POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

ACUSTICA APPLICATA **AK0001**

Prof. Salvatore MARTORANA

Programma di esame

Acustica Fisica - Moto armonico e sue derivazioni - Vibrazioni meccaniche - Vibrazioni acustiche - Sistemi a costanti concentrate - Sistemi continui - Corpi solidi - Spazi sonori - Propagazione sonora e sonica: onde longitudinali, trasversali e flessionali - L'irradiamento sonoro - Teoria dell'isolamento meccanico, sonoro e sonico.

Acustica Fisiologica - Metrologia oggettiva e soggettiva - La funzione uditiva e i criteri di valutazione della sensazione sonora - Aspetti igienistici, giuridici e tecnici delle molestie sonore - Criteri.

Acustica Architettonica - La diffusione sonora in campo libero, al chiuso e delle strutture - Assorbimento acustico e riverberazione - L'isolamento acustico aereo dei tramezzi - La sonorità dei tramezzi - Il calpestìo

L'isolamento sonico degli impianti di servizio - Tecnologie di merito acustico nella edilizia tradizionale e nella prefabbricazione pesante e leggera - Sale di pubblico spettacolo - Arene sportive al coperto - I grandi ambienti di lavoro.

Acustica Industriale - La insonorizzazione degli ambienti di produzione industriale - Aspetti urbanistici degli insediamenti industriali - Rassegna di interventi di bonifica sonora nell'ambito delle tecnologie rumorose - Protezione individuale - Il rumore all'origine nelle macchine motrici ed operatrici: ventilatori, compressori, elettrogeneratori, macchine elettriche, macchine a funzionamento impattivo, trasmissioni di potenza meccanica.

Esercitazioni

Le esercitazioni hanno carattere didattico-dimostrativo e si propongono di istruire gli allievi sull'uso e sugli impieghi della strumentazione per l'analisi e la misura del rumore e delle vibrazioni. Possono essere eseguite tesine su argomenti assegnati a gruppi di allievi - non più di tre - appartenenti allo stesso indirizzo di laurea o aventi i medesimi interessi culturali.

Libri consigliati

A. Giulianini, A. Cocchi: *Elementi di Acustica Tecnica*, Petroni, Bologna, 1973.
R. Lazzarin, M. Strada: *Elementi di Acustica Tecnica*, Cleup, Padova, 1983.
L.L. Beranek: *Noise and Vibration Control*, McGraw-Hill, New York, 1971.
C.M.Harris. *Handbook of Noise Control*, McGraw-Hill, New York, 1979
K. D. Kryter: *The Effects of Noise on Man*, Academic Press, New York, 1985.
L. L. Beranek: *Music, Acoustics &. Architecture*, Wiley &: Sons, New York, 1962.
E. Leipp: *Acoustique et Musique*, Masson, Paris, 1984.

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.

Programma dell'insegnamento di

AERODINAMICA **AL0024**

Prof. Carlo CERCIGNANI

Programma d'esame

1) Cinematica dei fluidi: Fluido, liquido, gas - Atto di moto; punti di vista lagrangiano ed euleriano; moto stazionario; linee di corrente e linee di flusso - Atto di moto regolare - Atto di moto irrotazionale, solenoidale, armonico - Funzioni armoniche - Campi armonici piani e loro rappresentazione complessa; trasformazioni conformi - Accelerazioni.
2) Dinamica dei fluidi: Equazione globale di conservazione della massa - Sforzi in un fluido in movimento - Equazione della quantità di moto - Equazione complementare - Condizioni iniziali e al contorno - Equazioni adimensionali - Casi elementari di moto laminare - Equazioni dei fluidi perfetti
- Teorema di Bernoulli - Caratteristiche e fronti d'onda; propagazione del suono nei fluidi - Correnti euleriane.
3) Vortici: Tubi vorticosi, vortici, filetti vorticosi - Teoremi di Thomson, di Lagrange, di Helmholtz
- Vortici nel moto piano; schiere di vortici - Strati vorticosi e discontinuità - Singolarità virtuali - Corrente traslatoria e traslocircolatoria investente un profilo.
4) Azioni aerodinamiche su solidi: Risultante e momento delle azioni aerodinamiche: resistenza, forza deviatrice e momento deviatore - Rapporti adimensionali caratteristici - Espressione del risultante delle azioni dinamiche su un solido immerso in un fluido mediante il teorema della quantità di moto - Azioni di un fluido in moto irrotazionale; masse apparenti - Formule di Blasius - Paradosso d'Alembert.
5) Correnti traslocircolatorie e sostentamento delle ali: Teorema di Rutta-Joukowski e sua estensione - Corrente traslocircolatoria generata dall'ala; portanza dell'ala d'apertura infinita; profili di Joukowski - Teoria dei profili sottili.
6) Scie: Scia di Helmholtz - Scia di Karman.
7) Ala d'apertura finita: Scia di Prandtl; azioni dinamiche sull'ala - Ipotesi semplificatrici; portanza dell'ala finita - Schema del vortice portante, velocità indotta, resistenza indotta - Vortice a staffa e distribuzione semiellittica della circolazione - Ala sottile di piccola incidenza, incidenza indotta, minima resistenza a parità di portanza, influenza dell'allungamento alare.
8) Strato limite: Equazioni indefinite dello strato limite; condizioni al contorno - Metodo di Blasius: Soluzioni di Falkner - Skan - Equazione integrale di Karman - Metodo di Pohlhausen - Resistenza d'attrito
Formazione e distacco di vortici nello strato limite - Cenni sullo strato limite tridimensionale.
9) Turbolenza: Regime laminare e regime turbolento - Equazioni indefinite del moto turbolento; tensore di Reynolds - Regime turbolento nello strato limite - Resistenza d'attrito.
10) Influenza della comprimibilità: Equazioni dei fluidi perfetti comprimibili; caso stazionario - Comportamento subsonico e supersonico - Corrente irrotazionale - Correnti stazionarie piane linearizzate; teorie dei profili alari sottili a velocità subsoniche elevate e a velocità supersoniche - Trasformazione odografica; caratteristiche sul piano odografico - Caratteristiche sul piano di moto; metodo delle caratteristiche; onde semplici - Onde d'urto - Profili alari in corrente supersonica - Cenni sui profili in corrente transonica.

Libri consigliati

Dispense reperibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale.
B. Finzi: *Lezioni di Aerodinamica*, Tamburini, Milano.

Le precederne d'eiame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dePinsegnamento di

AERODINAMICA TECNICA AL0014

Prof. Sergio DE PONTE

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.

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.

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

Programma dell'insegnamento di

AERO ELASTICITÀ AL0016

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. Esemplificazione 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 esemplificazione 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 superfice 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 operazionale 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 superfice 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. Cenno 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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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 il corso. Tali lavori costituiranno elementi di giudizio per l'esame.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale con eventuale discussione del lavoro svolto.

Nota per gli studenti

Alcuni degli argomenti sviluppati richiedono, per una migliore comprensione, l'aver preventivamente acquisito quanto svolto nell'insegnamento di *Automazione e Regolazione* che quindi viene raccomandato come precedenza consigliata.

Libri consigliati

Dowell: *A modero course in a crociasti city.*
BisplinghofF, Halfmann, Ashley: *Aeroelasticity.*
Bisplinghoff, Ashley: *Principle of a eroelasti city.*
Fung: *Theory of aeroelasticity.*
Scanlan, Rosenbaum: *Introduction to thè 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.

Programma dell'insegnamento di

AEROMOBILI A DECOLLO VERTICALE **AL0010**

Prof. Massimiliano LANZ

Programma d'esame

1) Giustificazione delle tecniche di decollo con atterraggio verticale (VTOL) e corto (STOL) - Cenni storici e descrittivi -
2) Fondamenti della sostentazione dinamica - Parametri rilevanti e limitazioni di impiego degli aeromobili utilizzanti le diverse tecniche di sostentazione -
3) Trazione, potenza e velocità indotte secondo la teoria del disco attuatore (teorema di Froude) -
4) Potenze necessarie per la sostentazione a punto fisso e per il volo traslato e loro armonizzazione -
5) Il rotore sotto il punto di vista della variazione della quantità di moto - Funzionamento elicottero, girodina, autorotativo, aeromotore - Potenza di traslazione e indotta -
6) Impiego a punto fisso del rotore ideale - Il rotore reale - Indice di merito e parametri rilevanti nella sua determinazione - Il rotore nel volo con traiettoria verticale -
7) Potenza e velocità indotte del rotore in volo traslato secondo l'ipotesi del Glauert - Trazione, coppia e potenza secondo la formulazione di Renard - Coefficienti adimensionali - Potenza di profilo
- Formula di Bennett - Potenza indotta nell'ipotesi di perdite di estremità e di distribuzione lineare lungo il raggio della velocità indotta - Effetto suolo -
8) Potenze parassite - Potenza del rotore di coda - Potenza per raffreddamento - Perdite meccaniche
- Curve velocità-potenza -
9) Dinamica del rotore - Numero di Lock - Calcolo del moto di flappeggio in volo rettilineo uniforme
- Influenza della variazione della velocità di avanzamento sulla risposta del rotore - Influenza della variazione di incidenza e della velocità angolare di beccheggio o rollio sul flappeggio - Accoppiamenti flappeggio-passo - Movimenti di ritardo -
10) Valutazioni delle prestazioni in volo traslato con criteri energetici - Limitazioni dell'impiego del rotore (stallo, comprimibilità) - Effetti della quota - Autorotazione -
11) Architettura e configurazione del rotore - Sistemi di stabilizzazione e di controllo -
12) Fenomeni vibratori dell'elicottero - Risonanza a terra -
13) Trasmissibità degli impulsi del rotore alla fusoliera -
14) Stabilità statica e dinamica dell'elicottero - Indice di Cooper -
15) Unità motrici degli elicotteri -
16) Prove strutturali e di volo degli elicotteri - Curva dell'uomo morto -
17) Tecniche per incrementare la velocità di traslazione dell'elicottero.

Libri consigliati

R. Wheelock: *Introduzione airelicottero* (traduzione pubblicata a cura della CLUP-Milano).
Per alcuni argomenti può essere utile la consultazione dei seguenti testi:
A. Gessow, G.C. Myers Jr.: *Aerodynamics of thè Helicopter,* Frederick Ungar Pub. - New York.
P. Lefort, R. Menthe: *L'Helicopter - Theorie et pratique,* Chiron.
F. Legrand: *Gyravions,* Ecole Nationale Superieure de l'Aenautique.
B. W. McCormick Jr.: *Aerodynamics of V/STOL Flight,* Academic Press, New York, London.
A.R.S. Bramwell: *Helicopter Dynamics,* Edward Arnold, London.
Agard LS 63: *Helicopter aerodynamics and dynamics.*

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.

Programma dell'insegnamento di

AERONAUTICA GENERALE **AL0002**

Prof. Massimiliano LANZ

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 un velivolo scelto dallo studente e delle sue prestazioni fondamentali, nonché per la valutazione della stabilità.

Modalità d'esame

L'esame consisterà in una prova orale durante la quale potranno anche essere sviluppate delle applicazioni numeriche.

Quindici giorni prima della data dell'esame lo studente deve consegnare una relazione contenente un progetto preliminare di velivolo, elaborato seguendo la traccia degli argomenti svolti durante il corso.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precederne d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Libri consigliati

È 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* - Guida alle esercitazioni CLUP - Milano

G. B. Nicolò.*Aerodinamica applicata al volo* - Associazione Culturale Aeronautica - Roma

G. Rotondi: *Aeronautica Generale* - CLUP - Milano.

in inglese:

I. Abbot-A. von Doenhoff: *Theory fo Wing Sections* - Dover - New York

L.J. Clancy: *Aerodynamics* - Pitman - London;

D. Dommasch-S. Sherby-T. Connolly: *Airp la ne Aerodynamics* - Pitman.

Programma dell'insegnamento di

AEROTECNICA SPERIMENTALE **AL0003**

Prof. Luigi SALVIONI

Programma d'esame

1 - **Generalità** - Logica della sperimentazione - Strumento di misura generalizzato - Caratteristiche statiche e risposta dinamica degli strumenti di misura - Registratori - Trasduttori - Sistemi di acquisizione dati - Analisi dei risultati sperimentali - Analisi degli errori di misura - Misura e analisi di grandezze random - Simulazione con elaboratori - Progetto di una prova - Criteri di scelta della strumentazione.

2 - **Sperimentazione Strutturale** - Scopi dell'analisi strutturale sperimentale - Prove statiche strutturali aeronautiche: prove con i carichi di contingenza, prove con i carichi di robustezza, prove di rottura - Prove su elementi strutturali e su strutture complete - Problemi di carico e di vincolo

- Sistemi per il rilievo degli spostamenti - Sistemi per il rilievo delle deformazioni - Impiegò degli estensimetri elettrici a resistenza - Prove di vibrazione sulle strutture - Rilievo dei modi propri e degli smorzamenti - Prove per il rilievo delle caratteristiche di flutter - Prove di fatica sulle strutture aeronautiche - Problemi connessi con la definizione delle storie di carico, dei tempi di prova, delle modalità di ispezione e di intervento durante l'esecuzione delle prove, la interpretazione dei risultati

- Prove degli organi di atterraggio.

3 - **Sperimentazione aerodinamica** - Prove su modelli - Criteri di simulazione - Problemi inerenti la costruzione dei modelli - Misure tipiche delle gallerie aerodinamiche - Bilance di galleria - Prove su modelli in volo libero.

4 - **Sperimentazione in volo** - Finalità e programmazione delle prove di volo per i velivoli di serie e i prototipi - Prove preliminari a terra: pesate, determinazione del baricentro e dei momenti di inerzia, prove di funzionamento - Strumentazione e acquisizione dati nelle prove di volo - Prove di prestazioni e prove di qualità di volo - Prove di flutter.

Esercitazioni

Il corso è integrato da esercitazioni sperimentali, delle quali una parte prevede la partecipazione attiva degli studenti.

• *Libri consigliati*

Dispense reperibili presso la CLUP - Milano. Per l'approfondimento di specifici argomenti che fossero di particolare interesse per lo studente si consigliano i seguenti testi:

M. Hetenyi - *Handbook of Esperimental Stress Analysis* - Wiley;

per le prove aerodinamiche:

A. Pope - *Wind Tunnel Testing* - Wiley;

per le prove di volo:

J. Renaudie - *Essais en voi* - Dunod - Parigi 1 e 2 voli. -

Doebelin - *Measurement Systems* - McGraw Hill.

Le precedense d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma delPinsegnamento di

AFFIDABILITÀ, CONTROLLO DI QUALITÀ E MANUTENZIONE AR0061

Prof. Vincenzo TAGLIAFERRI

Programma di esame

1. **Richiami di statistica e probabilità.** Raccolta, classificazione, rappresentazione dei dati. Misure descrittive delle distribuzioni di frequenza. Probabilità, variabili aleatorie e distribuzioni di probabilità. Modelli probabilistici. Problemi e metodi dell'induzione statistica.
2. Affidabilità. Tipi di guasto. Funzione affidabilità e sue proprietà. Vita media. Tasso di guasto. Modello Esponenziale, Weibull, Gamma, Normale, Lognormale. Affidabilità di sottosistemi e componenti: metodo statistico parametrico e non, istogrammi e carte di probabilità, metodo probabilistico, guasti per deriva e per sollecitazione eccessiva, affidabilità e coefficiente di sicurezza. Affidabilità dei sistemi: soluzione mediante simulazione, equazioni integrali dell'affidabilità dei sistemi, sistemi Markoviani e Semimarkoviani, sistemi riparabili, disponibilità, teoria de] rinnovo.
3. **Controllo di qualità.** Concetti e definizioni delle qualità. Valore e costo della qualità. Struttura del sistema di controllo di qualità. Problemi del controllo e strumenti statistici: specifiche nominali e tolleranze del prodotto, variabilità e tolleranza naturale del processo. Controllo di qualità nel processo: introduzione alle carte di controllo, carte per l'analisi e l'impostazione delle condizioni di controllo, carte di controllo per caratteristiche esprimibili come variabili e come attributi, carte per l'analisi del processo e dello stato controllo, le curve operative delle carte di controllo. La scelta della numerosità e della frequenza del controllo campionario. Controllo di accettazione: generalità, tecniche di campionamento, norme standard.
4. **Manutenzione.** Fondamenti teorici. Politiche di manutenzione. Criteri di scelta delle politiche di manutenzione. Programmazione dinamica nei problemi di manutenzione.

