioni*

- Fonderia: dimensionamento del modello, delle anime e delle materozze per un getto fuso in terra; calcolo della spinta metallostatica.
- Deformazione plastica: tranciatura e imbutitura (calcolo della forza e dell'energia richieste); stampaggio a caldo (dimensionamento degli stampi e calcolo della forza e dell'energia).
- Lavorazioni per asportazione di truciolo: calcolo della forza e della potenza nelle principali lavorazioni; determinazione del tempo produttivo e della velocità economica di taglio (con metodo deterministico e stocastico); ciclo di lavorazione a controllo numerico; filettatura al tornio; lavorazioni di foratura e fresatura.
- esercitazioni pratiche in officina.

Modalità d'esame

L'esame consiste:

- in una prova grafica, dalla quale sono esonerati gli allievi che abbiano frequentato le esercitazioni conseguendo un giudizio complessivamente positivo sul lavoro svolto;
- in una prova orale sul programma del corso.

Libri consigliati

AA.VV.: Tecnologia meccanica: lavorazioni per fusione e deformazione plastica, CLUP.

AA. VV.: Problemi di Tecnologia Meccanica, CLUP.

G. Spur e T. Stoeferle: Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche, Voll. 3 e 4, Tecniche Nuove.

G. F. Micheletti: Tecnologia meccanica, Voll. I e II, UTET.

Gaggia: Tecnologia meccanica, Vol. 2, Zanichelli.

TECNOLOGIA MECCANICA II**AR0053****Prof. Francesco IOVANE***Programma d'esame*

Introduzione al Corso. Le attività umane quali trasformazioni. Elementi per una "teoria delle trasformazioni". Rapporto tra sistema tecnologico di trasformazione e materiale. Le tecnologie di produzione per le trasformazioni di specie (proprietà, macro-geometria, microgeometria).

Processi Tecnologici Innovativi. Tecnologia delle superfici. Caratterizzazione dello stato superficiale: tolleranze di forma, finitura ed integrità superficiale. Procedimenti di levigatura e di superfinitura. Convenzionali ed innovativi. Determinazione dei parametri di lavorazione. Determinazione delle forze di taglio. Processi di lavorazione non convenzionali. Ultrasonic Machining. Water-Jet Machining. Abrasive-Jet Machining. Chemical Machining. Electrochemical Machining. Electrolytic Grinding. Electrical-Discharge Machining/Wire Electrical-Discharge Machining. Laser Beam Machining/Laser Assisted Machining. Electrom Beam Machining. Plasma-Arc Cutting. Lavorazioni ad alta velocità. Superplasticità. Per ciascuno dei processi considerati vengono presi in esame: principio fisico di asportazione, materiali lavorabili, principali parametri tecnologici e relativo campo di variabilità, schema di funzionamento delle macchine operatrici, applicazioni industriali, risultati tecnici ed economici. Processi di saldatura non convenzionali. Richiami di saldatura. Saldabilità dei materiali. Danneggiamento termico dei lembi saldati. Difettosità e frattura dei giunti saldati. Saldatura per bombardamento elettronico. Saldatura laser. Saldatura ad ultrasuoni. Metodologie di controllo delle saldature.

Automazione dei processi. Principi di controllo numerico delle macchine utensili. Componenti fisici di un CN. Programmazione manuale (standard ISO). Programmazione automatica. Interfaccia con i sistemi CAD - Computer Aided Design. Tipologia dei sistemi di controllo. Direct Numerical Control. Controllo adattivo (Adaptive Control Constraint, Adaptive Control Optimization).

Progettazione e gestione delle tecnologie innovative. Criteri tecnologici di selezione dei processi.

Metodi per l'ottimizzazione dei parametri di processo (DOE - design of Experiments; RSM - Response Surface Methods). Criteri economici di valutazione. Benefici intangibili e tecniche di scelta della soluzione tecnologica (AHP - Analytical Hierarchical Process). La tecnologia come variabile strategica. Innovazione tecnologica: aspetti macro, trasferimento alle imprese. Il management della ricerca e sviluppo.

Esercitazioni

- Definizione ed impiego delle attrezzature meccaniche utilizzate nei processi di lavorazione tradizionali, nelle lavorazioni non convenzionali e nei sistemi automatizzati. Realizzazione di part program, scelta dei parametri di lavorazione ed esecuzione di particolari meccanici su macchine utensili a controllo numerico.

Testi consigliati

Appunti delle lezioni

J.A. Mc Geough: Advanced Methods of Machining - Chapman and Hall, 1988

E. Rinaldi: Saldatura e Taglio dei Metalli - Hoepli, 1988.

TECNOLOGIE CHIMICHE SPECIALI

AF0115

Prof. Luigi GIUFFRÈ

Programma d'esame

PARTE GENERALE.

Solfonazione, Nitrazione, Esterificazione, idrolisi e saponificazione. Alchilazione. Idrogenazione. Cenni su alcune reazioni attivate per via fotochimica. Influenza di solventi non acquosi in alcune reazioni di interesse industriale.

PARTE SPECIALE.

Grassi: Proprietà chimiche e fisiche. Processi di estrazione. Idrogenazione degli oli.

Saponi e detersivi: Generalità e proprietà chimiche e fisiche. Processi di fabbricazione dei saponi. Relazione tra struttura e proprietà di detersivi sintetici del tipo anionico, cationico e non ionico. Processi di fabbricazione dei detersivi. Biodegradazione dei detersivi.

Cellulosa: Richiami sulla struttura e proprietà chimiche e fisiche. Processi di estrazione e purificazione. Cenni sull'industria della carta. Eteri della cellulosa. Esteri della cellulosa. Acetilcellulosa. Alkali cellulosa. Nitrocellulosa. Xantecellulosa.

Le fibre: Concetti fondamentali. Struttura delle fibre. Sintesi delle fibre. Orientamento e cristallinità. L'influenza dell'orientamento sulle proprietà delle fibre. Struttura chimica e proprietà delle fibre.

Fibre artificiali: Definizione e caratteristiche.

Fibre sintetiche: Definizione.

I monomeri: acido adipico, esametildiammina, lattame 3, lattame 4, lattame 6, acido tereftalico. I lattami per i plastici: lattame 11, lattame 12.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Per il corso è consigliabile il II volume del Trattato di Chimica Industriale di Girelli, Matteoli e Parisi, Zanichelli Editore, Bologna.

TECNOLOGIE DEI SISTEMI DI CONTROLLO (1/2 annualità)

AG0264

Prof. GianAntonio MAGNANI

Programma d'esame

1. Funzioni di un sistema di controllo di processo. Regolazione e automazione. Supervisione. Sicurezza.

2. Strumentazione per il controllo e la regolazione automatica dei processi continui.
- 2.1 I regolatori industriali standard. Classificazione. Esempi. Descrizione funzionale. Leggi di controllo. Autotaratura ad anello aperto e chiuso. Criteri di scelta e di taratura in funzione delle caratteristiche del processo. Interfaccia verso l'operatore. Interfaccia verso il processo. Conversione analogico/digitale. Regolatori basati sulla logica fuzzy (cenni).
- 2.2 La misura delle principali grandezze fisiche. Descrizione funzionale e proprietà dinamiche dei sensori. Criteri di progetto e scelta.
- 2.3 Attuatori. Descrizione funzionale e proprietà dinamiche. Criteri di progetto e scelta.
- 2.4 Sistemi di controllo distribuito e centralizzato per la supervisione, la regolazione automatica e l'automazione di processi industriali continui e discontinui. Architetture funzionali e realizzative. Strutture di comunicazione.
3. L'automazione dei processi discontinui e delle operazioni in sequenza. Descrizione del problema. Controllori logici programmabili (PLC). Caratteristiche principali. Metodi di specifica e progetto.
4. Progetto funzionale di un sistema di controllo. Metodologie di approccio, specifica e documentazione. Normative e procedure. Strutture di controllo tipiche nelle applicazioni industriali. Impiego della simulazione nelle diverse fasi di un progetto.

Esercitazioni

Verrà illustrato compiutamente un caso reale di automazione e controllo di un processo industriale.

Modalità d'esame

Per quegli studenti che avessero seguito anche il corso di Robotica industriale è prevista una prova d'esame coordinata tra i due corsi.

Libri consigliati

G. Magnani: Tecnologie dei sistemi di controllo, Appunti

Testi di consultazione

C.L. Albert, D.A. Coggan: Fundamentals of Industrial Control, Instrument Society of America, 1992.

TECNOLOGIE DELLE COSTRUZIONI AERONAUTICHE

AL0114

Prof. Giuseppe SALA

Programma d'esame

Materiali a legge costitutiva elastoplastica: parametri di scelta, legge costitutiva, struttura e deformazione dei solidi policristallini, leghe di alluminio, titanio, magnesio, ferro-carbonio, altre leghe e metalli speciali; tecnologie di deformazione plastica a freddo, deformazione superplastica, deformazione plastica a caldo, fusione, lavorazioni per asportazione di truciolo, lavorazioni chimiche ed elettrochimiche, trattamenti termici e superficiali; saldatura, metodi di collegamento meccanici.

Materiali a legge costitutiva iperelastica: legge costitutiva; struttura chimica degli elastomeri; tipologie e tecnologie.

Materiali a legge costitutiva viscoelastica: legge costitutiva; struttura chimica dei polimeri; tipologie e tecnologie; ablativi, refrattari e protezioni termiche; film e rivestimenti speciali; trasparenti, policarbonati e polimetilmetacrilati.

Materiali a legge costitutiva elastica ortotropa: legge costitutiva, teoria della laminazione. criteri di resistenza, sforzi residui igrotermici, effetti di bordo e di intaglio; le fibre, le matrici, le schiume, i nidi d'ape; tecnologie di formatura in pressa ed in autoclave pultrusione e tube rolling; avvolgimento e braiding; tecnologie dei compositi termoplastici; RTM, RRIM, SMC, BMC; materiali compositi a matrice metallica; GLARE, ARALL; materiali compositi a matrice ceramica, vetri, ceramiche; legni; lavorazioni meccaniche, water-jet, laser, collegamenti meccanici, incollaggi, sandwich, inserti, attrezzi per la formatura, influenza delle condizioni ambientali.

Smart materials: compositi con fibre ottiche, leghe a memoria di forma, ceramiche piezoelettriche, fluidi elettroreologici.

Problematiche di produzione, assemblaggio, riparazione, manutenzione.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno in seminari monografici sui più importanti argomenti trattati durante il corso e tenuti da esperti del mondo dell'industria aeronautica.