Libri consigliati

M.L. Shooman: *Probabilistic reli abili ty: an engineering approach,* Me Graw-Hill.
Fausto Gaietto: *Affidabilità,* voli. I e II ed. CLEUP
Manuale di controllo di qualità e affidabilità, ISEDI Milano. Appunti del corso.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precederne d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

ALGEBRA AP0023

Prof. Alessandra CHERUBINI SPOLETINI

Programma di esame

1. Fondamenti di Algebra: Relazioni, relazione di equivalenza e insieme quoziente. Partizioni. Applicazioni parziali e applicazioni. Gruppoidi, semigruppi e monoidi. Semigruppo delle relazioni binarie su un insieme, sottosemigruppi delle applicazioni parziali e delle applicazioni. Cenni sulle strutture algebriche di gruppo, corpo, campo, modulo. Strutture libere e strutture d'ordine. Reticoli. Congruenze, morfismi di strutture algebriche e teoremi relativi. Strutture quoziente. Funtori e Categorie. Categorie concrete. Categorie degli insiemi, dei semigruppi, dei gruppi e di altre strutture algebriche.

2. Fondamenti di Logica: Connettivi proposizionali. Tavole di verità. Tautologie. Insiemi adeguati di connettivi. Un sistema di assiomi per il calcolo proposizionale. Teoria L. Cenni sulle logiche polivalenti. Quantificatori. Teorie del I ordine. Teoria K. Proprietà delle teorie del I ordine. Teoremi di deduzione e di completezza. Teorie del I ordine con identità. Forme normali prenesse e forma normale di Skolem. Cenni di logica del II ordine. Funzioni iniziali, funzioni ricorsive primitive, funzioni ricorsive e questioni connesse. Elementi di teoria assiomatica degli insiemi.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti in programma; sarà richiesto anche lo svolgimento di qualche esercizio.

Libri coinsigliati

S. MacLane - G. Birkhoff, *Algebra*, Mursia, Milano.
E. Marchionna - C. Tibiletti, *Appunti di Algebra*, Ed. La Viscontea.
M. Somalvico, *Complementi di programmazione*, voi. I, CLUP, Milano.
E. Mendelson, *Introduzione alla logica matematica*, Boringhieri, Torino.
Altri libri su argomenti particolari trattati nel programma potranno essere indicati durante le lezioni.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ANALISI DEI SISTEMI AG0074

Prof. Giorgio GUARISO

Programma di 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 transitori. 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. Determinazione degli equilibri. Calcolo degli autovalori. 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. Approccio stocastico alla taratura dei modelli: stima bayesiana e criterio della massima verosimiglianza. Linguaggi di simulazione. Unità di uscita e visualizzazione. Esempio di messa a punto e documentazione di un package 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 mono dimensionale (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 rfiinimo, PERT, albero minimo, ciclo ottimo, massimo flusso, trasporto, tecniche euristiche).

6 - Pianificazione

Le precedenze d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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, ridistribuzione 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. Problemi di gestione in ambiente incerto (catene di Markov con decisioni e ricavi, ottimizzazione delle catene di Markov). Esempio di caso.

Esercitazioni

II 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 CLUP 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 CLUP è in distribuzione anche un eserciziario.

Programma dell'insegnamento di

ANALISI DEI SISTEMI Sez. B AG0113

Prof. Sergio RINALDI

Programma di esame

1. **Sistemi a stati finiti (automi).** Esempi di automi. Definizione e rappresentazione degli automi. Reversibilità, connessione, indistinguibilità e minimalità. Stabilizzabilità e ricostruzione dello stato. FISSA: un programma per Lanalisi e la simulazione degli automi. Applicazioni gestionali (sistemi di archivio a chiave multipla, ammortamento ottimale di fattori produttivi, gestione di un sistema ad operazioni sequenziali).
2. **Sistemi positivi.** Richiami di teoria dei sistemi lineari (stabilità, raggiungibilità e legge di controllo, osservabilità e ricostruzione dello stato, relazioni ingresso-uscita e modelli ARMA). LISA: un programma per l'analisi dei sistemi lineari. Applicazioni in economia politica e finanziaria (modello IS-LM, modello a ragnatela, teoria del duopolio, valutazione dei titoli finanziari, immunizzazione di un portafoglio). I sistemi positivi (definizioni ed esempi, stabilità ed auto valore di Frobenius, regolarità, irriducibilità, eccitabilità). Applicazioni in economia e sociologia (modelli di Leontieff, flussi produttivi e catene di Markov, strutture gerarchiche e principio di Peter, dinamica dal gruppo).
3. **Sistemi non lineari.** Equilibri multipli e loro stabilità. Metodo di Liapunov. Applicazioni ai modelli di equilibrio economico generale ed ai modelli di competizione tecnologica. Sistemi del secondo ordine: equilibri, cicli, e teoria di Bendixon-Poincarè. Biforcazioni e catastrofi. Applicazioni in economia politica e finanziaria (espansione e recessione nei sistemi produttivi, sopravalutazione e sottovalutazione nei mercati finanziari). Metodo delle perturbazioni singolari per Lanalisi di sistemi a dinamica differenziata. Funzionamento caotico dei sistemi non lineari.
4. **Simulazione dei sistemi dinamici.** Tecniche di discretizzazione dei sistemi continui. Cenni al calcolo vettoriale e alla simulazione di sistemi a grandi dimensioni. Tecniche di visualizzazione dei dati. Linguaggi di simulazione. Programmi per la simulazione su PC. Applicazioni alla programmazione della produzione nei sistemi flessibili.
5. **Sistemi dinamici e tecniche di previsione.** Il problema della previsione. Classificazione dei predittori. Analisi di serie storiche e taratura di predatori ARMA. Tecniche di previsione adattativa. Applicazione ai mercati finanziari.
6. **Sistemi dinamici e ottimizzazione.** Il problema dell'ottimizzazione dei sistemi dinamici. Ottimizzazione a breve e lungo termine. Condizioni di ottimalità. Applicazioni in economia ambientale e marketing (gestione delle risorse rinnovabili, politiche e commercializzazione di prodotti innovativi).
7. **Sistemi di supporto alle decisioni (SSD).** Il problema del supporto alle decisioni. Struttura degli SSD. Uso delle tecniche di simulazione e previsione nello sviluppo degli SSD. Applicazioni del settore gestionale.

Modalità di esame

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

Precedenze di esame

Costituiscono precedenza obbligatoria di esame: Controlli automatici, Economia ed organizzazione aziendale, Ricerca operativa.

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.

Libri consigliati

Per facilitare la raccolta di appunti, 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.

Programma dell'insegnamento di

ANALISI DEI SISTEMI DELL'INGEGNERIA CHIMICA I (semestrale)AF0021

Prof. Mario DENTE

Programma di esame

Introduzione

L'analisi dei processi nell'Ingegneria Chimica, la simulazione dei processi per il progetto e per l'esercizio. I principi generali dell'analisi dei processi.

Parte I

Modelli: I modelli matematici e la loro formulazione. Classificazione ed analisi dei modelli di sistemi chimici, dal punto di vista fenomenologico (scala di descrizione) e matematico (livello di semplificazione). Esempi di modelli interessanti l'Ingegneria Chimica.

Parte II

Analisi dei sottosistemi: Nozione di sottosistemi e metodologia per lo studio relativo ad essi. Esemplificazione dei problemi relativi ad un modello di sottosistema. Esempi di analisi dei sottosistemi descrivibili con modelli a parametri concentrati ed a parametri distribuiti. Criteri per la semplificazione dei modelli di sottosistemi chimici industriali. Diversi livelli di complicazione dei modelli e loro analisi critica, influenza del grado di semplificazione. Risposta dinamica dei sottosistemi, ad entrate tipiche, alla frequenza. Regime dinamico di funzionamento di apparecchiature chimiche. Problemi di avviamento. La stabilità dei sottosistemi, in particolare per reattori chimici autotermici: criteri di stabilità per sottosistemi lineari e non lineari.

Parte III

Analisi dei sistemi: Nozioni di sistema e principi dell'analisi dei sistemi, applicata a problemi di interesse dell'ingegneria chimica. Gli impianti chimici come successione ordinata di operazioni fondamentali, reticolazioni, linee di riciclo e di by-pass. Schemi di flusso e schemi a blocchi. Il problema dell'esecuzione di bilanci materiali ed energetici per un impianto chimico. Il computo dei gradi di libertà, in fase di progetto e di esercizio. I criteri qualitativi per la decomposizione degli impianti di grandi dimensioni. I criteri logici per la decomposizione dei sistemi. Teoria dei grafi. Algoritmi basati sulle matrici booleane e sui gruppi di sostituzione. "Partitioning e Tearing". Esempi di decomposizione di sistemi chimici con elementi linearizzati e con elementi non lineari. Studio dei criteri per individuare un procedimento di attacco di sistema di equazioni di bilancio in relazione alla loro struttura algebrica. Esempi di problemi tipici nella esecuzione di bilanci per gli impianti chimici (flow sheet calculations). Criteri di scelta di un procedimento di calcolo iterativo convergenza criteri e metodi di accelerazione.

Modalità d'esame

L'esame consta in una prova orale sulla materia del corso.

Libri consigliati

Tutti gli argomenti del corso sono contenuti nelle dispense edite dalla CLUP *Appunti sull'Analisi dei Sistemi dell'Ingegneria Chimica* Voi. I. Può essere utile la consultazione di alcuni testi, disponibili presso la biblioteca dell'Istituto di Chimica Industriale.

D.M. Himmelblau-K.B. Bischoff: *Process Analysis and Simulation* New York 1968 - E.J. Henley-E.M. Rosen: *Material and Energy Balance Computation* New York 1971 - L.M. Rose: *The Application of Mathematica! Modelling to Process Development and Design* Londra 1974 - P. Harriott: *Process Control* New York 1964 - J.H. Seinfeld-L. Lapidus: *Mathematica! Methods in Chemical Engineering* Voi. 3 Englewoods Cliffs 1974.

Le precederne 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.

Nota agli studenti

Durante le lezioni, da parte del Docente vengono illustrati alcuni esercizi a scopo di esemplificazione. È previsto che alcuni di questi esempi potranno essere trasformati in programmi di calcolo da parte degli allievi. Esercizi analoghi possono essere proposti in sede di esame.

Programma dell'insegnamento di
ANALISI DEI SISTEMI DELL'INGEGNERIA CHIMICA II
(semestrale) **AF0022**
Prof. Giuseppe BIARDI

Programma di esame

Introduzione
L'analisi dei processi chimici e le fasi di decomposizione logica, fenomenologica e numerica. I problemi di calcolo nell'analisi dei processi chimici.
Parte I
Modelli: Struttura formale dei modelli nell'ingegneria chimica. Determinazione dei parametri in modelli di tipo empirico e di tipo semiteorico. Metodi di regressione lineare e non lineare. Algoritmi e programmi di calcolo. Esempi di applicazione in problemi di cinetica chimica. Determinazione di parametri per schemi di reazioni complesse.
Parte II
Analisi di sottosistemi: Soluzione di equazioni algebriche lineari e non lineari. Bilanci materiali e termici per problemi di equilibrio di fase e di equilibri chimici complessi. Equilibri fisici e chimici accoppiati. Studio di unità di frazionamento a stadi. Soluzione di equazioni differenziali. Studio di reattori chimici. Calcolo dell'efficienza nei granuli di catalizzatore. Soluzioni di equazioni alle differenze finite, equazioni integrali ed equazioni differenziali alle derivate parziali.
Parte III
Analisi dei sistemi: Tecniche di decomposizione di sistemi di grande dimensione. Confronto tra approccio modulare ed approccio sequenziale nella risoluzione dei bilanci di un impianto. Promotori di convergenza locali e globali. Programmi generali di simulazione di impianti chimici. Metodi di ottimizzazione con una o più variabili. Tecniche e programmi di calcolo.
Parte IV
Sintesi dei Processi Chimici. Analisi e Sintesi di schemi di processo. Sintesi dei cammini di reazione per lo stesso prodotto. Sintesi di schemi di separazione complessi. Reti di scambiatori e sintesi dei recuperi e delle integrazioni di processo

Modalità di esame

L'esame consta in una prova orale sulla materia del corso.

Libri consigliati

G. Biardi-S. Pierucci: *Appunti sull'Analisi dei Sistemi dell'Ingegneria Chimica* CLUP.
G. Buzzi Ferraris: *Analisi e Identificazione di Modelli* CLUP.
Carnahan et al.: *Applied Numerica! Methods* J. Wiley (1969).
J. Villadsen-M.L. Michelsen: *Solution of differential equation models by Polynominal Approximation* Prentice Hall (1978).
E.J. Henley, E.M. Rosen: *Material and Energy Balance Computations* J. Wiley (1971).

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

ANALISI MATEMATICA I AP0001

(per allievi del corso di Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio)

Prof. Clelia MARCHIONNA

Programma di esame

1. **CENNI DI TEORIA DEGLI INSIEMI.** Operazioni, funzioni, relazioni. Successivi ampliamenti del concetto del 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. Funzione continua. Teoremi fondamentali sulle funzioni continue.

2b. **Calcolo differenziale.** Definizione di derivate 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. **FUNZIONI DI PIÙ VARIABILI.**

3a. **Campi scalari.** Limiti, continuità, derivate parziali e direzionali, differenziabilità, derivata e differenziali successivi. Formula di Taylor. Studio di una superficie: massimi e minimi liberi.

3b. **Integrali di linea.** Definizione e principali proprietà delle linee. Integrali di linea.

3c. **Campi vettoriali e forme differenziali lineari.** Definizione di un campo vettoriale, campi irrotazionali e conservativi. Potenziale. Forme differenziali lineari; forme chiuse e forme esatte. Integrale di forme differenziali lineari. Lavoro.

3d. **Calcolo integrale per funzioni di più variabili.** Integrale esteso ad un insieme misurabile di R^2 e di **i?^{3}:** sue proprietà. Formule di calcolo.

Libri consigliati

L. Amerio: *Analisi Matematica con elementi di analisi funzionale,* voi. 1, UTET, Torino.
Buzzetti-Grassini Ajroldi: *Esercizi di Analisi Matematica 1,* parti I e II, Ed. MASSON, Milano.
Giusti: *Analisi Matematica* /, Boringhieri.
Pagani-Salsa: *Analisi Matematica,* voi. I, Ed. MASSON, Milano.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:
il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

ANALISI MATEMATICA I AP0001

(per tutti gli allievi escluso il Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica e in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio)

Proff. Valeria BACCHELLI, Claudio CITRINI, Elena GRASSINI, Clelia MARCHIONNA, Carlo MONARI, Luisa ROSSI COSTA, Sandro SALSA, Rodolfo SALVI, Franco TOMARELLI, Maurizio VERRI, Anna ZARETTI.

Programma di 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.**

5a. **Campi scalari.** Limiti, continuità, derivate parziali e direzionali, differenziabilità, derivate e differenziali successivi. Formula di Taylor. Integrali di linea.

5b. **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.

Modalità di 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, Utet, Torino.
Giusti: *Analisi matematica* /, Boringhieri
Pagani-Salsa: *Analisi matematica*, voi. 1, Ed. Masson, Milano
Buzzetti, Grassini, Ajroldi Vasconi: *Esercizi di Analisi Matematica I*, parti I e II - Ed. Masson, Milano.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

funzione continua in un insieme quadrabile, proprietà, teorema della media, significato geometrico - Formula di riduzione di un integrale doppio a due successive integrazioni semplici - Trasformazioni piane regolari: cambiamento di variabili negli integrali doppi - Integrali tripli - Superfici in forma parametrica: piano tangente, area di una superficie, integrali di superficie - Formule di Green, teoremi di Stokes e della divergenza.

10 - **Calcolo delle variazioni:** Funzionali: definizione ed esempi - Linee y = 2/(x) di massimo e minimo relativo per un funzionale del tipo f_b^a /(#, y, y^1) dx - Equazione di Eulero-Lagrange - Condizione sufficiente affinchè una linea estremale sia anche estremante.

11 - **Equazioni alle derivate parziali:** Esempi ed applicazioni: equazioni di Laplace, del calore, della corda vibrante.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta non eliminatoria.

Libri consigliati

L. Amerio: *Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale*, Voi. I e II, UTET.

Per gli esercizi si consigliano le raccolte di *Temi d'esame* (svolti a cura di Docenti del Dipartimento di Matematica), ed. Tamburini, 1972, ed. Masson, 1977, oppure *Integrali doppi ed equazioni differenziali*, esercizi tratti da Temi d'esame, ed. CLUP 1982

Temi d'esame di Analisi Matematica II (a cura di Docenti del Dipartimento di Matematica), ed. CLUP 1977.

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

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

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

ANALISI MATEMATICA II AP0003

(per gli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Chimica, Elettrotecnica, Nucleare)

Prof. Fiorangela DAL FABBRO

Programma di esame

1. **SERIE NUMERICHE.** Serie convergenti, divergenti, indeterminate. Serie a termini positivi e di segno alternato: criteri di convergenza. Convergenza assoluta.
2. **SERIE DI FUNZIONI.** Convergenza puntuale e convergenza uniforme. Teoremi sulle serie uniformemente convergenti. Funzioni analitiche. Serie di potenze nel campo reale e complesso: proprietà della somma. Serie di Taylor. Funzioni esponenziale, logaritmo, iperboliche e trigonometriche nel campo complesso. Formula di Eulero.
3. **CENNI AGLI SPAZI ASTRATTI E SERIE DI FOURIER.** Spazi metrici, normati e con prodotto interno: esempi in R^n ed in C^n. Le strutture di C° ([a, 6]): norme lagrangiana ed integrali, prodotto interno; convergenza uniforme e convergenza in media. Successioni di versori ortogonali: i sistemi esponenziale, trigonometrico e di Legendre. Sviluppi in serie di versori ortogonali (serie di Fourier): convergenza puntuale, uniforme ed in media della serie di Fourier. Serie di Fourier di funzioni pari e dispari.
4. **FUNZIONI IMPLICITE.** Teorema di Dini e teorema di inversione locale. Applicazioni geometriche. Massimi e minimi liberi per le funzioni di due variabili. Massimi e minimi vincolati: metodo del moltiplicatore di Lagrange.
5. **CALCOLO INTEGRALE PER LE FUNZIONI DI PIÙ VARIABILI.** Integrale di una funzione continua in un insieme misurabile di i?^{2} o di i?^{3}, proprietà, teorema della media. Formule di riduzione ad integrazioni semplici successive. Cambiamento di variabili. Elementi di geometria differenziale delle superfici. Integrali di superficie. Formule di Green, teoremi di Stokes e della divergenza in i?^{2} ed in i?^{3}.
6. **EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE.** Problema di Cauchy per equazioni e sistemi di equazioni differenziali: esistenza ed unicità (in piccolo ed in grande). Metodi approssimati: Cauchy - Lipschitz, Peano - Picard e degli sviluppi in serie. Sistemi ed equazioni lineari: principio di sovrapposizione; teoremi di Jacobi e di Liouville; metodo della variazione delle costanti arbitrarie; integrale generale. Problemi ai limiti lineari: autovalori ed autosoluzioni. Integrazione delle equazioni lineari a coefficienti costanti e delle equazioni di Eulero. Sistemi dinamici: spazio delle fasi; traiettorie. Sistemi autonomi: punti critici e soluzioni stazionarie. Soluzioni periodiche. Funzioni energia. Stabilità dei punti critici. Attrattori. Linearizzazione. Stabilità del sistema linearizzato.
7. **EQUAZIONI DIFFERENZIALI ALLE DERIVATE PARZIALI.** Problemi ed equazioni della fisica matematica. Classificazione delle equazioni del secondo ordine in due variabili indipendenti: caratteristiche, forma canonica. L'equazione delle onde, del calore (di Fourier) e di Laplace: metodi risolutivi della separazione delle variabili e delle serie di Fourier.

Libri consigliati

L. Amerio: *Analisi Matematica con Elementi di Analisi Funzionale,* Voli. I e II, UTET: Torino.
E. Giusti: *Analisi Matematica 1 e 2,* Boringhieri: Torino.
F. Verhulst: *Non Linear Differential Equations and Dynamical Systems,* Springer: Berlin.
C. Vaghi: *Esercizi di Analisi Matematica II,* prima parte, CLUP: Milano.
G. Malgarini: *Esercizi di Analisi Matematica II,* CLUP: Milano.

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.

Programma dell'insegnamento di

ANALISI MATEMATICA III AP0019

ProfF. 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 Rouchè. Funzioni polidrome (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; disuguagliana di Schwarz. Lo spazio L^2. Sottospazi, teorema di decomposizione. Sviluppi in serie di funzioni ortogonali; uguaglianza di Parseval e disuguaglianza di Bessel. 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 distemi 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 di esame

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

Libri consigliati

L. Amerio: *Analisi Matematica*, voi. Ili, parte prima e seconda, Utet, Torino.
Un programma dettagliato è in distribuzione presso il Dipartimento di Matematica.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

ANALISI SPERIMENTALE DELLE TENSIONI AR0016

Prof. Aldo MONDINA

Programma di esame

I - Elementi fondamentali:

1) Complementi della teoria dell'elasticità.
2) Complementi di acustica e di vibrazioni elettromagnetiche (ottica, raggi *x* e 7).
3) Complementi della teoria dei modelli.

II - Metodi per l'analisi sperimentale delle tensioni e delle deformazioni.

A. Metodi con visione di insieme.

1) Fotoelasticità, principi fondamentali, strumenti, metodi ed applicazioni nei casi piani e tridimensionali, con particolare riguardo alla valutazione degli stati di tensione negli organi delle macchine.
2) Metodo delle lamine fotoelastiche.
3) Metodo delle vernici fragili.

B. Metodi locali.

1) Estensimetri elettrici, meccanici e di altri tipi, con particolare riguardo ai criteri di scelta ed alla tecnica di impiego.

Ili - Elementi di prove non distruttive.

1) Procedimenti con raggi *x* e 7.
2) Procedimenti con ultrasuoni.
3) Procedimenti magnetici.
4) Procedimenti con liquidi penetranti.

Esercitazioni

Le esercitazioni di carattere sperimentale, verranno svolte a squadre. Nel corso delle esercitazioni gli allievi avranno modo di prendere dimestichezza con i metodi e gli strumenti di ricerca ed anche di impiegare strumenti di uso più generale. Gli allievi potranno altresì eseguire il rilievo e la elaborazione di dati sperimentali nel corso di prove pratiche connesse con gli argomenti svolti nelle lezioni. Sono previste anche alcune visite tecniche.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

A. Mondina: *La fotoelasticità*, Etas-Kompass, Milano.
Note al corso di analisi sperimentale delle tensioni, CLUP -
Dispense.
A. Gilardoni: *Defectologia (CND)* - Ed. Gilardoni - Mandello Lario (CO).
Le Prove non distruttive - Ed. AIM - P.le Morandi 2 - Milano

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.

Programma delPinsegnamento di

ANALISI STRUTTURALE CON L'ELABORATORE ELETTRONICO AN0050

Prof. Pier Giorgio MALERBA

Programma di esame

1 - **Aspetti introduttivi** - Posizione dell'analisi strutturale con l'elaboratore elettronico nel contesto progettuale. Suoi contenuti: i metodi di analisi ed i 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 su aspetti teorici di base. Impostazione matriciale dei metodi di calcolo delle strutture a telaio. Problemi connessi con la risoluzione dei sistemi lineari: caratteristiche dei sistemi, metodi di risoluzione e di memorizzazione, metodi alle sottomatrici ed alle sottostrutture, controllo della precisione dei risultati.

3 - **Problemi di analisi delle strutture a telaio** - Le travature reticolari piane. I telai. I graticci di travi. Le travature reticolari spaziali. I telai spaziali. Le travi curve. I nodi di dimensioni finite. Le aste eccentriche. Le sconnessioni di vincolo. L'imposizione di vincoli esterni: vincoli totali, parziali, inclinati, cedevoli elasticamente. Le travi precompresse.

4 - **Analisi matriciale dei continui elastici** - Metodi basati sulla soluzione numerica di algoritmi: il metodo delle differenze finite, il metodo delle linee. Metodi basati sulla discretizzazione della struttura: richiami sui metodi di Ritz e di Galerkin. I metodi degli elementi finiti e delle strice finite. Rassegna dei più diffusi tipi di elementi.

5 - **Problemi di analisi dei continui elastici** - Casi tipici di diffusione degli sforzi (mensole tozze, testate di precompressione, ecc.). Le travi alte. Strutture a piastra. Strutture scatolari. Problemi connessi all'analisi dei solai e degli impalcati da ponte. Analisi dei gusci come strutture di copertura e di contenimento. Problemi di collegamento tra gusci di forma diversa. La modellazione delle travi di bordo.

6 - **Problemi di analisi non lineare delle strutture** - Tipi di non linearità. Metodi risolutivi: passo-passo, della tangente, della secante, della ridistribuzione dei residui. Schemi operativi per il calcolo numerico.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni verranno trattati aspetti applicativi e problemi di programmazione sui seguenti temi: nozioni sui calcolatori; il linguaggio FORTRAN; soluzione dei sistemi di equazioni; calcolo degli autovalori di una matrice; la programmazione del metodo degli spostamenti con riferimento ai telai ed agli elementi finiti.

Durante le esercitazioni gli allievi svilupperanno dei codici di calcolo sugli argomenti sopra accennati con applicazioni a problemi correnti di ingegneria strutturale.

Libri consigliati

G. Toniolo: *Analisi Strutturale con l'Elaboratore Elettronico*, Tamburini ed., Milano, 1975.

L. Cedolin: *Elementi di Analisi Strutturale*, Masson Italia ed., Milano, 1975.

G. Toniolo-P.G. Malerba: *Metodi di Discretizzazione dell'Analisi Strutturale*, Masson Italia ed., Milano, 1981.

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

O.C. Zienkievicz: *The Finite Element Method in Engineering Science*, McGraw-Hill, London, 1971.

Le precederne 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.

Programma delPinsegnamento di

ANTENNE E PROPAGAZIONE AG0026

Prof. Aldo PARABONI

Programma di 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 a fenditura. Strutture filiformi non rettilinee.
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 thè ionosphere,* Consultants Bureau, New York.
Picquenard: *Radiowave propagation,* MacMillan Bath, 1974.
Franceschetti: *Campi elettromagnetici,* Boringhieri, 1983.

Le precederne 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.

Programma delPinsegnamento di

APPLICAZIONI ELETTRICHE AH0010

Prof. Enrico TIRO NI

Programma di 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; caratteriche 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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

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.

Programma dell'insegnamento di

APPLICAZIONI ELETTRICHE (Azionamenti elettrici) AH0021

Prof. Renato MANIGRASSO

Programma di esame

1 - I componenti degli azionamenti elettrici e la relativa modellistica.
Le macchine elettriche statiche e rotanti ed i componenti passivi: modelli dinamici e problemi costruttivi tipici del funzionamento a media frequenza. Identificazione dei modelli. Modelli dinamici delle valvole a semiconduttori.

2-1 convertitori per gli azionamenti elettrici.
Modelli matematici dinamici per l'analisi dei convertitori. Tecniche per l'ottimazione delle forme d'onda: metodi di modulazione degli impulsi di tensione e di corrente. Problemi costruttivi connessi al funzionamento in regime dinamico.

3 - Strategie ed architetture di controllo degli azionamenti elettrici.
Richiami sulle metodologie per la definizione delle strategie di controllo. Modelli matematici di sistema per il controllo. Metodi di controllo tradizionali per gli azionamenti con motori in c.c. ed in c.a.. Il controllo ad orientamento di campo per le macchine sincrone ed asincrone. Problemi costruttivi connessi alla realizzazione dei regolatori: applicazioni dei microprocessori, il filtraggio digitale.

4 - Le applicazioni degli azionamenti elettrici.
Le specifiche degli azionamenti elettrici in relazione alle applicazioni tipiche di controllo di velocità e/o di posizione (a bersaglio fisso o mobile; a tempo libero o a tempo ottimale). La definizione delle caratteristiche funzionali ottimali per la progettazione coordinata dei componenti. Esempi ed applicazioni.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguardano lo sviluppo di un progetto di massima con calcoli numerici, schemi e disegni sommari dei componenti e del sistema.

Libri consigliati

Dispense del corso *Azionamenti a velocità controllata per macchine sincrone ed asincrone* , Dipartimento di Elettrotecnica Politecnico di Milano, 1986.
G. Franklin - D. Powell: *Digital control of dynamic systems* , Addison - Wesley, 1980.
W. Leonhard: *Control of electrical drives* , Springer Verlag, 1985.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

Programma delPinsegnamento di

ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA AJ0010

Prof. Gian Paolo VALENTI

Programma di esame

L'insegnamento, preparatorio e finalizzato alle tematiche metodologiche e tecnologiche di Architettura tecnica II e III, ha lo scopo di fornire le nozioni generali e specifiche sulle categorie tipologiche delle costruzioni edilizie.

Nello svolgimento delle lezioni vengono esaminate le strutture ambientali in relazione alle esigenze dimensionali e funzionali, ai procedimenti produttivi e costruttivi edilizi, ai contributi tecnologici ed al contesto sociale, economico, storico e culturale.

Vengono esaminate in particolare, quali esemplificazioni del processo progettuale, alcune categorie tipologiche con riferimento alle destinazioni d'uso:

- le categorie delle strutture ambientali per la residenza permanente e temporanea a sviluppo cellulare lineare o complesso e a sistema centrico;
- le categorie delle strutture ambientali per l'istruzione e la cultura a sviluppo articolato o aperto e a sistema bloccato o centrico;
- le categorie delle strutture ambientali per la funzione terziaria ad unità modulari di piccola, media e grande dimensione;
- le categorie delle strutture ambientali per la produzione industrializzata a grande impianto produttivo o differenziato.

Esercitazioni

Analisi metodologica e applicazione progettuale a tempo determinato di sistemi distributivi relativi a tipologie d'uso prefissate.

Modalità d'esame

Esposizione orale di argomenti trattati nel corso delle lezioni e verifica delle applicazioni svolte nelle esercitazioni.

Libri consigliati

Bibliografia di testi, saggi e manuali per ogni specifico argomento, indicata nel corso delle lezioni.

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.

Programma dell'insegnamento di

ARCHITETTURA TECNICA **AJ0011**

(per allievi civili edili indirizzo ergotecnico tecnologico)

Prof. Giuseppe TURCHINI

Programma d'esame

0 - L'insegnamento si prefigge di fornire i fondamenti metodologici e le strumentazioni operative propedeutici alle tematiche dei corsi di Architettura tecnica II e III.

1 - Il processo edilizio.

1.1 - Definizione del processo edilizio attraverso obiettivi, fasi operative, flussi di informazioni e ruoli degli operatori. La struttura del processo: processo decisionale e sue fasi, processo esecutivo e sue fasi; processo gestionale e sue fasi.

1.2 - Concetti base di riferimento del mercato edilizio: fabbisogno, domanda e offerta del mercato. L'offerta tecnologica tra tradizione e innovazione. L'evoluzione dell'industrializzazione edilizia dalla prefabbricazione integrale alla produzione industriale diffusa.

2 - **La progettazione dei sistemi edilizi**

2.1 - Concetto di sistema edilizio e sue articolazioni. Il sistema ambientale edilizio e il sistema tecnologico. Il ruolo della progettazione nella definizione dei sistemi.

2.2 - Analisi e progettazione del sistema ambientale:

- articolazione del sistema ambientale: unità ambientali, unità spaziali e elementi spaziali;
- analisi e definizione dei requisiti funzionali spaziali;
- analisi e definizioni dei requisiti ambientali;
- progettazione funzionale spaziale e progettazione ambientale;

2.3 - Analisi e progettazione del sistema tecnologico:

- articolazione del sistema tecnologico in unità tecnologiche e in elementi tecnici;
- concetti base della teoria della qualità in edilizia e sue applicazioni;
- metodi per la definizione del comportamento e del funzionamento del sistema tecnologico;
- metodi e strumenti per i controllo qualitativo del sistema tecnologico e delle sue parti;
- metodi e strumenti per la definizione dimensionale del sistema tecnologico e delle sue parti.