Libri consigliati

Locati: Corso di Tecnologie Aeronautiche, Levrotto & Bella - Torino;
 Marchetti e Felli: Tecnologie Aeronautiche, Editoriale ESA - Roma;
 Crivelli Visconti: Materiali Compositi, Tecnologie e Progettazione, Tamburini - Milano;
 Guibert: Fabrication des Avions et Missiles, Dunod - Parigi;
 Panseri: Manuale di Tecnologia delle Leghe Leggere da Lavorazione Plastica, Hoepli - Milano;
 Tsai: Composite Design, Think Composites - Dayton;
 Vinson e Sierakowsky: The Behaviour of Structures Composed of Composite, Martinus Nijhoff - Amsterdam;
 Lubin: Handbook of Composites, Van Nostrand - New York;
 Schwartz: Composite Materials Handbook, McGraw Hill - Londra;
 Allen: Analysis and Design of Structural Sandwich Panels, Pergamon Press - Londra;
 Plantema: Sandwich Construction, John Wiley & Sons - New York.

TECNOLOGIE DELLE ENERGIE RINNOVABILI

Prof. Mario GAIA

AK0104

Programma d'esame

Quantificazione del potenziale delle principali fonti permanenti di energia: solare con captazione diretta, produzione di biomassa, energia eolica, geotermica, gradiente termico oceanico, maree e moto ondoso.

Classificazione degli impieghi di energia da fonti permanenti: impieghi termici, produzione di energia elettrica, altri impieghi.

Energia solare. Dati di insolazione e climatici. Tipologia dei collettori non focalizzati e focalizzati. Stagni solari. Metodi di puntamento dei collettori focalizzati. Gestione dei campi di collettori. Calcoli delle prestazioni dei collettori. Accumulo di energia termica. Produzione di energia elettrica per via termica. Criteri di gestione e regolazione. Modellazione e simulazione degli impianti. Disamina di impianti realizzati e proposti, discussione delle prestazioni e dei costi. Conversione fotovoltaica. Principi di funzionamento delle celle fotovoltaiche. Sistemi con monocristalli e a film. Tipologia dei dispositivi di maggior impiego. Prestazioni di celle singole e di sistemi estesi. Criteri di regolazione. Esame di alcuni impianti di diversa scala con discussione degli aspetti tecnici ed economici.

Energia geotermica. Anomalie del gradiente termico, sistemi ad acqua dominante, sistemi a vapore, rocce calde secche. Metodi di sfruttamento in cascata dell'energia geotermica. Tipologie degli impianti per la produzione di energia elettrica (a vapore diretto, con flash, binari con fluido di lavoro diverso dall'acqua). Problematiche, sistemi di controllo e diagnostica degli impianti geotermici.

Energia eolica. Calcolo della potenza di turbine eoliche, teoria impulsiva. Potenza minima, di progetto e massima di una turbina eolica. Diagrammi caratteristici e tipologia delle macchine. Problematiche di accoppiamento con la rete elettrica. Aspetti economici e discussione della taglia ottimale.

Energia da biomassa. Tipologia delle biomasse per uso energetico, quantità disponibili e caratteristiche energetiche. Metodi di impiego: produzione di combustibili liquidi e gassosi, utilizzazione tramite combustione. Combustori e motori termici per biomasse. Alimentazione, gestione e regolazione degli impianti. Aspetti relativi all'inquinamento. Presentazione e descrizione di alcuni casi esemplificativi.

Altre fonti rinnovabili. Discussione dei principi e breve presentazione delle realizzazioni e ricerche in corso.

Modalità d'esame

Al termine del corso gli allievi sosterranno un esame orale.

Testi consigliati

- Duffie J., Beckman W: Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, 1991.
 Jensen J., Sorensen B.: Fundamentals of Energy Storage, John Wiley & Sons, 1984.
 Kestin J.: Sourcebook of Production of Electricity from Geothermal Energy, Brown University, Rhode Island, 1980.
 Egglestone D., Stoddard F.: Wind Turbine Engineering Design, Van Nostrand Reinhold, 1987.

TECNOLOGIE INDUSTRIALI
Prof. Alessandro POZZETTI
AQ0015*Programma d'esame*

- 1. Analisi e progettazione dei sistemi produttivi.**
 - 1.1. Analisi e classificazione dei sistemi produttivi.
 - 1.2. Progettazione di impianti manifatturieri:
 - sistemi di fabbricazione (job shop, celle, linee transfer, FMS)
 - sistemi di montaggio (montaggio a posto fisso, linee a cadenza, linee a trasferimento non vincolato, linee a trasferimento continuo, linee multi model e mixed model, assembly shop, FAS).
 - 1.3. Progettazione di impianti di processo.
 - 1.4. L'obsolescenza degli impianti e delle macchine e la valutazione della convenienza del rinnovo.
- 2. Esame dei principali trattamenti dei materiali.**
 - 2.1. Frantumazione e macinazione.
 - 2.2. Separazione meccanica di solidi da liquidi ed essiccazione.
 - 2.3. Separazione di solidi da gas.
 - 2.4. Dosaggio.
 - 2.5. Classificazione.
 - 2.6. Omogeneizzazione.
 - 2.7. Trasporto dei materiali sfusi.
3. Analisi di tecnologie.
 - 3.1. Tecnologia alimentare.
 - 3.2. Tecnologia cartaria.
 - 3.3. Tecnologia del cemento.
 - 3.4. Tecnologia ceramica.
 - 3.5. Tecnologia della gomma.
 - 3.6. Tecnologia tessile.
 - 3.7. Tecnologia del vetro.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella discussione di casi aziendali e nello sviluppo di elaborati di carattere applicativo.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti trattati nelle lezioni e in una discussione dei casi e degli elaborati sviluppati nelle esercitazioni.

Libri consigliati

- Appunti e dispense distribuiti durante il corso.
 A. Brandolese, M. Garetti: Processi Produttivi. CLUP, 1980.
 L. Finzi, M. Garetti: Trasporto, stoccaggio e preparazione dei materiali sfusi. CLUP, 1984.

TECNOLOGIE METALLURGICHE
Prof. Giovanni CAIRONI
AR0140*Programma d'esame*

- 1. Trasformazione dell'energia elettrica in calore** (per resistenza, per arco, per induzione).
- 2. Trasmissione del calore** e metodi di misura e controllo della temperatura.

3. **Processi elettrotermici e vari tipi di forni** per: riscaldamento a resistenza (riscaldamento diretto, indiretto, elementi riscaldanti); ad arco (forni di fusione, di riduzione, ad arco radiante, sotto vuoto; forni E.S.R.; elettrodi; refrattari; perturbazioni di rete); ad induzione (principi, metodi di funzionamento, frequenza; forni elettrici a induzione a frequenza di rete, con e senza nucleo; forni a media frequenza senza nucleo); mediante plasma (principi, tipi di torce, forni, applicazioni); a fascio elettronico (principi, cannoni ad elettroni, applicazioni, fusione, evaporazione, affinazione, taglio); mediante laser; a raggi infrarossi.
4. **L'elettrotermia nei processi di fabbricazione dei metalli e in particolare dell'acciaio:** fabbricazione dell'acciaio al forno elettrico ad arco, ad induzione, ad arco sotto vuoto, sotto scoria elettroconduttrice; fabbricazione della ghisa al forno elettrico; fabbricazione delle ferroleghie. Elaborazione dell'acciaio fuori forno. Materiali refrattari.
5. **L'elettrotermia nei trattamenti termici dei metalli:** trattamenti termici ad induzione, tempra superficiale e localizzata; riscaldamento a resistenza diretta; forni a muffola, a campana, a pozzo, continui; forni a bagno di sali fusi (a resistenza e con elettrodi immersi).
6. **Processi di saldatura, brasatura e taglio:** la saldatura ad arco con elettrodi rivestiti (l'arco elettrico; macchine elettriche per saldatura ad arco; gli elettrodi rivestiti; la preparazione dei lembi per la saldatura manuale ad arco; i difetti in saldatura ad arco); la saldatura automatica ad arco sommerso (i flussi; tecnica a filo singolo e a doppio filo). La saldatura ad arco in atmosfera gassosa (procedimento TIG; procedimenti MIG e MAG a filo continuo; drop-arc, spray-arc, corrente di transizione). La saldatura per bombardamento elettronico. La saldatura al laser. Riporti al laser. La saldatura elettrica a resistenza (saldatura per punti e per rilievi; saldatura a rulli; saldatura di testa per forgiatura; saldatura di testa a scintillo). Saldobrasatura. Brasatura. Brasatura capillare. Brasatura forte, in forno, a resistenza, a induzione. Tecniche connesse con la saldatura (l'ossitaglio, il taglio ossielettrico; il taglio all'arco plasma; solcatura con elettrodo di carbone ed aria compressa). Cicli termici in saldatura. Deformazioni e sollecitazioni dovute all'azione termica.
Altri procedimenti di saldatura.
7. **Cenni su applicazioni elettrometallurgiche nella fabbricazione di metalli non ferrosi.**

Esercitazioni

Nell'ambito delle esercitazioni verranno svolte visite ad impianti industriali.

Libri consigliati

A. Vallini: La saldatura e i suoi problemi, Vol. I e II Ed. del Bianco 1978, ed inoltre, dispense del corso.

I forni fusori nella fonderia di ghisa e di acciaio, Voll. I e II, Assofond, 1986.

Metals Handbook, vol. VI, "Welding, Brazing and Soldering", ASM, 1983.

TELEMATICA

Prof. Riccardo MELEN

AG0216

*Programma d'esame***Reti telematiche.**

Architetture e servizi.

Modelli stratificati e funzioni di uno strato.

Esempi di reti (rete telefonica integrata, Internet, OSI).

Protocolli e servizi telematici.

Il modello OSI ed il modello Internet, il servizio di rete.

Lo strato di trasporto (TCP ed OSI).

Funzioni degli strati di sessione e presentazione, ASN.1.

Architettura del livello di applicazione OSI.

Gli ASE comuni (ACSE, ROSE, RTSE, CCR).

Esempi di servizi applicativi OSI (FTAM, DS).

Esempi di servizi applicativi Internet (FTP, TELNET, SMTP, DNS).

Gestione delle reti.

Modello per la gestione (manager/agent/managed object).
 Aree funzionali della gestione.
 Gestione tramite SNMP.
 Gestione tramite CMIP.
 Architettura ed interfacce della TMN.
 Sistemi di supporto alla gestione.
Servizi su rete telefonica intelligente.
 Premessa: il controllo della chiamata negli autocommutatori.
 Rete intelligente di prima generazione.
 Servizi avanzati su rete telefonica.
 Il protocollo TCAP.
 Architettura della rete intelligente avanzata (CS1).
 Esempi di supporto di servizi.

Libri consigliati

G. Le Moli: Telematica, Architetture, Protocolli e Servizi, ISEDI Petrini Ed., 1988.
 M. Rose: The Simple Book, Prentice-Hall, 1991.
 W. Stallings: SNMP, SNMPV2 and CMIP: The Practical Guide to Network Management Standards, Addison Wesley, 1993.

TELERILEVAMENTO **Prof. Giovanmaria LECHI**

AX0010

Programma d'esame

Introduzione. Principali leggi fisiche sulla radiazione elettromagnetica. Emissività, riflettività, firma spettrale, radiazione di corpo nero.

Strumenti da ripresa. Camere fotografiche normali e multispettrali. Accoppiamento filtro/pellicola. Tipi di pellicola. Tipi di rivelatore. Dispositivi ottico-meccanici a scansione. Telecamere. Radar. Radiometri. Piattaforme di ripresa. Influenza dell'atmosfera sulla raccolta dei dati. Concetto di risoluzione geometrica, radiometrica, spettrale. Definizione del pixel.

Strumenti da restituzione. Sintetizzatori analogici di immagini. Sistemi digitali. Software di restituzione. Conversione analogico-digitale. Scale.

Elaborazione dei dati. Elaborazioni analogiche, elaborazioni digitali. Principali algoritmi matematici impiegati nelle elaborazioni numeriche. Principi di teoria delle informazioni.

Principi fondamentali di interpretazione dei dati. Applicazioni territoriali: la costruzione di mappe tematiche. Classificazione dei suoli; mappe dell'umidità superficiale. Applicazioni in Geologia strutturale. Classificazione dei tipi di copertura vegetale e "Land-use". Applicazioni del Telerilevamento nel controllo dell'inquinamento delle acque. L'impiego della termografia aerea o da satellite per lo studio della circolazione di estese superfici d'acqua. Impiego della termografia per il restauro delle opere d'arte. L'osservazione dei fenomeni non esclusivamente superficiali. Esempi di applicazioni del Telerilevamento in archeologia. Misura degli stati di stress termico. Misura delle perdite di calore degli edifici.

Esercitazioni

- 1) Valutazioni quantitative sulla radiazione di corpo nero.
- 2) Valutazioni quantitative sulla radianza del pixel.
- 3) Valutazioni quantitative sulla potenza che giunge al rivelatore di un dispositivo a scansione.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale sul programma del corso e su una delle esercitazioni scelta dal candidato.

Libri consigliati

Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry.
 Remote Sensing. P.N. Slater. Addison-Wesley Publishing Company, 1980.

Remote Sensing Principles and Interpretation. Floyd F. Sabins. W.H. Freeman and Company, 1978. Dispense del corso.

TELERILEVAMENTO E DIAGNOSTICA ELETTROMAGNETICA
Prof. Giuseppe DRUFUCA

AG0220

Programma d'esame

Richiami introduttivi. Le onde e le antenne. L'equazione del radar.

Le Onde. Sintesi del campo d'onda. Mezzi di interesse ai sistemi di rilevamento. Onde acustiche, elettromagnetiche ed elastiche. Onde piane, raggi, raggi gaussiani, integrale di Sommerfeld. La propagazione. Mezzi stratificati, mezzi non uniformi e mezzi casuali. Il problema delle caustiche e delle leaking waves. Approssimazioni GTD e WKBJ. La retrodiffusione. Linearizzazione per piccole perturbazioni. La sezione radar. La retropropagazione e l'inversione. Tecniche deterministiche: metodi basati sull'integrale di Kirchhoff. Tecniche stocastiche: nonunicità della soluzione, spazio dei dati, spazio dei modelli, spazi nulli, informazione a priori, problemi di stima ottima, compensazione dell'assorbimento.

Tecniche di rilevamento. Tomografiche. Radar ad Apertura Sintetica. Migrazione Sismica. Ecografia e Tomografia Medica. Interferometriche. Radar ad Apertura Sintetica per Interferometria. Radar Polarimetriche. Radiometriche.

Sistemi. Radar di Immagini e di Avvistamento: Fissi, aerei e su satellite MTI, Radar Doppler. Radar Acustici. Ecoscandagli. SODAR. SONAR. Apparati per la prospezione petrolifera in terra e mare. Radiometri e Scanners Multispettrali.

Applicazioni. (Argomenti monografici a scelta) Rilevamento delle risorse terrestri, agricole e minerarie. Controllo dell'inquinamento atmosferico ed idrico. Rilievi topografici e geodetici. Controllo del traffico. Applicazioni biomediche. Prospezione petrolifera mono e multi-componente.

Modalità d'esame

L'esame consiste nello svolgimento di un elaborato individuale o di gruppo su un tema particolare del Corso concordato con il docente, ed in una prova orale integrativa o sostitutiva.

Libri consigliati

A.C. Kak e M. Shaney: Principles of Computerized Tomographic Imaging, IEEE PRESS, 1988

A. Tarantola: Inverse Problem Theory, Elsevier, 1987

Indicazioni bibliografiche e materiale didattico verranno distribuiti durante l'anno.

TEORIA DEI FENOMENI ALEATORI
Prof. Achille PATTAVINA

AG0018

Programma d'esame

1. Processo di Bernoulli.

Numero di successi. Tempi di successo. Somma di variabili aleatorie indipendenti.

2. Processo di Poisson.

Conteggio degli arrivi. Tempo degli arrivi. Sovrapposizione e scomposizione di processi.

3. Catene di Markov.

Definizione e proprietà. Visita ad uno stato prefissato. Classificazione degli stati. Stati ricorrenti e probabilità limite. Stati periodici.

4. Processi di Markov.

Definizione e proprietà. Struttura di un processo. Generatori. Teoremi limite.

5. Code Markoviane di base.

Processi di nascita e morte. Coda M/M/1. Coda M/M/c. Formula di Erlang. Coda M/M/*****. Code con popolazione finita. Servizio dipendente dallo stato. Code con impazienza. Studio del transitorio con un servente. Studio del busy period.

6. **Code Markoviane avanzate.**
Arrivi a gruppi. Servizi di gruppi. Modelli erlangiani. Code con priorità.
7. **Reti di code.**
Code in serie. Processo di uscita da una coda M/M/C. Code in serie con blocco. Reti non di Jackson aperte e chiuse. Code cicliche. Estensioni di reti di Jackson. Reti di Jackson.
8. **Code con servizio generale.**
Coda M/G/1. Formula di Pollaczek-Khintchine. Distribuzione di probabilità agli istanti di partenza. Tempi di attesa. Busy period. Coda M/G/1/K.
9. **Code sincrone.**
Coda M/G/1 sincrona. Coda M/D/1. Coda Geom(N)/D/1. Coda Geom/G/1. Coda Geom/G/1/B. Coda M/D/C. Coda Geom(N)/D/C/B.
10. **Modelli di simulazione.**
Generalità sulla simulazione. Tecniche di simulazione: avanzamento per eventi o tempo. Generazioni di numeri casuali. Generazione di distribuzione di probabilità. Analisi di risultati e loro elaborazione statistica. Software di simulazione.
11. **Teoria dell'affidabilità.**
Modelli markoviani di affidabilità. Entità a due stati ripristinabile e non ripristinabile. Modelli di guasto e ripristino per entità a elementi multipli. Determinazione della disponibilità, dell'affidabilità e della manutenibilità. Modelli combinatori di affidabilità. Cenni sull'affidabilità delle reti di comunicazione secondo criteri di connettività e di congestione.

Modalità d'esame

Prova scritta e orale.

Testi consigliati

- E. Cinlar: Introduction to Stochastic Processes, Prentice Hall, 1975.
 D. Gross, C.M. Harris: Fundamentals of queueing theory, John Wiley
 M. Decina: Appunti sulla teoria dell'affidabilità, La Goliardica.

TEORIA DEI SEGNALI**AG0212****Prof. Luigi MUSUMECI, Claudio PRATI***Programma d'esame*

1. **Segnali.** Elementi di un sistema di comunicazione. Classificazione dei segnali. Segnali determinati e segnali casuali. Segnali ad energia finita ed a potenza finita. Segnali continui e discreti.
2. **Analisi di Fourier.** Serie di Fourier. Trasformata di Fourier. Proprietà della trasformata di Fourier. Funzione delta. Trasformata di Fourier dei segnali periodici. Teorema del campionamento. Ricostruzione dei segnali continui. Trasformata discreta di Fourier. Periodicità nel tempo e nella frequenza.
3. **Sistemi lineari tempo-invarianti.** Linearità. Invarianza nel tempo. Integrale di convoluzione. Risposta nel dominio della frequenza. Condizioni per la trasmissione senza distorsione. Segnali a banda limitata. Criterio di Nyquist. Rappresentazione di un segnale a banda stretta mediante l'involuppo complesso.
4. **Trasformata di Laplace e Z.** Definizione e proprietà. La Trasformata di Laplace Inversa per le funzioni razionali. Il significato dei poli e degli zeri. Soluzione delle equazioni lineari differenziali. La Trasformata Z e relazione con la Trasformata di Laplace. La Trasformata Z Inversa per le funzioni razionali. Soluzione delle equazioni alle differenze. Cenni sui filtri digitali.
5. **Densità spettrale e correlazione per segnali e sequenze.** Densità spettrale di energia. Correlazione dei segnali ad energia finita. Densità spettrale di potenza. Correlazione dei segnali a potenza finita. Caratteristiche spettrali dei segnali periodici.
6. **Processi casuali.** Elementi di Teoria della Probabilità. Processi casuali. Caratteristiche spettrali dei segnali casuali. Stazionarietà. Media, funzione di autocorrelazione e funzione di autocovarianza di un processo casuale. Medie temporali ed ergodicità. Densità spettrale di potenza. Processi gaussiani. Rumore bianco. Banda equivalente di rumore. Stima spettrale non parametrica.

7. **Applicazioni.** Il segnale telefonico. Codifica PCM del segnale telefonico. Il segnale televisivo. Rumore termico ed elettronico. Temperatura equivalente di rumore nei sistemi lineari.
8. **Teoria dell'informazione.** Sorgenti d'informazione. Misura della informazione. Codifica di sorgente. Codifica di Huffman. Teorema sulla codifica della sorgente.

Modalità d'esame

L'esame è costituito da prove scritte ed eventualmente da una prova orale integrativa.

Libri consigliati

H. Baher: Analog & Digital Signal Processing, Wiley.
 S. Bellini: Elementi di Teoria dei Segnali. CLUP.
 F. Carassa: Comunicazioni Elettriche, Boringhieri.
 S. Haykin: An Introduction to Analog and Digital Communications, Wiley.
 A. Oppenheim, A. Willsky, I. Young: Signals and Systems, Prentice-Hall.