3 - La progettazione dell'intervento edilizio

Metodologie e strumentazioni per la progettazione degli interventi edilizi nelle varie componenti ambientali, spaziali funzionali e tecnologiche. Analisi del processo di progettazione, strumentazioni disponibili per le diverse aree problematiche, flussi di informazione. Il ruolo dell'informazione tecnica.

4 - 1 1 controllo del processo edilizio e dei suoi risultati

La normativa tecnica come strumento di guida e di controllo del processo. La struttura, i fondamenti e gli obiettivi della normativa tecnica. L'articolazione della normativa tecnica in funzione degli oggetti di applicazione e dei soggetti: normativa spaziale funzionale, normativa ambientale, normativa tecnologica, e normativa procedurale.

La normativa come strumento di controllo: metodologia e finalità del controllo di qualità edilizia.

Esercitazioni

Le esercitazioni, alle quali lo studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio dell'anno di corso, consisteranno nell'applicazione a specifiche ipotesi operative delle metodologie e delle strumentazioni trattate nel corso delle lezioni, nonché nello svolgimento di seminari dedicati all'analisi critica delle tematiche sviluppate nel corso.

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 di esame

L'esame consisterà in una prova orale. Il positivo svolgimento degli elaborati delle esercitazioni è condizione per l'ammissione all'esame.

Libri consigliati

- AA.VV. *Normativa tecnica e industrializzazione deH'edilizia* ed. Luigi Parma, Bologna 1979.
- E. Zambelli (a cura) *Sistema edilizio residenziale*, ed. F. Angeli, Milano 1981.
- P.N. Maggi *Metodi e strumenti di progettazione edilizia*, ed. CLUP, Milano.

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

Programma dell'insegnamento di
ARCHITETTURA TECNICA AJ0012
(per allievi civili non ergotecnici e difesa suolo)
Prof. Mario BASSAN

Programma di esame

I - 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 di esame

II 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.

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.

Programma dell'insegnamento di
ARCHITETTURA TECNICA II AJ0014
(per allievi civili non ergotecnici)
Prof. Gianpaolo VALENTI

Programma di esame

Metodologie di analisi e di sintesi dei problemi che concorrono alla definizione dell'organismo edilizio e applicazione delle metodologie progettuali alla residenza perchè essa è l'argomento più completo per esaminare a vari livelli di complessità l'intrecciarsi dei fattori (distributivi, tecnologici, economici, organizzativi).
La strumentazione progettuale e produttiva: la normativa (struttura, tipologia, livelli): il coordinamento dimensionale: i processi edilizi convenzionali, evoluti e industrializzati.
Analisi delle funzioni elementari dell'abitare e delle loro interrelazioni: dimensionamento degli spazi e definizione delle qualità ambientali necessarie per una corretta esplicazione delle funzioni; individuazione dell'alloggio attraverso l'integrazione e l'aggregazione degli spazi necessari alla funzione abitativa e
L'organismo edilizio come uno dei possibili punti di equilibrio delle necessità funzionali con la normativa, l'organizzazione strutturale, la tecnologia degli impianti, i materiali, la difesa acustica e igro-termica, la organizzazione produttitiva e l'economia.
L'organismo edilizio come uno dei possibili punti di equilibrio delle necessità funzionali con la normativa, l'organizzazione strutturale, la tecnologia degli impianti, i materiali, la difesa acustica e igro-termica, la organizzazione produttiva e l'economia.
Il filo conduttore è pertanto il rapporto tecnologia-tipologia con particolare attenzione al ruolo del progetto alle varie scale e tende a dare una visione unitaria ed integrata del progetto stesso in modo che da un lato chi si dedicherà poi a settori particolari si renda conto che sotto tutti i profili la validità del risultato globale dipende, oltre che dal proprio specifico apporto, dalla conoscenza e comprensione dei problemi al contorno e, dall'altro, chi si dedicherà alla progettazione dell'organismo comprenda i complessi compiti di integrazione e di sintesi che gli saranno propri.

Esercitazioni

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

Modalità di esame

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

Libri consigliati

M. Grisotti-R. De Vita-V.G. Colaianni: *Architettura Tecnica*, ed. ISEDI, Milano.
E. Neufert: *Enciclopedia pratica per progettare e costruire*, Ed. Hoepli, Milano.
Indicazioni sulla bibliografia specifica saranno date nel corso delle lezioni e delle esercitazioni.

Le precederne 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.

Programma delPinsegnamento di

ARCHITETTURA TECNICA II AJ0013

(per allievi civili ergotecnici)

Prof. Sergio CROCE

Programma di 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. La definizione organizzata degli obiettivi progettuali: i modelli di comportamento.
2. Le opzioni funzionali: i modelli funzionali.
3. Le opzioni 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. Metologie 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 di 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.

Libri consigliati

Nello svolgimento del corso di 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.

Le precederne 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.

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. Alien: *Come funzionano gli edifici*, Edizioni 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 editrice, 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.

Programma dell'insegnamento di

ARCHITETTURA TECNICA III AJ0015

Prof. Giuseppe TURCHINI

Programma di esame

0 - L'insegnamento si prefigge di sviluppare una conoscenza approfondita e critica dei metodi e delle tecniche dell'industrializzazione edilizia e una capacità progettuale specifica in relazione alla progettazione tecnologica di sistemi e 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;
- Aspetti qualitativi e quantitativi della domanda;
- Informazione e comunicazione del prodotto agli operatori: progettisti, committenti, imprese di costruzione, ecc.;

2 - **Progettazione di sistemi, subsistemi e componenti**

- Tecniche di progettazione e controllo;
- Coordinazione dimensionale e modulare;
- Analisi delle prestazioni;
- Valutazione, previsione e progettazione della qualità;
- Controllo della qualità di prodotti industriali;
- Studio delle tecnologie edilizie note e innovative in funzione della progettazione di subsistemi e componenti;
- Progetto di subsistemi e componenti.

3 - Integrazione di subsistemi e componenti

- Le condizioni di integrazione dei prodotti industriali nell'edificio dal punto di vista delle prestazioni tecnologiche e ambientali globali;
- Le condizioni di integrazione dei prodotti industriali dal punto di vista organizzativo e operativo: messa in opera; integrazione fisica, funzionale e dimensionale.

Esercitazioni

Le esercitazioni prevedono due periodi distinti:

- nel primo sarà sviluppata una progettazione di dettaglio di un subsistema e dei relativi componenti;
- nel secondo sarà curata l'integrazione di tale subsistema nel progetto sviluppato nel corso di AT2, che potrà diventare il progetto di laurea.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

Nello svolgimento del corso si farà riferimento a un vasto materiale documentario, costituito in parte da libri e riviste, in parte da documenti tecnici di tipo normativo o provenienti da 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.

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.

Ismes (a cura) - *Procedimenti costruttivi industrializzati per l'edilizia residenziale*, ed. BEMA, Milano, 1982.
AA.VV. - *Normativa Tecnica e Industrializzazione dell'Edilizia*, ed. L. Parma, Bologna, 1979.
E. Zambelli (a cura) - *Sistema Edilizio Residenziale*, ed. F. Angeli, Milano, 1981.
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.

Programma delPinsegnamento di

AUTOMAZIONE E REGOLAZIONE AG0014

Prof. Nicola SCHIAVONI

Programma di 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 sovraelogazioni, 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 scelta e la messa a punto.

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.

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.

Esercitazioni

È previsto lo svolgimento di esercitazioni numeriche a illustrazione e complemento degli argomenti trattati a lezione.

Libri consigliati

Per la preparazione all'esame si consiglia di utilizzare i testi seguenti:
S. Bittanti, N. Schiavoni: *Modellistica e controllo,* 2 voi., CLUP, 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 1'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 Tidentificazione 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.

Programma delPinsegnamento di
AUTOMAZIONE SANITARIA **AA0001**
Prof. Antonio PEDOTTI

Programma di esame

Introduzione al corso - Problematiche generali nella gestione della salute e ruolo della strumentazione e dell'Automazione. Cenni di Terminologia in Fisio-patologia. Generalità sulla strumentazione biomedica.
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. Misure di grandezze meccaniche.
Organizzazione funzionale del sistema neuromuscolare - Mezzi di indagine. Segnali di natura elettrica (Elettromiogramma, Elettroencefalogramma, Elettroneurogramma, Elettroretinogramma) e potenziali evocati. Strumentazione. Elettrodi. Analisi quantitative.
Organizzazione funzionale del sistema cardiovascolare e mezzi di indagine - Elettrocardiografia, Ecografia, Elettrocardiografia Fetale. 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.
Organizzazione funzionale del sistema respiratorio - Pressione, Volumi, Flusso: Tecniche di misura ed elaborazione.
Laboratorio di analisi - Struttura e organizzazione generale. Tecniche di analisi (Cromatografia, Elettroforesi, Ematologia. Spettrofotometria), elaborazione e archiviazione dati.
Elaborazione di immagini biomediche - Immagini TV, Radiografia, Termografia, Tomografia, Tomografia Assiale Computerizzata, Scintigrafia, Tecniche degli ultrasuoni: contenuto informativo e rumore - Problemi generali di elaborazione e ricostruzione del segnale.
Dispositivi terapeutici - Stimolatori elettrici (Pacemaker, Defibrillatore, SEF). Protesi cardiache. Protesi d'arto. Organi Artificiali. Automazione nella chirurgia (circolazione assistita, ipotermia). Prospettive e Problemi.
Prospettive e linee di tendenza - Il ruolo dei *P*. Il calcolatore nella diagnosi assistita. Nuove tecnologie.

Esercitazioni

Durante l'anno verranno effettuate visite presso ospedali, laboratori e strutture di ricerca nel settore.

Modalità di esame

L'esame è orale e verte sugli argomenti del presente programma.

Libri consigliati

Medicai Instrumentation. Application and Design, J.G. Webster Ed. Houghton , Mifflin Co. Boston 1978.
Trasducers for biomedicai measurements. Principles and applications, R.S.C. Cobbold. J. Wiley &: Sons, 1974.
Biomedicai 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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma delPinsegnamento di
AZIONAMENTI ELETTRICI **AH0021**
Prof. Renato MANIGRASSO

Programma di esame

1. Gli azionamenti elettrici come componenti per Pautomazione industriale e dei sistemi di trasporto.
1.1 I componenti degli azionamenti è la relativa modellistica.
1.2 I convertitori per gli azionamenti.
1.3 Strategie ed architetture di controllo degli azionamenti.
1.4 Le applicazioni industriali e nei trasporti.
2. Gli azionamenti elettropneumatici ed oleodinamici.
2.1 I componenti e la relativa modellistica.
2.2 I metodi di comando e di controllo.
2.3 Le applicazioni industriali.
3. **Sistemi costituiti da una pluralità di azionamenti interagenti.**
3.1 Sistemi industriali e di trasporto con pluriazionamenti.
3.2 Le unità per il governo dei sistemi con pluriazionamenti: i controllori programmabili.
3.3 Le unità per la gestione dei sistemi con pluriazionamenti: i sistemi esperti.

Esercitazioni

Le esercitazioni riguardano lo sviluppo di un progetto di massima con calcoli numerici, schemi e disegni sommari dei componenti e del sistema.

Libri consigliati

Dispense del corso *Azionamenti a velocità controllata per macchine sincrone ed asincrone*, Dipartimento di Elettrotecnica, Politecnico di Milano, 1986.
G. Franklin - D. Powell: *Digital control of dynamic systems*, Addison - Wesley, 1980.
W. Leonhard: *Control of electrical drives*, Springer Verlag, 1985.

Le precederne 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.

Programma delPinsegnamento di
BASI DI DATI **AG0207**
Prof. Fabio A. SCHREIBER

Programma di esame

1. **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.
2. **Modelli dei dati:** Modelli concettuali e modelli logici. Il modello *Entity-Relationship* e le sue caratteristiche. Chiavi candidate e chiavi primarie. Rappresentazione mediante tabelle. Generalizzazione e specializzazione. Aggregazione. Uso del modello E-R nella progettazione di schemi concettuali. Il modello *relazionale*: definizioni formali. Algebra relazionale e sue operazioni. Calcolo relazionale. Linguaggi commerciali: SQL, Quel, QBE. Modifiche alla base di dati. Le viste di utente. Il modello *reticolare*: generalità. La proposta DBTG Codasyl e i suoi limiti. Accesso e manipolazione dei dati a livello di record e di set. Il modello *gerarchico*: generalità. Accesso e manipolazione dei dati.
3. **Progetto di basi di dati relazionali:** Obiettivi della progettazione di basi di dati. Fasi della progettazione di una base di dati. Un modello per la progettazione concettuale. La normalizzazione delle relazioni nel modello relazionale: definizione di normalizzazione; relazioni non normalizzate e prima forma normale; rappresentazione delle dipendenze funzionali e sintesi immediata delle relazioni in terza forma normale. Forma normale di Biyce e Codd. Problematiche di progettazione fisica: descrizione dell'architettura del sistema; strutture di accesso; scelta delle strutture di accesso. Una metodologia completa di progettazione: presentazione generale; la progettazione concettuale; la progettazione logica.
4. **Le strutture fisiche:** richiamo alla struttura delle memorie di massa e dei sistemi di Ingresso/uscita. L'organizzazione ad archivi (file). Gestione della memoria. Realizzazione dei modelli Relazionale, Reticolare e Gerarchico come archivi. Strutture sequenziali e ad indici. Alberi bilanciati: i?~*~trees. Strutture casuali: funzioni di hashing e gestione delle collisioni. Valutazione e confronto tra le varie strutture. Accesso con più chiavi. Le procedure di ordinamento.
5. **Elaborazione delle interrogazioni:** ottimizzazione delle espressioni dell'algebra relazionale. Valutazione dei costi. Esame di alcune possibili strategie.
6. **Controllo della concorrenza:** accesso concorrente e integrità dei dati. Serializzazione delle richieste. Granularità. Metodi di locking, di time-stamping e ottimistici. Sistemi multi versione. La situazione di stallo (deadlock) e il suo trattamento.
7. **Affidabilità:** concetti fondamentali. Metodi di log e checkpoint. Shadows. Modelli per la valutazione quantitativa.
8. **Sicurezza e integrità:** concetti fondamentali.
9. **Nuove architetture e applicazioni:** basi di dati distribuite e basi di conoscenza.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni settimanali, nelle quali verranno sia sviluppati esempi di progettazione di basi di dati, sia presentati studi di casi.

Modalità di esame

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

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.

Libri consigliati

H. F. Korth, A. Silberschatz: *Database System concepts,* Me Graw Hill, 1986.
O. Hanson: *Gli archivi informatici*, Masson.
S. Ceri: *La progettazione di basi di dati*, CLUP, 1980.
G. Salton, M.J. McGill: *Introduction to modern Information Retrieval,* Me Graw Hill, 1983.
Articoli su Basi di dati distribuite (fotocopie CLUP).
Raccolta di lucidi (fotocopie CLUP).

Testi complementari

C.J. Date: *An introduction to Database Systems,* IV edizione, Addison-Wesley, 1986.
R. Guihur: *Procedure di ordinamento,* Masson, 1985.

Programma dell'insegnamento di

BASI DI DATI AG0207

Prof. Stefano CERI

Programma di esame

Nel corso vengono esaminati concetti e tecniche fondamentali per lo sviluppo di sistemi software per il trattamento dell'informazione aziendale.

Vengono studiate tecniche dell'ingegneria del software per lo sviluppo di progetti software, i sistemi di gestione di basi di dati, unitamente ad alcuni richiami dei concetti fondamentali dei sistemi operativi.