TEORIA DEI SISTEMI

AG0021

Prof. Patrizio COLANERI, Sergio RINALDI

Programma d'esame

1. Sistemi lineari.

Definizione di sistema lineare continuo e discreto. Esempi. Movimento, traiettoria ed equilibrio. Linearizzazione di sistemi non lineari. Formula di Lagrange. Principio di sovrapposizione delle cause e degli effetti. Reversibilità. Matrice di transizione: proprietà e calcolo. Definizione di asintotica stabilità, semplice stabilità e instabilità. Implicazioni e significato pratico di stabilità. Stabilità e autovalori. Sistemi del secondo ordine. Metodi numerici per l'analisi della stabilità. Equazione di Liapunov. Raggiungibilità e test di Kalman. Forma canonica di controllo e altre forme canoniche. Legge di controllo, fissabilità degli autovalori e stabilizzabilità. Osservabilità e principio di dualità. Forma canonica di osservazione e altre forme canoniche. Ricostruttore asintotico dello stato e rivelabilità. Il problema del regolatore. Scomposizione canonica e minimalità. Stabilità esterna. Risposta all'impulso. Convoluzione. Trasformata di Laplace (cenni) e trasformata Zeta. Funzione di trasferimento: definizione e calcolo. Significato pratico di poli, zeri e guadagno. Sistemi a sfasamento minimo e ingressi nascosti. Calcolo qualitativo delle risposte all'impulso e allo scalino. Metodo delle perturbazioni singolari per l'analisi di sistemi lineari a dinamica differenziata. Schemi a blocchi e formula di Mason. Regime periodico e risposta in frequenza. I sistemi lineari con ingressi casuali. Diagrammi di Bode. Proprietà filtranti dei sistemi lineari: amplificazione, attenuazione, banda passante e risonanza. Calcolo della banda passante. Stabilità, raggiungibilità, osservabilità e banda passante nei sistemi collegati in cascata, parallelo e retroazione. Il metodo del luogo delle radici. Realizzazione minima dei sistemi a un ingresso e una uscita. Relazioni ingresso-uscita e modelli ARMA. Sistema inverso e ricostruzione degli ingressi dalle uscite. Identificazione dei modelli ARMA da misure di ingresso e uscita (caso deterministico). I sistemi come algoritmi di elaborazione dei segnali (cenni). I sistemi a segnali campionati e il ruolo del periodo di campionamento. I sistemi positivi: autovalore di Frobenius, eccitabilità e positività dell'equilibrio. I sistemi lineari nelle probabilità: catene di Markov e code (cenni). Programmi per l'analisi delle proprietà dei sistemi lineari su PC.

2. Sistemi non lineari.

Sistemi non lineari continui e discreti. Esempi. Equilibri multipli, isolati e non isolati. Stabilità dell'equilibrio: definizione e significato. Metodo di Liapunov. Criteri di instabilità. Stabilità in grande. Stabilità dell'equilibrio via linearizzazione. Sistemi del secondo ordine: equilibri, cicli, teoremi di Bendixon e Poincaré. Oscillatori. Biforcazioni e catastrofi. Funzionamento caotico dei sistemi non lineari. Strani attrattori e geometria frattale. Programmi per l'analisi delle proprietà dei sistemi non lineari su PC.

3. Elementi di simulazione.

Il concetto di similitudine. La simulazione su calcolatore. Tecniche di discretizzazione dei sistemi continui. Programmi per la simulazione dei sistemi dinamici su PC. Tecniche e linguaggi di simulazione (cenni). Prestazioni di un modello di simulazione. Ruolo dei dati e taratura dei modelli di simulazione.

Esercitazioni

Durante l'anno l'allievo risolverà (eventualmente presso il Centro di calcolo) dei problemi a carattere professionale che prevedono l'uso di un personal computer. Per queste esperienze, che costituiscono parte integrante del corso e dell'esame, lo studente dovrà munirsi dei dischetti di Teoria dei Sistemi (CLUP).

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta, con eventuale discussione dell'elaborato, od orale, a scelta del candidato. Tutte le prove, scritte o orali, riguardano in parte gli aspetti di analisi e simulazione dei sistemi dinamici su personal computer.

Libri consigliati

Buona parte delle lezioni viene svolta seguendo il testo:
S. Rinaldi, Teoria dei sistemi, CLUP, 1977

mentre per gli esercizi si deve far riferimento a:

S. Rinaldi, Teoria dei sistemi: esercizi, CLUP, 1984

L. Ghezzi et altri, I sistemi dinamici: dalla teoria alle applicazioni, CittàStudi, 1992

Per i richiami di algebra lineare si consiglia:

G. Fronza, A. Locatelli, S. Rinaldi, Elementi di algebra lineare, CLUP, 1982.

TEORIA DEL CONTROLLO**AG0265****Prof. Arturo LOCATELLI***Programma d'esame***1. Problemi di controllo ottimo classico.**

1.1. La teoria di Hamilton-Jacoby.

1.2. Il problema lineare-quadratico su tempo finito e infinito.

1.3. Proprietà stabilizzanti del regolatore ottimo.

1.4. L'equazione algebrica di Riccati.

1.5. Il problema dell'inseguimento.

1.6. Il problema inverso.

1.7. Il filtro di Kalman.

1.8. Il principio del massimo.

1.9. Deduzione delle condizioni del principio del massimo.

1.10. Archi singolari.

1.11. Problemi con vincoli sulle variabili di stato e/o di controllo.

1.12. Controllo in tempo minimo.

1.13. Metodi di variazione seconda.

1.14. Metodi di calcolo.

2. Stabilizzazione di un sistema dinamico.

2.1. Poli e zeri di un sistema dinamico.

2.2. Assegnamento dei poli.

2.3. Regolazione asintotica a zero degli errori.

2.4. Parametrizzazione dei regolatori stabilizzanti.

3. Elementi di analisi e sintesi di controllo negli spazi di Hardy.

3.1. Gli spazi RH_2 e RH_∞ .

3.2. Controllo in RH_2 e legami con il controllo lineare-quadratico-gaussiano.

3.3. Controllo robusto e controllo in RH_∞ .

Libri consigliati

A. Locatelli: Elementi di Controllo Ottimo, CittàStudi

A. Locatelli: Raccolta di Problemi di Controllo Ottimo, Pitagora

P. Colaneri: Note sull'equazione algebrica di Riccati, Pitagora

P. Colaneri, A. Locatelli: Elementi di controllo in RH_2 e in RH_∞ , ed. Pitagora.

TEORIA DELLE RETI ELETTRICHE

Prof. Mauro SANTOMAURO

AG0019

Programma d'esame

1. **Postulati fondamentali delle reti elettriche e loro significato fisico.** Modelli matematici. Elementi costitutivi delle reti elettriche. Bipoli, n-poli, n-porta. Analisi e sintesi.
2. **Proprietà topologiche delle reti elettriche.** Grafo, albero, coalbero, matrice di incidenza A, matrice delle maglie fondamentali B e degli insiemi di taglio fondamentali Q. Leggi di Kirchhoff per le tensioni e per le correnti in forma implicita ed esplicita.
3. **Caratterizzazione elettrica di elementi lineari resistivi.** Bipoli e doppi bipoli. Generatori comandati. Formulazioni serie parallelo ed ibride. Parametri di trasmissione. Proprietà generali: passività, reciprocità, simmetria. Collegamenti tra doppi bipoli.
4. **Analisi di reti lineari resistive.** Metodo della Tabella Sparsa (STA). Analisi per maglie e per insiemi di taglio. Dualità. Analisi Nodale (NA) e Analisi Nodale Modificata (MNA) Esistenza ed unicità della soluzione. Metodi di risoluzione di sistemi lineari algebrici: diretti e iterativi. Sparsità.
5. **Caratterizzazione elettrica di elementi non-lineari resistivi.** Bipoli passivi: proprietà non-amplificazione. Bipoli monotoni e loro proprietà. Caratteristiche proprie e di trasferimento di reti comprendenti solo bipoli monotoni. Linearizzazione. Modelli statici non-lineari e linearizzati del diodo, dei transistor BJT e MOSFET e dell'amplificatore operazionale.
6. **Analisi di reti non-lineari resistive.** STA, NA, MNA. Esistenza e unicità della soluzione. Risoluzione di sistemi non-lineari algebrici. Equazioni di punto fisso. Metodo Newton-Raphson e sua interpretazione circuitale. Convergenza. Circuito linearizzato e circuito di elementi linearizzati. Analisi per piccoli segnali.
7. **Analisi di reti dinamiche nel dominio del tempo.** Modello di stato e sue proprietà. Degenerazioni. Formulazione delle equazioni di stato. Stati di equilibrio. Equazioni di stato per reti lineari tempo-invarianti. Soluzione dell'equazione di stato. Metodi numerici per la risoluzione delle equazioni differenziali e loro interpretazione circuitale. Circuiti con costanti di tempo molto diverse tra loro. Reti comprendenti bipoli lineari e tratti.
8. **Analisi di reti lineari dinamiche in regime sinusoidale.** Metodo dei fasori. STA, NA, MNA. Esistenza ed unicità della soluzione. Risposta in frequenza. Reti in regime periodico non sinusoidale.
9. **Analisi di reti dinamiche lineari con l'uso della trasformata di Laplace.** Metodo simbolico per l'analisi delle reti. Risposta con stato zero e con ingresso zero. Funzione di trasferimento $H(s)$. Soluzione dell'equazione di stato con la T.d.L. Legame tra $H(s)$ e le matrici di stato A,B,C,D dell'equazione di stato. Costruzione grafica del modulo e della fase di $H(j\omega)$. Parametri di diffusione.
10. **La simulazione circuitale.** Caratteristiche generali di un programma per la simulazione circuitale. Il programma SPICE2: descrizione, prestazioni, ed utilizzo. Cenni ad altri tipi di simulazione.
11. **Analisi dei circuiti digitali.** Caratterizzazione mediante le equazioni di stato. Analisi nel dominio della variabile z. Rappresentazioni matriciali e mediante grafi di flusso di segnale. Funzioni di trasferimento: $H(z)$. Stabilità. Forme canoniche. Risposta in frequenza.
12. **Sintesi di circuiti analogici e digitali.** Sintesi di circuiti analogici mediante elementi passivi. La sintesi RC attiva. Progetto di un filtro passa-basso mediante l'approssimazione di Butterworth. Relazione tra circuiti analogici e digitali. Cenni sulla sintesi di filtri digitali.

Esercitazioni

Durante l'anno saranno svolte esercitazioni numeriche in aula e con l'ausilio del calcolatore nelle aule informatizzate.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta e di un colloquio. La prova scritta può essere sostituita da un progetto relativo alla simulazione circuitale. In questo caso parte del colloquio sarà dedicato alla discussione del progetto.

Libri consigliati

Per le sezioni da 1 a 9 si segue il testo:

L. Chua, C. Desoer, E. Kuh: Linear and Nonlinear Circuits, Ed. Mc Graw-Hill (in italiano: Circuiti Lineari e non lineari, Ed. Jackson).

Per le sezioni 11 e 12 è

A.V. Oppenheim, A. Wills, I. Yong: Signals and Systems, Ed. Prentice-hall.

TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI (1/2 annualità) Prof. Mario DENTE

AFO116

Programma d'esame

- **Problematica generale:** la natura dello sviluppo di processo, le sue varie fasi a seconda dello stato di conoscenza esistente, organizzazione e coordinamento dello sviluppo, le analisi degli aspetti e dei momenti critici, gli scopi e le funzioni e dei miglioramenti sui processi consolidati e maturi.
 - **Attività sperimentali** (e loro inserimento nello sviluppo di processo): ricerca di base, ricerca preliminare ed inventiva, ricerca sistematica e la metodologia per effettuarla, impianti pilota totali o parziali e scale produttive più significative, criteri di scale-up.
 - **Attività interpretative e di modellazione:** ruolo dei modelli iconici, dei modelli fenomenologici, dei modelli matematici, loro criteri di impostazione.
 - **Miglioramento di processi in atto:** metodologia per la individuazione delle variabili significative, problemi e metodi di ottimizzazione di progetto e conduzione di impianti.
- Parte del corso si svolgerà attraverso la presentazione di esempi reali di casi.
Adeguate dispense sugli argomenti del corso verranno in seguito preparate.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova orale sulla materia del corso

Libri consigliati

Si consiglia la lettura del testo:

D.M. Himmelblau, K.B. Bischoff: "Process analysis and simulation", J. Wiley & Sons, 1968.

TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE Prof. Livio FLORIO

BN0007

Programma d'esame

1. Il traffico stradale. I veicoli. Cenni di meccanica della locomozione. Indagini cinematiche. I diversi tipi di velocità. Diagrammi di distribuzione cinematica.
Modi di trasporto a controllo individuale e a controllo centralizzato.
Parametri dei flussi veicolari: velocità, densità, occupazione, intervallo e distanziamento interveicolare.
Fluttuazioni del traffico: fluttuazioni mensili, settimanali, giornaliere, orarie. Significato del Fattore dell'Ora di Punta e del Traffico Giornaliero Medio. Rilevamenti di traffico a mezzo aerofotorilevamenti o misure dirette.
2. La tipologia delle strade urbane secondo la classificazione CNR. Relazioni flusso-velocità-densità. Capacità stradali per flussi ininterrotti. Variazioni della capacità per diversi parametri costruttivi e operativi. Curve di deflusso e livelli di servizio. Costruzione della curva di deflusso con il metodo del veicolo in moto.
Concetto di onda cinematica e di onda shock.
3. Modello generale del veicolo accodato: distanziamento e capacità nei cinque casi fondamentali.
4. Il traffico in ambiente urbano: definizioni fondamentali e classificazione. Semaforizzazione a ciclo fisso secondo i metodi di Homburger e Kell, Webster e Pignataro. Semaforizzazioni a ciclo variabile mediante attuatori.
5. Criteri generali di classificazione delle intersezioni stradali secondo la normativa CNR.
Capacità e livelli di servizio delle intersezioni stradali a raso secondo il metodo dell'Highway Capacity Manual (HCM).

- Elementi di calcolo della capacità delle intersezioni non semaforizzate.
6. La congestione del traffico e il suo costo. Cenni di economia del traffico.
 7. Determinazione del fabbisogno di stazionamento e morfologia della sosta. Impianti per il parcheggio: tipologia dei più comuni impianti ed elementi per il progetto.
 8. Fattibilità, progetto e campi di impiego delle rotatorie ad immissione regolate.
 9. I piani di traffico urbano (PUT).
 10. Principi di circolazione in ferrovia. I metodi di calcolo di capacità delle linee della Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) e della Deutsche Bundesbahn (DB).
 11. Calcolo della capacità e progetto di massima dei più comuni sistemi di trasporto urbano.
 12. Le piste ciclabili. Principi di dimensionamento e livelli di servizio dei corridoi per i pedoni.
 13. Previsioni di traffico futuro. Cenni a metodi e applicazioni della Pianificazione dei Trasporti in campo urbano.

Esercitazioni

Consistono in applicazioni dei principi sviluppati nelle lezioni con particolare riguardo per i metodi di semaforizzazione e per la determinazione della capacità delle infrastrutture e dei sistemi.

Modalità d'esame

La prova di esame consiste in una prova orale sul programma del Corso e delle Esercitazioni. Agli allievi è data possibilità di predisporre una tesina o una dissertazione su un argomento a propria scelta della materia.

Libri consigliati

La materia è sviluppata nei testi:

Semafori, Intersezioni stradali, Parcheggi, Tecnica del Traffico 2 di G. Da Rios, editi dalla CLUP.
Tecnica del Traffico 1 di G. Centolani edito dalla CLUP.

Transportation Engineering An Introduction di C.J. Khisty edito da Prentice Hall (1990).

Traffic Analysis di M.A.P. Taylor e W. Young - Hargreen Publishing Company (1988).

Fundamentals of Transportation Engineering di C.S. Papacostas edito da Prentice Hall (1987).

Roads and Traffic in Urban Areas dell'Institution of Highways and Transportation inglese (1987).

Ingenierie du Trafic Routier di S. Cohen edito da Presses de l'ecole nationale des Ponts et Chaussees (Parigi 1990).

Dispense dalle lezioni disponibili presso il Dipartimento Sistemi di Trasporto e Movimentazione.

TERMINALI E IMPIANTI DI TRASPORTO

BN0008

Prof. Pietro MENGOLI

Programma d'esame

- A) **GENERALITA'** - Il trasporto nel contesto socio-economico. Distribuzione del traffico nei vari sistemi di trasporto.
- B) **TRAZIONE TERRESTRE** - Richiami di meccanica della locomozione e di trazione in generale.
 - 1 - **Ferrovie** - Unità tecnica delle strade ferrate: organi di aggancio, sagoma limite, franchi in curva. La sovrastruttura ferroviaria, il binario la manutenzione delle vie. Impianti fissi di stazione per viaggiatori e merci. Sistemi ed impianti di trazione. La trazione. La trazione elettrica: i diversi sistemi di alimentazione e regolazione; caratteristiche dei motori di trazione; linea aerea ed altri impianti fissi. La trazione endotermica ferroviaria: tipi di motori e di trasmissioni. Principali sistemi di circolazione ferroviaria: controlli e sicurezza. Ferrovie speciali o altri sistemi guidati.
 - 2 - **Trasporti su strada** - Automobilismo industriale: l'autobus e l'autocarro; tipi di motori e trasmissioni; ingombri dimensioni e pesi; norme di sicurezza e di manutenzione; impianti di stazione per viaggiatori e merci.
 - 3 - **Trasporti combinati strada-rotaia**: tipologia, caratteristiche dei veicoli, i containers, impianti di stazione.
 - 4 - **Trasporti su fune**: classificazione, caratteristiche costruttive degli impianti. Impostazione del calcolo dei vari tipi di linea.

5 - Metropolitane - limite di capacità e di convenienza economica; sistemi in galleria e all'aperto; tipi di gallerie; tipi ed esigenze delle stazioni; impianti di alimentazione; sistemi di circolazione, di sicurezza.

C) TRAZIONE SU ACQUA.

1 - In mare: caratteristiche e moti. I veicoli e i loro motori o propulsori, caratteristiche meccaniche e prestazioni. I porti, bacini di carenaggio.

2 - Su vie d'acqua interne: I porti, le vie d'acqua naturali, i canali. Le conche e altri sistemi per il superamento dei dislivelli. I mezzi e sistemi di locomozione.

3 - Impianti per l'interscambio.

D) TRAZIONE AEREA - La via e i veicoli. Caratteristiche meccaniche e prestazioni. Organizzazione per il movimento dei passeggeri e delle merci.

Esercitazioni

Visite a impianti e mezzi di trazione.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova orale sulla materia trattata nelle lezioni ed esercitazioni.

Libri consigliati

Oltre i libri consigliati per Tecnica ed Economia dei Trasporti sono disponibili le dispense del Corso presso la Sezione di Vie e Trasporti.

TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA

AE0104

Prof. Sergio CARRA'

Programma d'esame

- 1. Sistemi termodinamici.** Energia interna. Lavoro associato ad una trasformazione. Primo principio della termodinamica. Bilanci energetici. Secondo principio della termodinamica. Entropia. Caratterizzazione delle condizioni di equilibrio. Aumento di entropia nei processi irreversibili. Stabilità dell'equilibrio termodinamico. Equazioni di Eulero e di Gibbs-Duhem. Terzo principio della termodinamica.
- 2. Entalpia.** Funzioni di energia libera. Equazioni di Gibbs-Helmholtz. Relazioni di Maxwell. Capacità termiche. Equazioni di stato. Equilibrio in sistemi polifasici. Sistemi chimici reagenti. Grado di avanzamento di una reazione. Calore di reazione. Dipendenza del calore di reazione dalla temperatura. Misure delle variazioni di energia interna e di entalpia. Calori standard. Calori di formazione e combustione.
- 3. Potenziale chimico di un componente una miscela di gas perfetti.** Equilibrio chimico in una miscela di gas perfetti. Influenza della temperatura sulla costante di equilibrio.
- 4. Termodinamica statistica.** Insiemi statistici. Legge di distribuzione canonica. Proprietà termodinamiche dei gas perfetti e proprietà termodinamiche dei solidi. Equazioni di Einstein e Debye.
- 5. Comportamento di stato di un fluido reale:** superfici di stato. Forze intermolecolari. Equazioni di Van der Waals. Equazione di stato del viriale. Legge degli stati corrispondenti. Fattori di compressibilità ed acentrico. Comportamento di stato di miscele gassose. Esperienza di Joule Thomson. Cenni sulle teorie dello stato liquido.
- 6. Grandezze parziali molari.** Miscele ideali. Miscele non ideali (equazione di Hildebrand-Scatchard). Miscibilità parziale.
- 7. Regola delle fasi.** Tensione di vapore e calore di evaporazione. Equazione di Clausius-Clapeyron. Fugacità. Fugacità di un gas puro. Equilibrio fra le fasi. Fugacità di un liquido. Coefficienti di attività e loro valutazione dall'eccesso di energia libera. Equilibrio liquido-vapore in sistemi a più componenti. Sistemi azeotropici. Solubilità dei gas nei liquidi. Diagramma per la rappresentazione dell'equilibrio liquido-vapore. Coefficienti di attività in fase liquida. Equazioni di Van Laar, Murgules, Hildebrand, Wilson, NRTL. Equilibrio di ripartizione fra due liquidi. Solubilità dei solidi nei liquidi. Diagrammi di stato dei sistemi binari e ternari e loro uso.
- 8. Equilibrio chimico in miscele di gas reali.** Equilibri chimici in sistemi coinvolgenti solidi.

Equilibri chimici in soluzione.

9. **Trasformazione del calore in lavoro.** Efficienze dei cicli ideali. Exergia.
10. **Transizioni di fase e fenomeni critici.** Parametri d'ordine e transizione di fase. Esponenti critici. Teoria classica della regione critica. Leggi di Scala. Modello di Ising.
11. **Sistemi contenenti ioni.** Teoria di Debye-Huckel. Equilibri in soluzioni elettrolitiche. Plasmi gassosi.
12. **Interfasi e superfici:** isoterme di adsorbimento.
13. **Processi irreversibili.** Approccio fenomenologico allo studio dei sistemi soggetti a leggi lineari. Approccio stocastico. Bilancio cinetico: Master equations.
14. **Cenni sulla cinetica delle reazioni chimiche.** Definizione della velocità di reazione. Bilancio nei sistemi reagenti. Condizioni di stazionarietà. Misure della velocità di reazione. Espressioni della velocità di reazione. Approssimazione dell'intermedio stazionario. Il concetto di stadio lento. Introduzione alla catalisi.