Ingegneria del software

Il ciclo di vita del software e il costo relativo delle varie fasi - cenni su raccolta dei requisiti - specifica dei requisiti - l'analisi strutturata (Structured Analysis - De Marco) - Qualità del software, fattori di qualità, amplificazione dei difetti, errori residui - gestione dei progetti: formai technical reviews

- Testing: white box testing, cyclomatic complexity, black box testing, partizioni di equivalenza, analisi valori limite, grafi causa-effetto - strategie di test

Introduzione ai sistemi operativi

Sistemi uniprogrammati e multiprogrammati - elaborazione in linea e batch - la struttura a cipolla del sistema operativo - il concetto di file System

Tecniche di gestione degli archivi

Archivi sequenziali - archivi sequenziali con indice - indici densi e sparsi - B+ tree - funzioni di hashing

Sistemi di gestione di basi di dati

Introduzione - Il modello entità-relazioni - il modello relazionale - algebra relazionale e SQL - cenni al modello reticolare - cenni al modello gerarchico - normalizzazione delle relazioni: struttura fisica dei dati - ottimizzazione delle interrogazioni - crash recovery: aggiornamenti immediati e aggiornamenti differiti - controllo della concorrenza: serializzabilità, locking - sicurezza: controllo dell'accesso in SQL

- crittografia: cifrario di Cesare, sostituzione semplice, codifica omofonica e cifrario polialfabetico, tecniche di trasposizione, cenni a sistemi a chiave pubblica - Data Encryption Standard

Modalità di esame

L'esame consisterà in una serie di esercizi e di domande scritte e da una prova orale, consistente nella discussione di un progetto realizzato dallo studente nell'ambito degli argomenti trattati nel corso e in qualche domanda di tipo teorico.

Precedenze di esame

Entrambe le sezioni hanno come precedenza obbligatoria Programmazione dei Calcolatori Elettronici o Elementi di Informatica.

Gli allievi della sez. B non possono sostenere l'esame di Ingegneria del Software.

Percorsi formativi consigliati:

Programmazione (Elementi di Informatica) - Trattamento sez. B

oppure

Programmazione - Sist. Operativi - Trattamento sez. A - Ing. Software

---

Le precederne 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.

Libri consigliati

F. Tisato, R. Zicari: *Sistemi Operativi - Architettura e progetto*, CLUP, 1985.
H. F.Korth, A. Silberschatz: *Database System Concepts*, Me Graw Hill, 1986.
I. Sommerville: *Software Engineering*, Addison - Wesley, 1989, (III edizione).

Testi consigliati per un approfondimento della materia

R. S. Pressman: *Software Engineering: a Practitioner's Approach*, 2nd Edition, Me Graw Hill, 1987.
S. Ceri: *Progettazione di Basi di Dati*, CLUP.
D. Bell, I. Morrey, J. Pugh: *Software Engineering: a Programming Approach*, Prentice Hall, 1987.
M.L. Shooman: *Software Engineering: Design Reliability and Management*, Me Graw Hill, 1983.
R. Fairley: *Software Engineering Concepts*, Me Graw Hill, 1985.

Programma dell'insegnamento di
BIOMACCHINE AA0002
Prof. Roberto FUMERÒ

Programma di esame

1 - **Introduzione** - Definizione del campo di indagine della bioingegneria, stato di necessità di questo tipo di ricerche, avanzamenti conseguiti sino ad oggi e prevedibili progressi futuri. Componenti caratteristici di un sistema vivente: concetti di morfologia strutturale e funzionale; interazioni con il mondo esterno. Cenni di anatomia umana e di fisiologia.
2 - **Termodinamica e fenomeni di trasporto nei sistemi biologici** - Richiami di termodinamica; termodinamica dei processi irreversibili. Il ciclo dell'energia della cellula; processi esoenergetici; il ciclo Krebs. Scambi termici con l'ambiente esterno; la temperatura e la sua influenza all'interno del corpo umano; fluidi non newtoniani; il moto del sangue nei grandi vasi e nella rete capillare.
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, 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 dimensioni 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

Ingegneria del sistema cardiovascolare, CLUP 1973.
Energetica del cuore artificiale, CLUP 1975.
Il cuore artificiale e la circolazione assistita, ed. Recordati, 1968.
La circolazione extracorporea, CLUP 1975.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

BIOMECCANICA **AZ0005**

Prof. Arrigo VALLATTA

Programma di esame

- Tipologie e propretà meccaniche dei tessuti che costituiscono il corpo umano: le ossa, i muscoli, i tendini, i legamenti, le cartilagini, i vasi sanguigni.
- L'apparato muscolo-scheletrico. Vari tipi di articolazioni. L'arto superiore, la mano. L'arto inferiore, il piede. Il rachide e il tronco.
- Il sistema cardiovascolare.
- Il sistema respiratorio.
- Lavoro muscolare; metodi energetici, parametri fondamentali per la valutazione dell'azione muscolare.
- L'attività elettromiografica. Tecniche di rilevazione ed elaborazione dei segnali E.M.G. Metodi di calcolo di forze muscolari e carichi articolari.
- La locomozione umana. Il passo, fasi e ciclicità. Forze interne ed esterne. Movimenti articolari.
- Le protesi ossee. Le fratture ossee e i mezzi di sintesi. L'importanza delle azioni meccaniche nel rimodellamento osseo.

I modelli matematici nella biomeccanica. Applicazioni alla meccanica cardiaca, alle catene cinematiche degli arti, alla locomozione umana.

Esercitazioni

II corso sarà completato da esercitazioni teoriche.

Libri consigliati

N. P. Cochran: *A primer of orthopaedic biomechanics*, Churchill Living.
J. Forni, O. Cappellini: *Compendio di meccanica articolare*, Argalia, ed. Urbino.
J. A. Kapandji: *Fisiologia Articolare*, 3 Volumi, ed.DEMI.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltk.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di
CALCOLATORI ELETTRONICI Sez. A **AG0017**
(per allievi elettronici, elettrotecnici, nucleari)
ProfF. Roberto NEGRINI, Maria Giovanna SAMI

Programma di esame

- **Richiami di numerazione binaria.** Codici. Cenni d'aritmetica binaria.
- **Algebra di commutazione:** operatori e proprietà fondamentali. Teoremi base. Operatori completi.
- **Reti combinatorie:** funzioni di commutazione e forme canoniche. Sintesi con metodi classici: reti minime a due livelli, scomposizione funzionale, fattorizzazione. Sintesi mediante componenti a media integrazione (codificatori, selettori) e a grande integrazione (memoria a sola lettura, PLA). Cenni a problemi di malfunzionamento in transitorio e di rilevamento guasti.
- **Reti sequenziali.** Bistabili, contatori e registri. Macchine sincrone: analisi e sintesi con metodi classici, definizione in termini di automi a stati finiti. Problemi di assegnamento e scomposizione. Sintesi con componenti a media e grande integrazione. Macchine sequenziali lineari: Espressioni regolari e riconoscitori a stati finiti. Progetto di reti iterative monodimensionali. Macchine asincrone: analisi e sintesi. Problemi di assegnamento e di comportamento transitori.
- **Unità funzionali e circuiti integrati complessi.** Introduzione ai concetti e alle metodologie di progetto della logica programmata. Struttura - tipo di sistema basato su microelaboratore e suo funzionamento.

Esercitazioni

Durante l'anno verranno svolte esercitazioni numeriche.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

M.G. Sami, *Sistemi Digitali*, CLUP ed.
Z. Kohavi, *Sequential Machines and Automata Theory*, J. Wiley, 1967.
Blakeslee, *Digital Design with Standard MSI and LSI*, J. Wiley, 1975.
Un eserciziario e appunti complementari sono pubblicati dalla CLUP.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di
CALCOLATORI ELETTRONICI Sez. B **AG0046**
(per allievi elettronici, nucleari, gestionali/delle tecnologie industriali)
Prof. Giuseppe PELAGATTI

Programma di esame

PARTE I: SISTEMI DIGITALI

1. Sistemi combinatori: Algebra di commutazione. Dualità. Insiemi minimi di operatori. Sintesi di funzioni combinatorie.
2. Sistemi sequenziali: Bistabili. Registri a scorrimento e contatori. Sintesi delle reti sincrone. Macchina di Mealy e macchina di Moore. Reti asincrone.
3. Aritmetica binaria: Numerazione binaria e rappresentazione in complemento dei numeri negativi. Addizionatori binari. Alcune strutture Hardware per la moltiplicazione e l'aritmetica in virgola mobile.

PARTE II: ARCHITETTURA E REALIZZAZIONE DEI CALCOLATORI

4. Modelli e livelli di descrizione di un calcolatore. Macchine virtuali. Sottosistemi funzionali. Comunicazione tra sottosistemi e compatibilità.
5. Aspetti dell'architettura. Memoria e spazio di indirizzamento. Modi di indirizzamento. Rappresentazione dei dati e delle istruzioni. Gestione dell'ingresso/uscita. Meccanismo di interruzione. Studio monografico dell'architettura di un piccolo calcolatore.
6. Realizzazione a livello trasferimenti tra registri. Un linguaggio formale per la descrizione di micro-operazioni. Realizzazione cablata oppure microprogrammata dell'unità di controllo.
7. Il sistema di comunicazione. Strutture a bus. Metodi di arbitraggio di un bus. Bus sincroni e asincroni e relativi protocolli.
8. Adattori. Il problema dell'interfacciamento e del controllo delle periferiche. Comunicazione e protocolli per alcune classi di periferiche. Adattori in DMA e processori di ingresso/uscita.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

Per la parte I, M. Sami: *Sistemi digitali*, CLUP.
Per la parte II, dispense a cura del docente.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di
CALCOLO NUMERICO AP0014
(per allievi aeronautici, civili, della difesa del suolo, elettrotecnici, nucleari)
ProfF. Franca CALIO', Alfio QUARTERONI

Programma d'esame

1. Considerazioni generali nell'impostazione di un problema numerico. Genesi e maggiorazioni degli errori: Tipi e cause di errore nei procedimenti numerici. Cenni su una maggiorazione deterministica e statistica degli errori negli algoritmi.
2. **Sistemi lineari:** Considerazioni generali attraverso gli spazi vettoriali. Condizionamento del problema di soluzione di sistemi lineari. Calcolo di determinante e di inversa di una matrice. Metodi diretti e iterativi per la risoluzione di sistemi lineari. Problemi connessi a matrici di grosse dimensioni e a sparsità più o meno controllata.
3. **Autovalori di una matrice.** Definizioni. Condizionamento del problema del calcolo di autovalori. Cenni ai metodi diretti. Il metodo delle potenze e potenze inverse. Trasformazioni di Householder e loro applicazioni. Cenno ai metodi globali iterativi per il calcolo degli autovalori.
4. **Equazioni e sistemi non lineari:** Metodo di Newton e metodi ad esso connessi per il calcolo di radici di una equazione non lineare. Teorema delle contrazioni e metodi numerici da esso derivati per il calcolo di radici di unèquazione non lineare. Generalizzazione di metodi numerici al problema delle risoluzioni di un sistema non lineare. Equazioni algebriche. Localizzazione delle radici. Companion matrix.
5. Approssimazione: Richiami a funzioni speciali e al loro trattamento. Cenno agli spazi funzionali normati. Tipi di approssimazione. Interpolazione polionomiale e mediante spline. Interpolazione in più variabili. Errori nell'interpolazione. Approssimazione nel senso dei minimi quadrati nel discreto e nel continuo. Cenno all'approssimazione di Fourier.
6. **Derivazione e integrazione numerica:** Derivazione numerica polinomiale e mediante spline. Errori nella derivazione numerica. Formule di quadratura di Newton Cótes di tipo aperto e chiuso. Formule di quadratura gaussiane e quasi gaussiane. Integratori automatici. Integrali singolari. Integrazione numerica multipla.
7. Equazioni integrali: Cenni sulle loro generalità. Qualche approccio di risoluzione numerica.
8. Cenno alle trasformate di Fourier e Laplace e al loro trattamento numerico. Algoritmo di FFT.
9. Equazioni differenziali: Problemi di Cauchy per equazioni del primo ordine. Metodi numerici per la loro risoluzione: Runge Rutta, Runge Rutta a passo variabile, predictor corrector. Consistenza, convergenza e stabilità. Estensione al caso di sistemi di equazioni differenziali. Problemi ai limiti: Metodi di shooting semplice. Metodi alle differenze finite. Cenno a metodi variazionale. Calcolo di auto valori per problemi omogenei.
10. Equazioni alle derivate parziali: Equazioni della Fisica Matematica. Classificazione delle equazioni differenziali quasi lineari del secondo ordine. Problemi al contorno, iniziali e misti. Metodi numerici per la soluzione di equazioni differenziali: Metodi alle differenze finite. Metodo delle caratteristiche. Metodi agli elementi finiti (cenni).

Modalità d'esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti a programma e dello sviluppo o analisi di elaborati di contenuto attinenti a problemi del corso, previamente concordati con il docente.
Nota: Durante le esercitazioni che verranno sviluppate attraverso l'utilizzo del calcolatore si forniranno le necessarie informazioni per l'accesso attivo alle macchine e per l'utilizzo di una libreria scientifico-grafica attraverso la quale si testerano i vari metodi numerici proposti durante le lezioni.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Libri consigliati

Si consigliano in particolare:

Cugiani: *Metodi dell'analisi numerica,* Utet, 1972.
Dhalquist-Bjorck: *Numerica! Methods,* Prentice Hall, 1974
Faddev-V.N. Faddeva: *Computational methods of linear algebra,* Freedman 1963.
G. Gambolati: *Elementi di calcolo numerico,* ed. Cortina, Padova 1982.
Gotusso: *Calcolo Numerico,* CLUP 1979.
Isaacson-Keller: *Analysis of numerica! Methods,* Wiley & Sons, 1966.
Johnson L.W-R.D. Riess: *Numerical Analysis,* Addison Wesley Pubbl. Comp, Ine, 1982.
Lapidus-Seinfeld; *Numerica! Solution of ordinary differential equations,* Academic Press, 1971.
Monegato: *Calcolo Numerico,* Levrotto & Bella, Torino.
Ralston: *A first course in Numerical Analysis,* Int. Stud. ed.
Stoer: *Introduzione all'Analisi Numerica,* Voli. 1 e 2, Zanichelli 1975.
Handbook of Applicabile Mathematics Voi. 3: *Numerical methods,* Chief ed. W. Ledermann, 1981.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

CALCOLO NUMERICO **AP0014**

(per allievi elettronici, gestionali/delle tecnologie industriali)

Prof. Laura GOTUSSO

Programma di 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.
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 - Equazioni e sistemi del primo ordine (problema di Cauchy): convergenza e stabilità dei metodi di integrazione.
Problemi ai limiti (cenni).
8. Equazioni integrali: (cenni) - Equazioni di Fredholm e Volterra.
9. Equazioni alle derivate parziali - Generalità sull'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 (metodi di Rayleigh Ritz e Galerkin).
10. 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 di esame

L'esame consta di una prova orale sugli argomenti svolti a lezione e nella discussione di un elaborato svolto dall'allievo e preventivamente concordati con il docente.

Libri consigliati

Si consigliano in particolare:

L.W. Johnson-R.D. Riess: *NumericaI Analysis*, Addison Wesley Pubi. Comp. Ine., 1982.

Carlet P.G.: *Introduzione all'analisi numerica matriciale ed all'ottimizzazione*, Ed. Italiana a cura di C. Canuto, Masson ed., 1989.

Le precederne d'eiame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Schwarz H.R.: *Numerical Analysis*, John Wiley and Sons, 1989.
Collatz: *The numerica! treatment of differential equations*, Springer, 1960.
Cugiani: *Metodi dell'Analisi Numerica*, Utet, 1972.
Dahlquist-Bjorck: *Numerical Methods*, Prentice Hall, 1974.
G. Gambolati: *Elementi di Calcolo Numerico*, ed. Cortina, Padova.
Faddeev-V.N. Faddeeva: *Computational methods of linear algebra*, Freedman, 1963.
Gotusso: *Calcolo Numerico*, CLUP, 1979.
Isaacson-Keller: *Analysis of numerical methods*, Wiley &: Sons, 1966.
Lapidus-Seifeld: *Numerical Solution of Ordinary Differential Equations*, Academic Press, 1971.
Stoer: *Introduzione all'Analisi Numerica*, Voli. 1 e 2, Zanichelli, 1975.
Handbook of Applicable Mathematics Voi. 3: *Numerical Methods*, Chief ed. W. Ledermann, 1981.

Programma dell'insegnamento di

CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE AP0021

Prof. Marco FRONTINI

Programma di esame

1. **Errori nei procedimenti numerici** - Aritmetica in floating point. Errori di arrotondamento e troncamento. Propagazione degli errori nei procedimenti numerici. Condizionamento di un problema - Maggiorazione deterministica degli errori.

2. **Algebra lineare** - Sistemi lineari - Generalità - Sistemi bene e male condizionati - Metodi risolutivi - Metodi diretti: eliminazione e decomposizione - Metodi iterativi.

Autovalori - Generalità - Trasformazioni per similitudine - Stabilità del problema agli autovalori. Metodi di calcolo : globali (QR, Jacobi) e parziali, per uno o più autovettori e autovalori (potenze, potenze inverse).

3. **Equazioni e Sistemi non lineari** - Generalità - Metodi per il calcolo di una radice di una equazione (metodi di punto fisso, metodo di Newton e sue varianti). Equazioni algebriche - Limitazione e separazione delle radici - Metodo di Bairstow. Metodi per il calcolo di una radice di un sistema non lineare (metodo delle approssimazioni successive, metodo di Newton) - Metodi basati sulla ricerca del minimo di una funzione di più variabili; cenni ai metodi di ottimizzazione.

4. **Approssimazione di funzioni** - Approssimazione polinomiale interpolatoria e nel senso dei minimi quadrati - Approssimazione mediante funzioni spline.

5. **Derivazione e Quadratura** - Formule di derivazione numerica dedotte dall'interpolazione polinomiale e mediante spline - Problema della maggiorazione degli errori (arrotondamento) - Formule di quadratura di tipo Newton Cotes e di Gauss. Formule automatiche (adattive) - Integrazione in più dimensioni (metodi Monte Carlo)

6. **Equazioni differenziali ordinarie** - Problema di Cauchy per equazioni e sistemi del primo ordine (metodi Runge Rutta e Predictor Corrector) - Consistenza, convergenza e stabilità dei metodi ad un passo e a p-passi - Problema ai limiti: (cenni).

7. **Equazioni differenziali alle derivate parziali** (cenni). Generalità - Equazioni del secondo ordine (Laplace, calore, onde) - Metodi alle differenze finite espliciti ed impliciti - Stabilità.

8. **Linguaggi di programmazione.** Generalità. Il Fortran 77 come linguaggio di programmazione strutturata per il Calcolo Numerico. Cenni ad altri linguaggi di programmazione.

9. **Sistemi operativi.** Generalità - Introduzione ai sistemi operativi MS-DOS e VAX/VMS.

10. **Software matematico.** Utilizzo del programma MATLAB come strumento di calcolo interattivo. Generalità sul Software matematico disponibile presso il Centro di Calcolo del Politecnico di Milano. Librerie di programmi -

Modalità di esame

Prima di sostenere l'esame l'allievo deve svolgere alcuni elaborati preventivamente concordati con il docente. L'esame consta di una prova orale sugli argomenti svolti a lezione e della discussione degli elaborati presentati.

Nota: Durante le esercitazioni verranno fornite le necessarie informazioni per l'utilizzo delle attrezzature informatiche del Centro di Calcolo del Politecnico. L'utilizzo sistematico di differenti programmi per la risoluzione dei vari problemi numerici affrontati a lezione, favorirà la crescita dello spirito critico dello studente nella fase di analisi dei risultati.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Libri consigliati

Si consigliano in particolare:

Gotusso L.: *Calcolo Numerico,* CLUP 1979.
Johnson L.W.-Riess R.D.: *Numerical Analysis,* 2nd ed. Addison-Wesley, 1982.
Monegato G.: *Calcolo Numerico,* Levrotto &; Bella, Torino, 1985.
Aguzzi-Gasparo-Macconi: *FORTRAN 77 uno strumento per il calcolo scientifico,* Pitagora Editrice, 1987.
Frontini M.-Giani F.: *Il sistema operativo VMS per la famiglia VAX,* CLUP, 1989.

Per un approfondimento dei vari argomenti si segnalano inoltre:

Atkinson: *Elementary Numerical Analysis,* John Wiley &; Sons, 1985.
Conte de Boor: *Elementary Numerical Analysis,* McGraw Hill.
Cugiani: *Metodi dell'analisi numerica,* UTET, 1977.
Dahlquist-Bjork: *Numerical methods,* Prentice Hall.
Ellis: *Programmazione strutturata in Fortran 77,* Zanichelli, 1985.
Faaddev-V.N. Faaddeva: *Computational methods of linear algebra,* Freedman, 1983.
Gambolati: *Elementi di Calcolo Numerico,* Libr. Univ.: Levrotto Bella, 1971.
Isaacson-Keller: *Analysis of Numerical methods,* Wiley &; Sons.
Lapidus-Seinfeld: *Numerical Solution of ordinary differential equations,* Academic Press, 1971.
Ralston-Rabinowitz: *A first course in Numerical Analysis,* Int. Stud. ed., 1981.
Sewell: *The Numerical solution of ordinary and partial differential equations,* Academic Press Ine., 1988.
Stoer: *Introduzione all'Analisi Numerica voli. 1 e 2,* Zanichelli 1975.
Handbook of Applicable Mathematics Voi. 3: *Numerical methods,* Chief Ed. W. Ledermann, 1981.

Programma dell'insegnamento di

CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI (Sez. A) AG0002

Prof. Giuseppe DRUFUCA

Programma di esame

1 - **Richiami di elettrostatica.** Il binomio carie a-flusso. Il principio di continuità. Legge di Coulomb. Campi in mezzi materiali. Potenziale scalare. Energia di una distribuzione di cariche. Equazione di Laplace e di Poisson. Teorema di Earnshaw. Condizioni al contorno.

2 - **Metodo delPimmagine per piani conduttori e dielettrici.**

3 - Separazione delle variabili. Unicità della soluzione, sovrapposizione degli effetti. Coordinate cartesiane. Funzioni trigonometriche. Coordinate sferiche, armoniche sferiche, polinomi di Legendre. Coordinate cilindriche circolari. Simmetria assiale ed invarianza longitudinale: armoniche circolari. Simmetria assiale: Funzioni di Bessel di ordine zero. Problemi senza simmetria assiale: funzioni di Bessel di ordine . Sviluppi in serie di funzioni di Bessel. Cenni alla teoria della separazione delle variabili, cenni al problema di Sturm Liouville, autovalori, autofunzioni, ortogonalità.

4 - Metodi di trasformazione. Richiami sulle funzioni analitiche. Trasformazione conforme. Alcune trasformazioni semplici. Trasformazione di Schwartz Christoffel.

5 - **Metodi numerici.** Rilassamento grafico. Metodi numerici. Metodo di Liebman. Sovrarilassamento. Metodi di Monte Carlo. Coefficienti di potenziale ed induzione. Capacità. Metodo delle subaree.

6 - **Correnti.** Equazione di continuità. Potenziale e distribuzione di carica. Energia e potenza.

7 - Elettrodinamica. Derivazione relativistica delle equazioni di Maxwell. Effetti di mezzi materiali. Condizioni al contorno. Forza elettromotrice, leggi di Faraday e di Kirchoff. Balistica elettronica.

8 - **Potenziale vettore magnetico.** Momento e coppia magnetica, energia magnetica. Calcolo diretto di A. Formula di Newmann per le induttanze, metodi numerici per il calcolo di induttanza.

9 - **Alcuni problemi di magnetostatica.** Campi di induttori portatori di corrente: metodi analitici e numerici. Corrente parallela ad una superficie permeabile. Metodo dell'immagine. Circuiti magnetici. Soluzioni iterative in coordinate cilindriche. Calcolo di induttanze da mappe di campo.

10 - **Equazioni d'onda.** Equazione generale omogenea, disomogenea in spazio libero, equazione della diffusione. Soluzione per separazione delle variabili: equazione di Helmoltz. Campi nel nucleo di un trasformatore per impulsi e nel nucleo di un relay. Corrente in conduttori circolari. Soluzione in termini di funzioni di Kelvin. Approssimazione ad alta frequenza. Potenziale elettrodinamico. Soluzioni integrali dirette, corrente in una sbarra piatta. Soluzioni numeriche. Teorema di Poynting.

11 - **Onde viaggianti.** Onde piane illimitate, superfici equifase. Polarizzazione. Interferenza. Riflessione su contorni materiali. Onde piane generali.

12 - **Onde guidate.** Tipi d'onda fondamentali. Onde TEM, nelle linee di trasmissione. Impedenza caratteristica. Linee: circuito equivalente. Equazione dei telegrafi. Impedenza caratteristica, costante di propagazione. Perdite. Calcolo di V e I lungo la linea. Coefficiente di riflessione. Rapporto d'onda stazionaria. Diagramma di Smith. Adattamento e semplici strutture adattanti. Metodi numerici per il calcolo delle strutture adattanti. Onde con componenti longitudinali. Il problema scalare di Helmoltz per una guida d'onda. Onde TM e proprietà generali: proprietà di taglio, impedenza d'onda, attenuazione. Onde TE e proprietà generali.

13 - **Caratteristiche di comuni guida d'onda e linee di trasmissione.** Coassiale: calcolo dei modi superiori. Guide rettangolari, calcolo dei modi TE e TM e relative proprietà. Il modo $TE\backslash 0$. Guide circolari: calcolo dei modi e relative proprietà. Il modo TE q I.

14 - **Soluzioni numeriche dell'equazione di Helmoltz.** Rilassamento. Metodo diretto. Metodo dell'intensificazione. Metodo agli elementi finiti.

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 di esame

L'esame è orale e consiste nella discussione di problemi distribuiti durante l'anno sui seguenti argomenti: 1) Metodi di immagine per l'eq. di laplace; 2) Funzioni ortogonali per l'eq. di Laplace; 3) Metodi di trasformazione per l'eq. di laplace; 4) Metodi numerici per l'eq. di laplace; 5) Problemi magnetici e di condizione; 6) Balistica elettronica; 7) Onde elementari; 8) Fisica delle linee di trasmissione; 9) Teoria circuitale delle linee di trasmissione; 10) Guide d'onda.

Libri consigliati

Il materiale necessario a risolvere i problemi proposti per l'esame *'e* trattato nelle dispense del Corso in vendita presso il Dipartimento di Elettronica. Numerosi esempi di applicazione a problemi di elettrostatica sono illustrati in un eserciziario.
Buona parte degli argomenti (ad eccezione di 5, 9 e 14) sono trattati su:
S. Ramo-J. Whinnery-T. Van Duzer: *Fields and Waves in Communication Electronics*, J. Wiley. (Esiste anche una traduzione italiana più costosa). Di questo libro è consigliato l'acquisto.
Per gli aspetti computazionali è consigliato l'uso di:
M. Abromovitz and I. Stegun: *Handbook of Mathematica! Functions*, Dover.
Per consultazione si consiglia:
Panofski-Phillis: *Classical Electricity and Magnetism*, Addison Wesley.
Stratton: *Electromagnetic Theory*, Me Graw-Hill.

Nota agli studenti

Si consiglia di far precedere:
- Programmazione dei calcolatori elettronici (per ovvi motivi computazionali)

e qualora siano previsti dai piani di studio:
- Analisi matematica 3 - Teoria delle reti elettriche - Teoria dell'informazione e della trasmissione.

Programma dell'insegnamento di

CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI (Sez. B) AG0104

Prof. Carlo CAPSONI

Programma di esame

A) **CAMPI STATICI**

Elettrostatica: legge di Coulomb; campo elettrico; teorema di Gauss; potenziale elettrostatico; equazione di Poisson; dipolo elettrico; polarizzabilità dei materiali; induzione dielettrica; condizioni al contorno.

Magnetostatica: legge di Ampere; campo magnetico; potenziale vettore; flusso magnetico; legge circuitale di Ampere; equazione differenziale del potenziale vettore; dipolo magnetico; magnetizzazione dei materiali; intensità di campo magnetico; condizioni al contorno.

Correnti stazionarie: legge di Ohm; conservazione della carica; tempo di rilassamento; condizioni al contorno.

Campi magnetici quasi stazionari: legge di Faraday; campo elettrico indotto dovuto al moto.

Metodi di risoluzione dei campi: metodo delle immagini; trasformazioni conformi; metodo del rilassamento.

B) **CAMPI VARIABILI NEL TEMPO**

Modifiche delle equazioni dei campi statici in condizione di variabilità temporale; equazioni di Maxwell; simmetrizzazione delle equazioni di Maxwell con cariche e correnti magnetiche; equazioni di Maxwell nel dominio del tempo e del numero d'onda; fasori del campo; relazioni costitutive; condizioni al contorno; flusso di potenza ed energia; vettore complesso di Poynting; teoremi di unicità, reciprocità, equivalenza, dualità, e delle immagini; equazioni delle onde; campi sinusoidali: equazioni di Helmholtz; onde piane; potenziale scalare e vettore; riflessione da un piano dielettrico (generico) o conduttore; polarizzazione delle onde e parametri di Stokes; classificazione delle onde in TEM, TE, TM.

Metodi di risoluzione dei campi: metodo della separazione delle variabili.

C) **LINEE DI TRASMISSIONE (PROPAGAZIONE GUIDATA)**

Linee senza perdite e con piccole perdite; analisi con circuiti distribuiti; parametri delle linee; linee chiuse su un carico (coefficiente di riflessione, onde stazionarie); diagramma di Smith; trasformazioni di impedenza e adattamento (/4, stub); guide d'onda senza perdite, modi di propagazione; velocità di fase e di gruppo.

D) RADIAZIONE

Radiazione di un elemento di corrente; parametri delle antenne.

E) **CENNI SULL'INTERAZIONE TRA PARTICELLE CARICHE E CAMPI**

F) **CENNI SULLA PROPAGAZIONE IN FIBRA OTTICA**

Libri consigliati

Plonsey, Collin: *Principles and applications of elettromagnetic fields* - Me Graw Hill.
Collin: *Foundations for microwave engineering* - Me Graw Hill.
Franceschetti: *Campi elettromagnetici* - Boringhieri.
Ramo, Whinnery, Van Duzer: *Campi e onde nell'elettronica per le telecomunicazioni* - Franco Angeli.
Binus, Laurenson: *Analysìs and computations of electric and magnetic field problem.*
Ames: *Numerica! methods for partial differential equations* - Academic Press.
Cherin: *An introduction to optical fibers* - Me Graw Hill.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

Programma delPinsegnamento di

CATALISI INDUSTRIALE AF0036

Prof. Pier Luigi VILLA

Programma di esame

Generalità. Catalisi omogenea ed eterogenea. Descrizione qualitativa dell'atto catalitico. Cinetica delle reazioni chimiche in catalisi eterogenea: espressioni ricavate secondo le ipotesi di Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson. Fattore d'efficienza inter-intra particellare in condizioni isoterme e non. Scelta dei componenti primari di un catalizzatore industriale. Messa a punto di un catalizzatore. Metodi di preparazione. Determinazione delle proprietà catalitiche, meccaniche e morfologiche. Caratterizzazione dei catalizzatori dal punto di vista fisico-chimico. Messa in opera e disegno del reattore. Esempi di sviluppi industriali di catalizzatori.

Esercitazioni

Sono previste alcune esercitazioni di laboratorio e qualche visita a industrie che sviluppano catalizzatori.

Libri consigliati

Conviene seguire gli appunti presi durante le lezioni. Per integrazioni sugli argomenti di carattere fondamentale possono essere utili i seguenti libri (disponibili presso la biblioteca del Dipartimento di Chimica Industriale e Ingegneria Chimica"Giulio Natta"):

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

J.F. Le Page: *Catalyse de Contact*, Technip.

R. Prins and G.C.A. Schmit: *Chemistry and Chemical Engineering of Catalytic Processes*, Nato ASIS n. 39.

J.R. Anderson and M. Baudard: *Catalysis*, Springer Verlag.

Z.G. Szabo and D. Kallo: *Contact Catalysis*, Voi. I e II, Elservier.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

CENTRALI ELETTRICHE AH0001

Prof. Andrea SILVESTRI

Programma di esame

1) Elementi di economia nella produzione delPenergia 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. Cenni alle 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 (v. anche 5); regolazione frequenza-potenza.

5) **Dispacciamento ottimo delle potenze generate.** Sistemi e generazione idroelettrica o termoelettrica prevalente. Gestione ottimale dei bacini idraulici. Modello dell'ottimazione delle generazioni termoelettriche. Semplificazioni introdotte: compattazione, riduzione, disaccoppiamento. Ottimazione dell'attivo e del reattivo: modelli e metodi di soluzione.