Esercitazioni

Calcoli chimico-fisici.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta comprendente lo sviluppo di calcoli chimico-fisici e di una prova orale.

Libri consigliati

S. Carrà: Termodinamica, Bollati, Torino, 1990.

S. Carrà, M. Morbidelli: Chimica Fisica Applicata, Hoepli, Milano, 1982.

TERMOTECNICA **Prof. Pierangelo ANDREINI**

AK0009

Programma d'esame

A) PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA.

- 1) produzione da combustibili tradizionali: combustibili, combustione, impianti di produzione del calore, controllo della combustione, apparecchiature di misura e controllo;
- 2) produzione da combustibili nucleari (cenni): combustibili, moderatori, tecnologia dei materiali, controllo del reattore, tipi di centrali nucleari;
- 3) produzione da fonti rinnovabili: da energia solare, da fonti geotermiche, da rifiuti;
- 4) produzione combinata di energia termica ed elettrica.

B) TRASFERIMENTO DI ENERGIA TERMICA.

- 1) richiami di fenomeni di trasporto: equazioni di bilancio e di trasporto, conduzione, convezione ed irraggiamento;
- 2) tecnica della trasmissione del calore: trasmissione con cambiamento di stato, irraggiamento nei corpi non grigi e con mezzi assorbenti o emittenti;
- 3) fluidi vettori dell'energia termica: valutazione delle proprietà fisiche dei fluidi vettori e campi di applicazione, moto dei fluidi bifase in condotti adiabatici e diabatici;
- 4) sistemi di trasferimento del calore: scambiatori di calore, metodi per la promozione dello scambio termico, per il dimensionamento ed il collaudo, tubi di calore.

C) ACCUMULO DI ENERGIA TERMICA.

- 1) accumulo a calore sensibile;
- 2) accumulo a calore latente (cambiamento di stato);
- 3) accumulo a processi termochimici.

D) DISTRIBUZIONE ED UTILIZZAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA.

- 1) dimensionamento delle reti di distribuzione: teleriscaldamento, materiali coibenti e loro campo di impiego, calcolo degli spessori ottimali;
- 2) impianti di utilizzazione: componenti gli impianti di utilizzazione industriali e civili, pompe di calore, pompe di calore ad assorbimento e termochimiche;
- 3) apparecchiature di regolazione automatica e di contabilizzazione dell'energia termica.

- Equilibri chimici in soluzione.
9. **Trasformazione del calore in lavoro.** Efficienze dei cicli ideali. Exergia.
 10. **Transizioni di fase e fenomeni critici.** Parametri d'ordine e transizione di fase. Esponenti critici. Teoria classica della regione critica. Leggi di Scala. Modello di Ising.
 11. **Sistemi contenenti ioni.** Teoria di Debye-Huckel. Equilibri in soluzioni elettrolitiche. Plasmii gassosi.
 12. **Interfasi e superfici:** isoterme di adsorbimento.
 13. **Processi irreversibili.** Approccio fenomenologico allo studio dei sistemi soggetti a leggi lineari. Approccio stocastico. Bilancio cinetico: Master equations.
 14. **Cenni sulla cinetica delle reazioni chimiche.** Definizione della velocità di reazione. Bilancio nei sistemi reagenti. Condizioni di stazionarietà. Misure della velocità di reazione. Espressioni della velocità di reazione. Approssimazione dell'intermedio stazionario. Il concetto di stadio lento. Introduzione alla catalisi.

Esercitazioni

Calcoli chimico-fisici.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta comprendente lo sviluppo di calcoli chimico-fisici e di una prova orale.

Libri consigliati

S. Carrà: Termodinamica, Bollati, Torino, 1990.

S. Carrà, M. Morbidelli: Chimica Fisica Applicata, Hoepli, Milano, 1982.

TERMOTECNICA**AK0009****Prof. Pierangelo ANDREINI***Programma d'esame***A) PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA.**

- 1) produzione da combustibili tradizionali: combustibili, combustione, impianti di produzione del calore, controllo della combustione, apparecchiature di misura e controllo;
- 2) produzione da combustibili nucleari (cenni): combustibili, moderatori, tecnologia dei materiali, controllo del reattore, tipi di centrali nucleari;
- 3) produzione da fonti rinnovabili: da energia solare, da fonti geotermiche, da rifiuti;
- 4) produzione combinata di energia termica ed elettrica.

B) TRASFERIMENTO DI ENERGIA TERMICA.

- 1) richiami di fenomeni di trasporto: equazioni di bilancio e di trasporto, conduzione, convezione ed irraggiamento;
- 2) tecnica della trasmissione del calore: trasmissione con cambiamento di stato, irraggiamento nei corpi non grigi e con mezzi assorbenti o emittenti;
- 3) fluidi vettori dell'energia termica: valutazione delle proprietà fisiche dei fluidi vettori e campi di applicazione, moto dei fluidi bifase in condotti adiabatici e diabatici;
- 4) sistemi di trasferimento del calore: scambiatori di calore, metodi per la promozione dello scambio termico, per il dimensionamento ed il collaudo, tubi di calore.

C) ACCUMULO DI ENERGIA TERMICA.

- 1) accumulo a calore sensibile;
- 2) accumulo a calore latente (cambiamento di stato);
- 3) accumulo a processi termochimici.

D) DISTRIBUZIONE ED UTILIZZAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA.

- 1) dimensionamento delle reti di distribuzione: teleriscaldamento, materiali coibenti e loro campo di impiego, calcolo degli spessori ottimali;
- 2) impianti di utilizzazione: componenti gli impianti di utilizzazione industriali e civili, pompe di calore, pompe di calore ad assorbimento e termochimiche;
- 3) apparecchiature di regolazione automatica e di contabilizzazione dell'energia termica.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale sul programma delle lezioni ed esercitazioni.

Libri consigliati

Per la parte A saranno disponibili delle dispense del docente, altri testi verranno via via segnalati durante il corso.

TOPOGRAFIA**AX0004**

(per gli allievi di Ingegneria Civile ed Edile)

Prof. Alberto GIUSSANI

*Programma d'esame***1. Elementi di geodesia e cartografia.**

Definizione della topografia. Procedimenti teorici e pratici per la rappresentazione del terreno. Geoidi, sferoidi ed ellissoidi terrestri. Dimensioni dell'ellissoide. Coordinate curvilinee. Raggi principali di curvatura. Linee geodetiche. Teoremi della Geodesia operativa. Campo geodetico e campo topografico. Teorema di Legendre. Deviazione della verticale. Determinazione degli scostamenti tra geoidi ed ellissoidi. Rappresentazione dell'ellissoide sul piano. Classificazione delle rappresentazioni cartografiche. Equazioni differenziali delle rappresentazioni cartografiche. La rappresentazione conforme di Gauss. La cartografia ufficiale italiana.

2. Teoria della compensazione delle misure.

Considerazioni generali sulle misure. Variabili statistiche e casuali a una o più dimensioni. Elementi di calcolo delle probabilità. Misure dirette, teoria della stima con i minimi quadrati, media empirica semplice e ponderata e loro varianza. Misure indirette, linearizzazione delle funzioni. Misura indiretta di grandezze mediante un sistema di equazioni. Matrice di varianza-covarianza. Stima della varianza dell'unità di peso. Ellissi d'errore.

3. Strumenti e operazioni di misura.

Strumenti e metodi per la misura di angoli azimutali e zenitali. Metodologie e strumenti per la misura delle distanze. Metodologie e strumenti per la misura dei dislivelli. Rettifiche strumentali e influenza degli errori strumentali residui. Precisione dei diversi metodi e loro campi di applicazione. Strumenti e metodi per il posizionamento dei punti via satellite (metodo Global Positioning System).

4. Rilievo topografico.

Generalità e finalità del rilievo. Reti: altimetriche, planimetriche, planoaltimetriche, reti GPS. Progettazione, simulazione a priori, disegno e compensazione rigorosa delle reti. Rilievo di dettaglio. Cenni sui Sistemi Informativi Territoriali (SIT).

5. Controllo statico delle strutture.

Generalità: periodicità, affidabilità e precisioni richieste alle misure. Sistemi topografici di controllo di tipo classico e in automatico. Sistemi e strumenti non topografici di controllo tramite misure dirette e misure in automatico delle deformazioni. Analisi delle deformazioni. Gestione informatica dei controlli.

Esercitazioni:

Le esercitazioni sono di tipo numerico, strumentale ed applicativo. Sono compresi esercizi di statistica e di compensazione ai minimi quadrati e prove pratiche di utilizzo della strumentazione topografica. Saranno illustrati esempi applicativi di controllo statico di strutture e presentati gli strumenti generalmente utilizzati.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale

Libri consigliati

G. Inghilleri: Topografia Generale, Ed. UTET, Torino, 1974.

C.Monti, F. Sansò: Esercizi di topografia, cartografia e geodesia, Ed. CLUP, 1976.

G. Bezoari, C. Monti, A. Selvini: Fondamenti di rilevamento generale, voll. 1, 2 Hoepli 1984
 L. Solaini, G. Inghilleri: Topografia, Ed. Levrotto e Bella, Torino, 1969.
 B. Betti: Una introduzione al GPS, Bollettino della Sifet, n.3, 1991. (in distribuzione in Dipartimento)
 M. Cominacini: I distanziometri elettronici topografici, Bollettino della Sifet, n.3, 1991. (in distribuzione in Dipartimento).

TOPOGRAFIA

AX0004

(per gli allievi C.L. Ambiente e Territorio)

Prof. Carlo MONTI

Programma d'esame

1. Elementi di Geodesia.

Geoide, sferoide ed ellissoide terrestre. Dimensioni dell'ellissoide, coordinate curvilinee, raggi principali di curvatura dell'ellissoide. Ellissoide internazionale. Sfera locale. Campo geodetico e campo topografico. Trasformazioni di coordinate: ellissoidiche, geocentriche, cartesiane, cartesiane locali. Trasformazioni di datum geodetico. Coordinate d'altezza.

2. Teoria del trattamento delle misure.

Richiami di concetti fondamentali sulle variabili casuali e sulle variabili statistiche a una e a più dimensioni. Teoria della stima con i minimi quadrati: equazioni d'osservazione parametriche, di condizioni. Ellissi d'errore e verifica dei risultati.

3. Strumenti e metodi di misure.

Strumenti e metodi per la misura di angoli azimutali e zenitali. Metodologie e strumenti per la misura delle distanze. Metodologie e strumenti per la misura dei dislivelli. Giroteodoliti. Rettifiche strumentali e influenza degli errori strumentali residui. Precisione dei diversi metodi e loro campi di applicazione. Strumenti e metodi per il posizionamento dei punti via satellite.