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 esistono le Dispense del prof. Zanchi; per le parti 4-5, più tipicamente impiantistiche, i necessari riferimenti bibliografici saranno forniti a lezione.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA AD0001

(per gli allievi di tutti i Corsi di Laurea escluso il Corso di Laurea in Ingegneria Chimica)

ProfF. Giuseppe ALLEGRA, Sergio AURICCHIO, Pierfrancesco BRAVO, Tullio CARONNA, Attilio CITTERIO, Angelo CLERICI, Dario GHIRINGHELLI, Sergio MORROCCHI, Stefano SERVI, Calimero TICOZZI, Antonio ZANAROTTI.

Programma di 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 molecolarità. 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 precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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, Brònsted, 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 elettrodici, relazione tra AG 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 ale alino-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 di 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*, Ed. Zanichelli, Bologna.
T.L. Brown e H.E. Lemay: *Chimica*, Ed. Zanichelli, Bologna.
P. Corradini: *Chimica generale*, Ed. C.E.A., Milano.
R.E. Dickerson, H.B. Gray e G.P. Haight: *Principi di chimica*, Ed. Grasso, Bologna.
P. Silvestroni: *Fondamenti di chimica*, Ed. Veschi, Milano.
A. Clerici e S. Morrocchi: *Esercitazioni di chimica*, Ed. Spiegel, Milano.
Ogni docente indicherà i testi consigliati per la propria sezione.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

CHIMICA AD0005

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica)

Prof. Francesco MINISCI.

Programma di esame

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

Struttura delPatomo. 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 Roult. Distillazione. Azeotropi. Crioscopia e ebulloscopia. 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, Brònsted 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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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 delPelettrolisi. Elettrolisi di sali fusi e di soluzioni acquose di elettroliti. Accumulatori. Corrosione dei metalli. Protezione contro la corrosione.

Modalità di 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. Silvestroni: *Fondamenti di Chimica*, Ed. Veschi, Milano.
M. Freni-A. Sacco: *Stechiometria*, l'Editrice scientifica L.G. Guadagni, Milano.

Programma dell'insegnamento di
CHIMICA APPLICATA AF0003
(per allievi aeronautici)
Prof. Andrea PAVAN

Programma di 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 nei sistemi eterogenei.
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. Compositi particellari e compositi fibrosi. Analisi micromeccanica della collaborazione tra agente di rinforzo e matrice: rigidità, tenacità, dilatazione termica. Analisi macromeccanica di lamine e laminati: rigidità, 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. Effetti ambientali 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 principali esposti ad alcuni problemi di specifico interesse aerospaziale. Le esercitazioni sono integrate da dimostrazioni pratiche di tecniche sperimentali per lo studio e la caratterizzazione 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 Pubi., Reading, Mass., 1985.
N.G. McCrum, C.P. Buckley and C.B. Bucknall: *Principles of Polymer Engineering,* Oxford Science Pubi., Oxford, 1988.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

D. Hull: *An Introduction to Composite Materials*, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.
R.P. Sheldon: *Composite Polymeric Materials*, Applied Science Pubi., London, 1982.
G.P. Anderson, S.J. Bennet and K.L. De Vries: *Analysis of Adhesive Bonds*, Academic Press, New York, 1977.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA APPLICATA AF0004

(per allievi chimici)

Prof. Erminio LOMBARDI

Programma di 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 deer 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. Beisi 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 di esame

L'esame consiste in una prova orale.

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.

Libri consigliati

J. WufF: *Struttura e proprietà dei materiali*, Ed. Ambrosiana, Milano, 1975.
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.
Per completare gli appunti presi alle lezioni, verranno di volta in volta indicati i testi disponibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Chimica Industriale ed Ingegneria Chimica ”Giulio Natta”.

Programma delPinsegnamento di

CHIMICA APPLICATA **AF0003**

(per allievi meccanici)

Prof. Giuseppe ZERBI

Programma di esame

Parte generale

- Concetti fondamentali di struttura atomica e molecolare. Legami ionico, metallico e covalente.
- Organizzazione degli atomi in molecole. Concetti di struttura molecolare. Forme e simmetrie di molecole organiche.
- Forze interatomiche ed intermolecolari. Potenziali interatomici ed intermolecolari.
- Stati di aggregazione di atomi e molecole. Fasi disordinate ed ordinate della materia: stato gassoso, liquido, amorfo, vetroso, e cristallino.
- Concetti di dinamica molecolare e reticolare in relazione alle proprietà fisiche e termodinamiche dei materiali.
- Metodi fisici per la determinazione di strutture di molecole e cristalli.
- Struttura e proprietà delle materie plastiche. Polimeri come cristalli monodimensionali. Polimeri come cristalli tridimensionali. Polimeri amorfi o parzialmente amorfi. Peso molecolare. Viscosità.
- Transizioni di fase in polimeri.
- Proprietà meccaniche delle materie plastiche in relazione alla loro composizione e struttura molecolare.
- Elasticità, viscoelasticità di materie plastiche.
- Proprietà elettriche e dielettriche di materie plastiche.
- Stabilità chimica e degradabilità delle materie plastiche.

Parte speciale

- Le acque: principi generali. Analisi delle acque. Durezza e sua eliminazione. Processi di depurazione delle acque. Acque per caldaie.
- Combustione e combustibili: principi generali. Classificazione dei combustibili. Reazioni di combustione. Poteri calorifici.

Libri consigliati

Per la parte generale del corso:

J.H. Brophy-R.M. Rose-J. Wulff: *Struttura e proprietà dei materiali*, ed. Ambrosiana, Milano.

G. Pimentel-R.D. Spratley: *Chimica Generale*, Zanichelli.

Per la parte generale del corso e per la parte speciale verranno forniti schemi di studio e monografie con riferimenti specifici a quanto trattato nelle lezioni.

Le precedense 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 precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA APPLICATA E MATERIALI AF0010

Prof. Febo SEVERINI

Programma di esame

Nozioni fondamentali sullo stato solido. Solidi ionici, covalenti, metallici e molecolari; proprietà meccaniche, elettriche e termiche dei solidi. 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.

Materiali metallici. 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, transistors. Preparazione di materiali iperpuri.
- Materiali superconduttori. Superconduttività, leghe superconduttive, influenza della temperatura e del campo magnetico.
- 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 films 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.

Materiali inorganici. Vetri: stato vetroso, composizione, fabbricazione, proprietà e meccanismo della conducibilità elettrica. 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 organici. La polimerizzazione, architettura macromolecolare, conformazione di macromolecole lineari amorfe, polimeri semicristallini e polimeri amorfi, temperatura di fusione e di transizione vetrosa, 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.

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; metodi di prevenzione con particolare riguardo ai rivestimenti organici anticorrosivi.

Esercitazioni

Le esercitazioni vertono su argomenti relativi ai controlli delle proprietà dei materiali usati nell'industria elettrica.

Esami

Gli esami sono orali. Tuttavia agli esaminandi potrà essere richiesto di rispondere per iscritto ad una o più domande prima dell'esposizione orale.

Le precederne d'eiame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Libri consigliati

I. WulfF: *Struttura e proprietà dei materiali*, Ed. CEA, Milano.
Z.D.Jastrzebski. *The nature and properties of engineering materials.* J.Wiley e Sons. 1986.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA FISICA **AE0001**

(per allievi chimici)

Prof. Sergio CARRA'

Programma di esame

1 - Sistemi termodinamici. Energia interna. Lavoro in una trasformazione termodinamica. Primo principio della termodinamica. Secondo principio della termodinamica. Entropia. Caratterizzazione delle condizioni di equilibrio termodinamico. Aumento di entropia nei processi irreversibili. Cenni sulla stabilità dell'equilibrio termodinamico. Equazioni di Eulero e di Gibbs-Duhem. Terzo principio della termodinamica.

2 - Entalpia. Funzioni di Helmholtz e Gibbs. Equazioni di Gibbs-Helmholtz. Relazioni di Maxwell. Capacità termiche. Equazioni di stato. Gas perfetti. Equilibrio in un sistema chimico reagente. Grado di avanzamento di una reazione. Calore di reazione. Dipendenza del calore di reazione dalla temperatura . Potenziale chimico di un componente una miscela di gas perfetti. Equilibrio in una miscela di gas perfetti. Influenza della temperatura sulla costante di equilibrio.

3 - Cenni di termodinamica statistica. Significato statistico dell'entropia (equazione di Boltzmann-Planck).

4 - Comportamento di stato di un fluido reale: superfici di stato. Forze e potenziali intermolecolari. Equazione di Van der Waals. Equazione di stato viriale. Legge degli stati corrispondenti. Fattori di complessibilità ed acentrico. Comportamento di stato di miscele gassose. Esperienza di Joule Thomson. Cenni sulle teorie dello stato liquido.

5 - Misure delle variazioni di energia interna e di entalpia. Calori standard. Calori di formazione e combustione. Legge della termochimica. Cenni sulla natura delle variazioni energetiche associate alle reazioni chimiche.

6 - Grandezze parziali molari. Soluzioni ideali. Soluzioni non ideali (equazione di Hildebrand-Scatchard). Significato dell'eccesso delle funzioni di stato. 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. Miscele fluide ideali. Miscele fluide reali: coefficienti di attività. 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 di fase liquida. Equazioni di Van Laar, Margules, Hildebrand, Wilson, NRTL. Equilibrio di ripartizione fra due liquidi. Equilibrio di solubilità dei solidi nei liquidi. Diagrammi di stato di sistemi binari e ternari.

8 - Equilibrio chimico in miscele di gas reali. Attività. Equilibri chimici in sistemi involgenti solidi. Equilibri chimici in soluzione. Variazioni di entalpia, entropia ed energia libera standard in una reazione chimica. Funzione energia libera. Sistema carbonio-idrogeno. Equilibri di formazione degli ossidi metallici.

9 - Definizione di velocità di reazione. Dipendenza della velocità di reazione dalla concentrazione delle specie reagenti in un sistema omogeneo. Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione. Energia di attivazione. Cinetica delle reazioni complesse, matrice stechiometrica. Ordine e molecolarità di una reazione. Cenni sulla teoria delle collisioni e sulla teoria della velocità assoluta di reazione.

10 - Stadio lento di un processo a più stadi. Reazioni radicaliche. Cinetica delle reazioni di ossidazione e pirolisi di idrocarburi. Reazioni di polimerizzazione.

11 - Cenni sulla chimica-fisica delle superfici. Adsorbimento chimico e fisico. Catalisi, cinetica delle reazioni catalitiche eterogenee. Esempi di studi cinetici di reazioni catalitiche eterogenee. Cinetica

---

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

dei processi di cristallizzazione. Influenza dei fenomeni di trasporto sulla cinetica delle reazioni eterogenee.
12 - Bilanci materiali ed energetici dei sistemi reagenti.

Esercitazioni

Calcoli chimico-fisici.

Modalità di 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.
G. Barrow: *Physical Chemistry*, Me Graw-Hill, New York, 1973.

Programma delPinsegnamento di
CHIMICA FISICA AE0015
(per allievi nucleari)
Prof. Umberto DUCATI

Programma di 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: *StatisticaI mechanics of solids,* Wiley Interscience.
R. Haase: *Thermodynamics of irreversibile processes,* Addison Wesley.
I. Prigogine-G. Nicolis: *Le strutture dissipative,* Sansoni.
L. Murr: *Interfacial phenomena in metals and alloys,* Addison Wesley.
R. Swalin: *Thermodynamics of solids,* Wiley Interscience.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma delPinsegnamento di

CHIMICA FISICA APPLICATA AE0019

Prof. Massimo MORBIDELLI

Programma di 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 delle proprietà di trasporto dei fluidi dalle proprietà molecolari.
Cinetica dei processi di combustione. Fiamme.
Cinetica delle trasformazioni di fase. Nucleazione e crescita.
Chimica fisica delle interfasi. Sistemi dispersi e colloidali.
Stabilità dei sistemi dispersi.
Teoria VLDO.
Applicazione della chimica fisica dei colloidi ai processi di polimerizzazione.
Aspetti chimico fisici della sintesi dei materiali solidi da fasi fluide.

Modalità di 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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA FISICA II AE0002

Prof. Luisa BICELLI PERALDO

Programma di esame

Elementi di chimica teorica. 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 parallelepipeda. 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.

Le molecole. Chimica al calcolatore elettronico. Metodi approssimati. Metodo variazionale. Studio dei 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. Complessi dei metalli di transizione. Teoria del campo cristallino.

Il legame metallico. Metodo dell'orbitale molecolare. Teoria delle bande. Conduttori, isolanti e semiconduttori.

Termodinamica statistica. Fondamenti. Statistica di Boltzmann. Micro-e macrostato. Probabilità termodinamica. Legge di ripartizione. Funzione di ripartizione. Equiripartizione dell'energia. Caso dei gas mono-bi-e poliatomici e dei solidi monoatomici. Statistiche quantistiche di Bose-Einstein, 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, 1982.

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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precederne d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA INDUSTRIALE AF0006

Prof. Italo PASQUON

Programma di 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 esplodibili. Sistemi instabili.

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 dei J, *G*® 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 della grande industria inorganica. 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 della grande 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.

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

Processi al forno elettrico: fosforo e acido fosforico.

Processi elettrochimici.

Industria degli alcali e degli alogeni, carbonato sodico; acido cloridrico; acido fluoridico; cloro e soda.

Processi biotecnologici: generalità, esempi: etanolo, sciroppi zuccherini

---

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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, voi. 1: G. Natta, I. Pasquon; voi. 2: G. Natta, I. Pasquon, P. Centola; voi. 3>»I. Pasquon, G. F. Guerreri, CLUP.
I. Pasquon, L. Zanderighi, *la chimica verde,* HOEPLI
I. Pasquon: *Chimica Industriale I Lezioni,* CLUP.
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".

Programma del'insegnamento di

CHIMICA INDUSTRIALE II AF0007

Prof. Lido PORRI

Programma di esame

Parte generale

Dati statistico-economici relativi airindustria 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, reforming catalitico. Acetilene da idrocarburi. Olefine e diolefine: etilene, propilene, butene, butadiene, isoprene. Aromatici del petrolio e loro separazione. Idratazione delle olefine. Chetoni e aldeidi da alcoli. Ossido di etilene e ossido di propilene. Cloruro di vinile, reazione di ossiclorurazione. Acetaldeide, acido acetico, anidride acetica. Reazioni di alchilazione: etilbenzene, isopropilbenzene. Fenolo, stirene. Metanolo e formaldeide. Reazione di idroformilazione. Anidride ftalica, anidride maleica, acido ftalico. Intermedi per nylon.

Principali prodotti polimerici di interesse industriale nel campo delle fibre, delle materie plastiche e degli elastometri.

Parte speciale

Sarà esaminato in dettaglio, negli aspetti chimici, impiantistici ed economici, il processo di preparazione dell'acriionitrile da propilene.

Esercitazioni

Riguarderanno alcuni aspetti dei processi trattati nella parte generale e saranno tenute insieme con Impianti Chimici II.

Libri consigliati

Chimica Industriale Organica, dispense CLUP.

R.M. Stephenson: *Introduction to thè Chemical Process Industries*, Reinhold Pubi. Corp.

R.F. Goldstein-A.L. Waddams: *The Petroleum Chemical Industry*, E. e F.N. Spron Ltd.

Per argomenti particolari saranno consigliati articoli su riviste specializzate.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precederne d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA MACROMOLECOLARE PER L'INGEGNERIA AF0035

Prof. Ferdinando DANUSSO

Programma di esame

Concetto di macromolecola. Strutture e sintesi macromolecolari, polimeri. Teoria unitaria dei processi di polimerizzazione. Principi per la trattazione sistematica della struttura di molecole e macromolecole, livelli di caratterizzazione strutturale. Nomenclatura. Ordine e regolarità di struttura e di sintesi. Caratterizzazione di un polimero in base a peso, struttura e dimensioni molecolari. Polimeri e materiali macromolecolari; tecnologie di produzione e trasformazione; applicazioni.