4. Rilievo generale.

4.1 Il rilievo topografico.

- Finalità del rilievo - Reti: altimetriche, planimetriche e planoaltimetriche. Progettazione, disegno e compensazione delle reti. Simulazione e verifica - Reti per il controllo dei grandi manufatti, di frane e di subsidenze - Rilievo di dettaglio.

4.2 Il rilievo fotogrammetrico.

- Generalità e finalità del metodo - La restituzione grafica e digitale.

4.3 La gestione informatica dei dati rilevati e la loro rappresentazione.

5. Cartografia.

5.1 Equazioni differenziali delle carte. Carte conformi, equivalenti e afilattiche. Carte conformi di Gauss e di Lambert. Trasformazioni tra carte e data geodetici.

5.2 La cartografia esistente

- Cartografia mondiale - Cartografia italiana: IGM, Catasto, Carte tecniche, Regionali, altre.

5.3 La realizzazione delle carte geometriche

- Rappresentazione grafica - Rappresentazione digitale - Rappresentazione tematica - Capitolati e collaudo in corso d'opera.

5.4 Le banche dati territoriali di tipo geometrico e tematico quali basi dei GIS.

Nota per gli studenti

Gli allievi del C.L. Ambiente e Territorio che desiderano approfondire alcuni argomenti solo accennati nell'ambito di questo corso di inquadramento generale sono invitati a seguire:

- il corso di "Misure Geodetiche" per gli argomenti del rilevamento geodetico satellitare e del controllo delle grandi deformazioni regionali;

- il corso di "Fotogrammetria" per gli argomenti inerenti la produzione fotogrammetrica della cartografia e la sua integrazione nei GIS;

- Il corso di "Telerilevamento" per la produzione della cartografia tematica e per il monitoraggio dell'ambiente.

Esercitazioni

Le esercitazioni si dividono in numeriche, strumentali ed applicative. Esse trattano rispettivamente

la compensazione delle misure, l'uso degli strumenti e la loro applicazione a rilievi topografici-fotogrammetrici, la descrizione di esempi reali.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

L. Solaini - G. Inghilleri: Topografia ed. Levrotto Bella, Torino.

C. Monti - F. Sansò: Esercizi di Topografia, Cartografia e Geodesia, ed. CLUP, Milano.

G. Bezoari - C. Monti - A. Selvini: Fondamenti di rilevamento generale. Vol. 1, Vol. 2, Hoepli, Milano, 1984.

Libri consultabili

G. Inghilleri: Topografia generale, ed. UTET, Torino.

F. Sansò: Trattamento statistico dei dati, ed. CittàStudi, 1989, Milano.

P. Tardi - G. Laclavère: Traité de Géodésie, ed. Gauthier-Villars, Paris.

Jordan-Eggert-Kneissl: Handbuch der Vermessungskunde, ed. Metzlersche, Stuttgart.

G. Bomford: Geodesy, Third ed., Oxford.

A. Selvini: Principi di fotogrammetria, ed. CLUP, Milano.

TRASMISSIONE DEL CALORE

AK0100

Prof. Adriano MUZZIO

Programma d'esame

1. **Premesse fondamentali:** I meccanismi del trasporto dell'energia - Il postulato del continuo - Cinematica del continuo - Le equazioni di bilancio in forma globale e locale: bilancio della massa, della quantità di moto, del momento della quantità di moto e dell'energia - Il comportamento dei materiali: l'ipotesi dell'equilibrio locale e le equazioni costitutive - La diseuguaglianza entropica - La descrizione adimensionale e l'analisi dimensionale.
2. **Conduzione:** Il vettore densità di flusso di calore - Il postulato di Fourier - L'equazione differenziale della conduzione - Le condizioni iniziali ed al contorno - Le condizioni all'interfaccia per i mezzi compositi - Parametri adimensionali della conduzione - Metodi analitici ed approssimati di soluzione di problemi della conduzione termica - Problemi con cambiamento di fase - Cenni alla conduzione termica nei solidi anisotropi.
3. **Convezione monofase:** Il legame tra sforzi e gradienti di velocità nei fluidi - Le equazioni di Navier-Stokes - Nozioni fondamentali di turbolenza - Il concetto e le equazioni dello strato limite.
- 3.1 **Convezione forzata:** I parametri adimensionali della convezione forzata - La convezione forzata nei condotti - La convezione forzata all'esterno di superfici.
- 3.2 **Convezione naturale:** I parametri adimensionali della convezione naturale - La convezione naturale all'esterno di superfici - La convezione naturale in spazi confinati - La convezione naturale entro canali - La convezione mista.
4. **Convezione bifase:** Nozioni fondamentali di fluidodinamica delle miscele bifasi aeriforme-liquido - I regimi di moto - I modelli monodimensionali - Le perdite di carico.
- 4.1 **Condensazione:** La condensazione a film all'esterno di superfici. La condensazione a film nei condotti - Cenni alla condensazione di miscele di vapori - Effetto degli incondensabili - La condensazione a gocce.
- 4.2 **Ebollizione ed evaporazione:** Regimi di ebollizione in un liquido in quiete - L'ebollizione a nuclei - Il fenomeno della crisi termica - L'ebollizione a film - L'ebollizione in convezione forzata - Cenni all'ebollizione di miscele binarie.
5. **Irraggiamento:** La radiazione termica - La radiazione del corpo nero - Definizione delle proprietà delle superfici non nere - Proprietà radianti delle superfici reali - Lo scambio termico per irraggiamento tra superfici - La radiazione nei mezzi assorbenti, emittenti e diffondenti - La radiazione in presenza di altre modalità di trasferimento dell'energia.

Esercitazioni

Le esercitazioni prevedono l'impostazione e la soluzione numerica di esercizi sulla materia svolta nelle lezioni.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Appunti alle lezioni.

J.C. Slattery: Momentum, Energy and Mass Transfer in Continua, Mc Graw-Hill.

R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot: Transport Phenomena, Wiley.

A.J. Chapman: Heat Transfer, Mc Graw-Hill.

S. Whithaker: Fundamental Principles of Heat Transfer, Pergamon Press.

F.P. Incropera, D.P. De Witt: Introduction to Heat Transfer, Wiley.

G. Gugliemini, C. Pisoni: Elementi di trasmissione del calore, Veschi.

Riferimenti bibliografici specifici verranno indicati nel corso delle lezioni.

TRASMISSIONE NUMERICA**AG0267****Prof. Sandro BELLINI***Programma d'esame*

- 1) Modelli dei sistemi di comunicazione. Formulazione statistica dei problemi di trasmissione dell'informazione.
- 2) Rappresentazione geometrica dei segnali.
- 3) Trasmissione dell'informazione di tipo numerico. Elementi di teoria generale. Struttura e prestazioni dei sistemi ottimali. Capacità dei canali di trasmissione.
- 4) Sistemi pratici di trasmissione numerica. Metodi di modulazione. Trasmissione con interferenza tra i simboli adiacenti. Equalizzazione adattiva. Tecniche per la protezione dai disturbi: codificazione e decodificazione di codici a blocco e convoluzionali. Codifica integrata alla modulazione.
- 5) Stima di parametri. Filtraggio lineare e ricorsivo. Sincronizzazione.
- 6) Cenni sulla simulazione di sistemi di trasmissione numerica.

Esercitazioni

Potranno essere proposti temi di studio specifici di natura teorica o applicativa. Gli studenti che intendono svolgere questo lavoro, sceglieranno un tema e ne organizzeranno lo studio avvalendosi dell'aiuto dei docenti. Il lavoro compiuto potrà costituire argomento di discussione per l'esame.

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta, eventualmente seguita da discussione orale.

Libri consigliati

G. Tartara: Teoria dei sistemi di comunicazione, ed. Boringhieri.

F. Carassa, G. Tartara: Introduzione ai processi casuali, Dispense CLUP.

Wozencraft, Jacobs, Principles of Communication Engineering, ed. Wiley.

Benedetto, Biglieri, Castellani: Digital Transmission Theory, ed. Prentice-Hall (disponibile anche tradotto in italiano, ed. Jackson).

TRATTAMENTO DELLE OSSERVAZIONI**AX0101**

(per gli allievi di Ingegneria Ambientale, Civile (str) ed Edile)

Prof. Fausto SACERDOTE*Programma d'esame***Elementi di calcolo delle probabilità.**

Introduzione alla problematica dei fenomeni non deterministici.
 Definizione di probabilità matematica e primi teoremi.
 Calcolo della probabilità discreto: alcuni esempi notevoli.
 Variabili aleatorie in dimensione 1 e in dimensione n . Densità di probabilità.
 Funzioni di variabili aleatorie, trasformazioni di variabili.
 Media, varianza, momenti. Teorema di Chebishev.
 Distribuzioni marginali, distribuzioni condizionate. dipendenza e indipendenza stocastica, correlazione.
 Curva di regressione, varianza spiegata e varianza residua. Indice di Pearson.
 Distribuzione normale in dimensione n .
 Convergenza, teorema centrale, legge dei grandi numeri.
Teoria della stima e inferenza statistica.
 Stimatori e loro proprietà generali.
 Campioni bernoulliani: media campionaria, varianza campionaria, varianza campionaria corretta.
 Principio di massima verosimiglianza.
 Tests parametrici. Ipotesi semplici e ipotesi composte, livello di significatività, intervallo fiduciario.
 Tests su media e varianza di campioni normali.
 Tests su medie di campioni numerosi.
 Cenni su altri tipi di tests.
 Verifica di ipotesi in presenza di ipotesi alternative.
Stima col metodo dei minimi quadrati.
 Impostazione del problema. Esempi fisici.
 Espressione dei vincoli in forma parametrica o con equazione di condizione.
 Vincoli lineari: deduzione delle formule per gli stimatori nel caso generale. Interpretazione geometrica dei risultati.
 Covarianza degli stimatori; stima di (σ^2) .
 Ottimalità degli stimatori m.q. nel caso di vincoli lineari.
 Regressione lineare.
 Il caso dei vincoli non lineari.
L'inferenza per le stime col metodo dei minimi quadrati.
 Test sulla stima di (σ^2) . Presenza di errori grossolani.
 Verifica della correttezza del modello deterministico.
 Tests sui parametri.
 Scelta del modello di regressione lineare.
 Analisi di varianza.
Introduzione alle serie temporali.
 Stimatore di minima varianza.
 Predizione, interpolazione, filtraggio.
 Innovazione.
 Stima ricorsiva. Introduzione al filtraggio alla Kalman.
 Definizione di stazionarietà in senso forte e in senso debole.
 Proprietà della matrice di covarianza per serie temporali stazionarie.
 Cenni ai metodi di stima empirica delle matrici di covarianza.

Esercitazioni

Esercitazioni numeriche su tutti gli argomenti del programma, con uso di calcolatrici tascabili.

Modalità d'esame

Prove scritte durante lo svolgimento del corso, oppure prova scritta agli appelli di esame; colloquio orale.

Testi consigliati

F. Sansò - Il trattamento statistico dei dati, CLUP, Milano, 1989

M.A. Brovelli, F. Migliaccio - Il trattamento statistico dei dati - Esercizi, CLUP, Milano, 1990.

A.M. Mood, F.A. Graybill, D.C. Boes - Introduzione alla statistica, McGraw-Hill, Italia.

TRATTAMENTO DELLE OSSERVAZIONI**AX0101**

(per allievi in Ingegneria Civile (non str), Elettrica, Elettronica e Nucleare)

Prof. Luigi MUSSIO*Programma d'esame***PARTE I - STATISTICA COMPUTAZIONALE.****A. Progettazione degli esperimenti.**

1. Elementi di teoria degli errori.
2. Simulazione.
3. Campionamenti.
4. Progettazione interattiva.
5. Ottimizzazione della configurazione e dei pesi delle osservazioni.
6. Applicazioni a:
 - campionamenti sequenziali di campi;
 - progettazione ed ottimizzazione di reti.

B. Modelli di compensazione e/o approssimazione.

1. Il metodo dei minimi quadrati e sue generalizzazioni.
2. Modelli partizionati e sequenziali.
3. Il metodo della minima somma dei moduli.
4. Altri stimatori robusti.
5. Problemi di calcolo.
6. Applicazioni a:
 - strutture reticolari;
 - campi continui;
 - descrizione di forme.

C. Controllo di qualità.

1. Teoria della connessione; analisi delle corrispondenze.
2. Analisi di varianza; regressione multipla.
3. Analisi delle componenti principali.
4. Inferenza multivariata.
5. Inferenza non-parametrica.
6. Applicazioni a:
 - misure di controllo;
 - campionamenti e sondaggi qualitativi.

PARTE II - ANALISI DI DATI A REFERENZA SPAZIALE.**A. Analisi di strutture reticolari.**

1. Topologia e problemi di ordinamento.
2. Equazioni di rete.
3. Condizionamento numerico e problemi di compatibilità.
4. Affidabilità e robustezza dello schema di misura.
5. Problemi non-lineari.
6. Applicazioni a:
 - reti di trasporto;
 - reti di tipo geodetico;
 - strutture gerarchiche dei sistemi informativi a referenza spaziale.

B. Interpolazione e approssimazione di campi continui (metodi deterministici e stocastici).

1. Esempi di campi mono-bi-tridimensionali.
2. Analisi di trend.
3. Elementi finiti (splines di ordine 0,1,2,3).
4. Campi statisticamente omogenei e isotropi: stime di covarianza.
5. Filtri ottimali e problemi di calcolo per strutture irregolari o griglie.
6. Applicazioni a:
 - riconoscimento di segnali temporali;
 - ricostruzioni di superfici;
 - modellizzazione di campi fisici distribuiti spazialmente;
 - matching di mappe.

C. Clustering e riconoscimento di forme.

1. Topologia: classificazione di forme.
2. Riconoscimento di forme note.
3. Algoritmi di clustering.
4. Riconoscimento di frontiere, punti singolari, linee e superfici di rottura.
5. Descrittori di forme.
6. Applicazioni a:
 - identificazione di strutture latenti;
 - analisi d'immagine;
 - strutture relazionali dei sistemi informativi a referenza spaziale.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale.

Libri consigliati

M. Brovelli, F. Migliaccio: Trattamento statistico dei dati - Esercizi. CLUP.
 F. Ricci: Statistica ed elaborazione statistica delle informazioni. Zanichelli.
 F. Sansò: Il trattamento statistico dei dati. CLUP.
 G. Togliatti: Fondamenti di statistica. CLUP/Hoepli.
 Ricerche di geodesia topografica e fotogrammetria, n. 4, 6 e 8. CLUP.
 Dispense del Corso (di prossima pubblicazione).

TRATTAMENTO DELLE OSSERVAZIONI (1/2 annualità)**AX0102****Prof. Fausto SACERDOTE***Programma d'esame***Stima col metodo dei minimi quadrati.**

- Richiami sui concetti di distribuzione marginale, distribuzione condizionata, dipendenza e indipendenza stocastica, correlazione, curva di regressione.
- Richiami sulle proprietà della distribuzione normale in dimensione n .
- Richiami sulle stime di massima verosimiglianza.
- Impostazione del problema. Esempi fisici.
- Espressione dei vincoli in forma parametrica o con equazione di condizione.
- Vincoli lineari: deduzione delle formule per gli stimatori nel caso generale. Interpretazione geometrica dei risultati.
- Covarianza degli stimatori; stima di \sim^2 .
- Ottimalità degli stimatori m.q. nel caso di vincoli lineari.
- Regressione lineare.
- Il caso dei vincoli non lineari.

L'inferenza per le stime col metodo dei minimi quadrati.

- Richiami sulle principali distribuzioni di probabilità degli stimatori relativi a campioni normali.
- Test sulla stima di \sim^2 . Presenza di errori grossolani.
- Verifica della correttezza del modello deterministico.
- Tests sui parametri.
- Scelta del modello di regressione lineare.
- Analisi di varianza.

Introduzione alle serie temporali.

- Stimatore di minima varianza.
- Predizione, interpolazione, filtraggio.
- Stima ricorsiva. Introduzione al filtraggio alla Kalman.
- Definizione di stazionarietà in senso forte e in senso debole.
- Proprietà della matrice di covarianza per serie temporali stazionarie.
- Cenni ai metodi di stima empirica delle matrici di covarianza.

Esercitazioni

Esercitazioni numeriche su tutti gli argomenti del programma, con uso di calcolatrici tascabili.

Modalità d'esame

Prove scritte durante lo svolgimento del corso, oppure prova scritta agli appelli d'esame; colloquio orale.

Testi consigliati

F. Sansò - Il trattamento statistico dei dati, CLUP, Milano, 1989.

M.A. Brovelli, F. Migliaccio - Il trattamento statistico dei dati - Esercizi, CLUP, Milano, 1990.

A.M. Mood, F.A. Graybill, D.C. Boes - Introduzione alla statistica, McGraw-Hill Italia.

TURBOMACCHINE

Prof. Carlo OSNAGHI

AK0118

Programma d'esame

1. **Analisi delle turbomacchine.** Descrizione - Classificazione - Teorie di similitudine - Influenza della comprimibilità, della viscosità, della cavitazione.
2. **Richiami di termodinamica.** Grandezze, principi, equazioni - Equazioni per i gas perfetti e reali - Richiami sul vapore - Rappresentazione delle trasformazioni reali - Rendimenti per stadio e politropici.
3. **Elementi di fluidodinamica.** Flusso monodimensionale - Velocità del suono - Grandezze di ristagno - Numero di Mach - Onde d'urto e altri fenomeni dissipativi - Sforzi in un continuo - Equazioni di moto e di conservazione di un fluido - Circolazione; definizione e teoremi sui vortici - Moto irrotazionale. Equazioni di moto per fluidi non viscosi in coordinate cartesiane, cilindriche e naturali tridimensionali e bidimensionali - Equazioni del moto relativo - Equazioni per un flusso isentropico e potenziale in 3 e 2 dimensioni - Strato limite. Teoria monodimensionale di uno stadio di turbina e di compressore. Gradi di reazioni - Correzioni elementari alla teoria monodimensionale - Analisi bidimensionali del flusso in uno stadio di turbomacchine - Soluzioni esatte ed approssimate - Influenza degli altri numeri di Mach e delle grandi deviazioni. Flusso tridimensionale e quasi-bidimensionale - Equilibrio radiale - Vortice libero e altri metodi - Flussi secondari in canali mobili.
4. **Turbomacchine idrauliche - Turbine** - Grado di reazione, coefficienti e rendimenti - Numero di giri caratteristico - Evoluzione delle turbine - Richiami di calcolo sulle Pelton - Organi di regolazione.
Dimensionamento e tracciamento della girante di una Francis - Dimensionamento delle luci di passaggio, del distributore e della cassa a spirale - Parzializzazione - Spinta assiale - Progettazione e studio di turbine ad elica del tipo Kaplan - Studio del diffusore.
5. **Pompe.** Studio monodimensionale e correzioni - Teoria del vortice per pompe radiali, assiali e miste - Disegno della girante, del diffusore e della voluta - Prestazioni idrauliche e meccaniche - Cavitazione.
6. **Turbomacchine termiche. Compressori centrifughi** - Fondamenti e studio monodimensionale - Influenza del numero delle pale - Perdite - Determinazione dei parametri di ottimo funzionamento - Disegno dei canali, del diffusore e della voluta - Compressori multistadi - Compressori avanzati.
7. **Compressori assiali.** Classificazione e analisi secondo la teoria monodimensionale - Flussi teorici e sperimentali nei canali - Equilibrio radiale - Progetto aerodinamico delle pale - Funzionamento in condizioni "fuori progetto" - Stallo e vibrazioni delle pale - Pompaggio - Effetti di flusso secondario - Compressori supersonici.
8. **Turbine assiali a gas e a vapore.** Analisi monodimensionale - Scelta dello stadio - Funzionamento in condizioni "fuori progetto" - Flusso nella schiera di palette - Analisi elementare delle turbine pluristadio - stadi transonici e supersonici - Perdita di ammissione parziale - Tipi di attacchi delle palette - Sforzi meccanici e termici - Palette raffreddate per turbine a gas - Materiali per alte temperature - Scarico in vapore umido - Impostazione del progetto.
9. **Complementi su problemi meccanici.** Giochi - tenute - Equilibrature delle spinte - Perdite meccaniche..
10. **Materiali e problemi meccanici** relativi alle turbomacchine idrauliche - Fenomeni meccanici e chimici relativi ai materiali - Fenomeno della cavitazione.
11. **Generalità sulla progettazione meccanica.** Problemi relativi ai dischi e alle pale.

Esercitazioni

Per tutti gli allievi sarà richiesto l'impegno di un numero limitato di pomeriggi per i complementi pratici delle lezioni. Tra l'altro sono previsti contatti tecnici ed esercitazioni di laboratorio.

Per gli allievi con progetto e per coloro che sono personalmente interessati a seguire il progetto di una turbomacchina sarà richiesto l'impegno dei pomeriggi delle restanti settimane per lo svolgimento del progetto con gli assistenti disponibili per questo specifico compito.

Avvertenza: Durante il corso verranno concordate eventuali differenziazioni del corso per gli allievi di diversi indirizzi.

Libri consigliati

V. Rubbo Turbine idrauliche. Regolazione. Progetti III Edizione. Ed. Bignami

V. Rubbo Turbine a gas e turboreattori V Edizione. Ed. Bignami

Altre opere verranno indicate durante il corso.

Saranno pure disponibili gli appunti di parte delle lezioni.