Proprietà fisiche caratteristiche dei materiali macromolecolari: struttura aggregativa, supermolecolare, micro e macroscopica; relazioni tra proprietà e struttura; equazioni di comportamento fisico-meccanico, stati fisici, transizioni, cristallinità; tipologia ai fini delle applicazioni.

Miscele e soluzioni con componenti macromolecolari: termodinamica, confronti con miscele non macromolecolari, miscele pseudoideali, miscele polimero-polimero; diagrammi di stato, frazionamento dei polimeri, determinazione della polidispersità.

Principi delle caratterizzazioni macromolecolari in soluzione diluita; determinazione della massa, della forma e delle dimensioni di macromolecole.

Reazioni di formazione e trasformazione di macromolecole: polimerizzazioni per condensazione, polimerizzazioni per addizione radicaliche e ioniche, copolimerizzazioni statistiche e preordinate; fattori termodinamici nella polimerizzazione; reazioni di composti macromolecolari, depolimerizzazione, degradazione, modifica, reticolazione. Principali tecnologie di sintesi dei materiali macromolecolari.

Libri consigliati

Conviene seguire gli appunti presi durante le lezioni. Di alcune parti del corso sono disponibili dispense. Per integrazioni sugli argomenti di carattere fondamentale possono essere utili i seguenti libri (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 è la Chimie Macromolèculaire*, Masson, Paris, 1969.

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

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà..

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA METALLURGICA (E IMPIANTI METALLURGICI) AE0004

Prof. Pietro CAVALLOTTI

Programma d'esame

1 - Fondamenti dell'industria metallurgica di produzione

Minerali e loro trattamento. Processi di estrazione pirometallurgici, idrometallurgici, elettrometallurgici. 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. Scambio ionico. Corrosione a umido. Ossidazione. Corrosione a caldo.

6 - Fenomeni di trasporto in sistemi metallurgici

Movimentazione di liquidi. Efflussi di metalli liquidi da recipienti. Trasporto di calore. Colata continua di metalli. Trasporto di massa. 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 di impianti metallurguci. Trasporto negli impianti. Trattamento degli effluenti gassosi e liquidi. Servizi generali. Recuperi energetici. Controllo e automazione. Materiali usati negli impianti metallurgici produttivi.

Modalità di 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.

Per un approfondimento degli argomenti di lezione:

Szekely J.-Themelis N.J.: *Rate phenomena in process metallurgy*, Wiley 1971.

Nicodemi W.-Zoja R.: *Processi e impianti siderurgici*, Masson 1981.

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.

Programma dell'insegnamento di

CHIMICA ORGANICA AD0002

Prof. Cesare CARDANI

Programma di 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 maionica.
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. Q:-alogenazione. Condensazione aldolica e reazioni correlate.
Chetoacidi. /3-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 ardici 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.

Le precederne 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 di 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.
J.D. Roberts-R. Stewaert e M.C. Caserio: *Chimica organica*, Inter European Editions, Amsterdam.
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: *Guida ai meccanismi delle reazioni organiche*, ed. Martello.
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 regolano 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 Complementi di chimica generale ed inorganica.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI ALGEBRA E GEOMETRIA AP0015

Prof. Umberto GASAPINA

Programma di esame

Teoria dei Gruppi

Sul concetto di legge di composizione. Concetto di Gruppo. Esempi. Relazioni di equivalenza in un insieme. Classi di resti modulo *n*. Prime proprietà dei gruppi. Riduzione dei postulati che definiscono un gruppo. Potenze degli elementi di un gruppo. Sottogruppi di un gruppo. Gruppi ciclici. Ordine o periodo di un elemento di un gruppo. Alcune proprietà dei gruppi ciclici. Laterali di un sottogruppo. Proprietà dei laterali. Il teorema di Lagrange. Sui trasformati degli elementi di un gruppo. Trasformato di un sottogruppo di quoziente. Preliminari sulle trasformazioni di un insieme. Prime proprietà dei gruppi di trasformazione. Gruppo totale delle sostituzioni su n elementi. Studio di un gruppo non ciclico di ordine 4. Il gruppo totale delle sostituzioni su tre elementi.

Sul concetto di isomorfismo. Alcune proprietà degli isomorfismi. Determinazione dei gruppi di ordine 4 distinti rispetto agli isomorfismi. Cayleyano di un gruppo. Cenni sugli automorfismi di un gruppo. Sul concetto di omomorfismo. Proprietà dell'omomorfismo. Esempi di omomorfismi. Cenni sugli omomorfismi "in" e sugli endomorfismi.

Teoria degli Anelli e dei Corpi

Gruppoidi, semigruppi, moduli. Anelli. Corpi e campi. Definizioni principali. Esempi di anelli e corpi. Digressione sui quaternioni. Prime proprietà degli anelli. I divisori dello zero. Domini d'integrità. Campi. Condizioni affinchè un anello sia un corpo. Qualche proprietà dei corpi finiti. Caratteristica di un elemento in un anello. Caratteristica di un anello. Caratteristica di un corpo. Sottoanelli di un anello. Sottocorpi di un corpo. Centro di un anello e di un corpo.

Definizione di ideale. Esempi di ideali. Prime proprietà degli ideali. Laterali di un sottoanello in un anello. Classi di resti in un anello. Somma dei laterali di un sottoanello. Prodotto dei laterali di un ideale. Anello quoziente (o fattoriale). Omomorfismo fra anelli. Prime proprietà. Principali proprietà dell'omomorfismo fra anelli. Omomorfismo fra corpi. Omomorfismo fra l'anello *R* degli interi relativi e l'anello *H* formato dai multipli dell'unità *U* di un Anello *A*. Sottocorpo minimo di un corpo di caratteristica $p \wedge 0$. Sottocorpo minimo di un corpo di caratteristica zero.

Polinomi in una indeterminata sopra un anello. Somma e prodotto di polinomi in una indeterminata. Anelli di polinomi. Divisione fra polinomi su un corpo *K*. Ideali di un anello di polinomi sopra un corpo.

Spazi Vettoriali

Definizione di A-modulo, di spazio vettoriale e di algebra sopra un anello. Esempi di A-moduli, spazi vettoriali, algebre. Prime proprietà degli A-moduli e degli spazi vettoriali. Sottospazi di uno spazio vettoriale. Dipendenza lineare. Sistemi di generatori e basi in uno spazio vettoriale. Spazi vettoriali di dimensione finita. Digressione sulle estensioni di un campo. Spazio vettoriale quoziente. Omomorfismi ed isomorfismi fra spazi vettoriali. Spazio duale di uno spazio vettoriale.

Primi Elementi di Teoria degli Insiemi

Nomenclatura ed operazioni principali. Principali proprietà delle operazioni insiemistiche. Regola di dualità. Applicazioni e trasformazioni. Primi esempi di applicazioni. Prodotto di applicazioni. Omomorfismi ed isomorfismi fra insiemi. Sul concetto di struttura algebrica. Relazioni di equivalenza e partizioni in classi. Esempi di relazioni di equivalenza. Insieme quoziente di un insieme *S* rispetto ad una certa relazione di equivalenza *R*. Prodotto insiemistico. Sul concetto di corrispondenza fra insiemi. Digressione sul concetto di operazione. Relazione d'ordine in un insieme. Maggioranti e minoranti in un insieme parzialmente ordinato.

Primi Elementi della Teoria dei Reticoli

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

I reticoli presentati come strutture algebriche. I reticoli visti come insiemi parzialmente ordinati. Zero ed unità di un reticolo. Sottoreticoli ed ideali. Esempi di reticoli. Omomorfismi ed isomorfismi fra reticoli. Reticoli duali. Legge di dualità. Cenni sui reticoli modulari, distributivi, complementati. Cenni sui reticoli di Boole.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale.

Libri consigliati

E. Marchionna-C. Tibiletti: *Appunti di Algebra.*

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dellìnsegnamento di

COMPLEMENTI DI ANALISI MATEMATICA AP0018

Prof.ssa Anna ZARETTI GOLZI

Programma di esame

1. Funzioni analitiche. Funzioni di variabile complessa. Funzioni analitiche. Condizione di analiticità di Cauchy-Riemann. Funzioni armoniche. Serie di potenze. Integrale di una funzione analitica e teorema di Cauchy. Prima e seconda formula integrale di Cauchy. Esistenza delle derivate di ordine qualunque. Serie di Taylor. Serie di Laurent. Singolarità isolate al finito ed all'infinito. Punti di accumulazione di singolarità. Residui: definizione, formula di calcolo ed applicazione al calcolo di integrali definiti. Indicatore logaritmico: connessione con i criteri di stabilità di sistemi fisici. Trasformazioni conformi di equazione di Laplace.

2. Trasformate integrali: La trasformata di Laplace. Definizioni e proprietà fondamentali. Semipiano di convergenza. Analiticità della trasformata. Formule fondamentali. Teoremi del valore iniziale e del valore finale. Prodotto di convoluzione. Trasformata di Laplace della delta di Dirac e generalizzazioni. Inversione della trasformata di Laplace per funzioni razionali fratte. Formula di Riemann-Fourier. Applicazione alle equazioni differenziali ordinarie. Risposta all'impulso unitario: funzione di trasferimento. Applicazione alle equazioni differenziali alle derivate parziali ed alle equazioni integrali. Cenni alla Z trasformata. Trasformata di Fourier. Lemma di Jordan. Spettro di fase e spettro di ampiezza. Inversione della trasformata di Fourier: integrale di Fourier. Trasformate seno e coseno. Relazioni funzionali tra funzioni generatrici e trasformate. Prodotto di convoluzione. Teorema di Plancherel. Cenni della trasformata di Fourier discreta e F.F.T.

3. **Equazioni differenziali alle derivate parziali:** Nozioni e proprietà fondamentali (problema di Cauchy, problemi ai limiti, nozione di problema ben posto, classificazione delle equazioni quasi lineari del 2° ordine, sistemi di equazioni del 1° ordine, linee caratteristiche, forma canonica delle equazioni del 2° ordine, ecc...). Qualche proprietà delle equazioni paraboliche ed ellittiche. Equazioni di Laplace e di Poisson. Problemi di Dirichlet, di Neumann, misto. Formule di Green e teoremi di unicità per le equazioni di Laplace e Poisson. Principio di massimo. L'equazione di Fourier. Problemi di tipo diffusione. Problemi ai valori iniziali ed al contorno. Problemi misti. Soluzione analitica e soluzione numerica: vantaggi relativi. Metodo di risoluzione per separazione di variabili. Problemi agli auto valori di Sturm-Liou ville. Alcune proprietà di auto valori ed autosoluzioni. Metodo di risoluzione per sviluppo in serie di autofunzioni. Funzioni di Bessel. Polinomi di Legendre, Hermite, Laguerre: alcune proprietà. Cenni a metodi variazionali e perturbativi.

4. Teoria della stabilità per equazioni differenziali ordinarie: Sistemi dinamici: spazio delle fasi, orbite. Sistemi autonomi: punti critici e soluzioni stazionarie; attrattori; linearizzazione. Soluzioni periodiche. Stabilità nel senso si Lyapunov e stabilità asintotica. Studio delle equazioni lineari a coefficienti costanti, a coefficienti periodici e, più in generale, dipendenti dal tempo.

Libri consigliati

F. Buzzetti: *Complementi di Analisi Matematica*, Dispense, Clup.

L. Amerio: *Analisi Matematica*, voi. II. UTET.

L. Amerio: *Metodi matematici ed applicazioni* (parte prima), UTET, Torino.

G. Prouse: *Equazioni alle derivate parziali*, Masson Italia.

5. J. Farlow: *Partial difFerential equations for scientists & engineers*, John Wiley & Sons Ine.

S. Salsa, A. Squellati: *Forme ed equazioni differenziali.* Appunti ed esercizi. Masson.

F. Verhulst: *Non linear difFerential equations and dynamical systems*, Springer Verlag.

A. Ghizzetti, A. Ossicini: *Trasformata di Laplace e Calcolo Simbolico*, UTET.

Weinberger: *A first course in partial difFerential equations*, John Wiley &: Sons, New York.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI ANALISI MATEMATICA E CALCOLO NUMERICO AP0006

Prof. Claudio CITRINI

Programma di esame

AVVERTENZA II programma comprende una parte comune e quattro capitoli aggiuntivi, fra i quali 2 (a scelta dello studente) saranno oggetto dell'esame. Questo consta di una prova orale, durante la quale potrà essere richiesto lo svolgimento di uno o più esercizi.

PARTE COMUNE Equazioni alle derivate parziali: definizioni, classificazione, esempi. Prime proprietà delle equazioni ellittiche, iperboliche e paraboliche. Integrale nel campo complesso, formule di Cauchy, sviluppi di Taylor e di Laurent. Classificazione delle singolarità. Trasformate di Laplace e di Fourier: formule fondamentali, convoluzione; applicazione alle equazioni differenziali. Spazi vettoriali, normati, di Banach e di Hilbert. Esempi.

Valori approssimati; errori nelle operazioni elementari e negli algoritmi. Sistemi lineari e autovalori: definizione, condizionamento, metodi diretti. Operatori alle differenze. Interpolazione polinomiale. Derivazione numerica, formule di quadratura di Newton Cotes. Metodi Runge Rutta per l'integrazione di equazioni differenziali ordinarie.

PARTI SPECIALI

A) **Complementi sulle funzioni analitiche e sulle trasformate.** Residui e loro applicazioni. Teoremi di Picard, Liouville e teorema fondamentale dell'algebra; principi di identità. Indicatore logaritmico e teorema di Rouchè. Funzioni speciali: di Bessel, gamma e beta di Eulero. Rappresentazione conforme ed applicazioni. Equazioni di terzo grado. Inversione della trasformata di Laplace: formula di Riemann-Fourier. Comportamento asintotico delle trasformate. Ulteriori esempi ed applicazioni.

B) Metodi iterativi. Teorema delle contrazioni e sue applicazioni. Cenni alle equazioni integrali. Metodi iterativi per sistemi lineari (Jacobi, Gauss-Seidel, rilassamento), per equazioni e sistemi non lineari (corde, Newton e altri metodi del secondo ordine), per equazioni algebriche (sequenze di Budan-Fourier e di Sturm, metodo di Bairstow), e per il calcolo di autovalori (potenze, Jacobi).

C) **Metodi alle differenze.** Equazioni (lineari) alle differenze. Metodi predictor-corrector. Stabilità dei metodi numerici per equazioni differenziali ordinarie (cenno ai sistemi stiff). Metodi alle differenze per equazioni alle derivate parziali.

D) **Metodi hilbertiani e complementi alla teoria delPapprossimazione.** Integrale di Lebesgue e sue principali proprietà. Polinomi ortogonali (Legendre, Laguerre, Hermite); sviluppi in serie di funzioni ortogonali. Problemi di Sturm- Liouville e applicazione alle equazioni alle derivate parziali (metodo di separazione delle variabili). Funzioni spline. Introduzione agli elementi finiti e loro applicazioni: metodo dei residui pesati (Galerkin, collocazione). Formule di quadratura gaussiana. Cenno alle trasformate di Fourier in L^2 ed alla Fast Fourier Transform.

Esercitazioni

Oltre alle esercitazioni in aula, verranno svolte esercitazioni al calcolatore, con presentazione di programmi didattici sui metodi dell'analisi numerica. Gli studenti interessati potranno anche usufruire di un calcolatore per creare nuovi programmi relativi agli argomenti svolti nel corso, sia singolarmente che a gruppi.

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.

Libri consigliati

L. Amerio: *Analisi matematica con elementi di analisi funzionale*, voli. II e III parte 1, UTET;
G. Prouse: *Equazioni difFerenziali alle derivate parziali*, Masson
L. Gotusso: *Calcolo Numerico*, CLUP.
Per un ulteriore approfondimento si consigliano:
H. Brezis: *Analisi Funzionale - Teoria e Applicazioni*, LIGUORI.
J. Stoer - R. Bulirsch: *Introduzione all'Analisi Numerica*, ZANICHELLI.
Altri testi su argomenti specifici saranno indicati durante le lezioni.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA AD0004

Prof. Aldo RICCA

Programma di esame

SISTEMA PERIODICO DEGLI ELEMENTI

Idrogeno - Generalità - Legame Idrogeno - Acqua - Forza degli acidi protici - Superacidi - Proprietà degli acidi (HF, HC1, HBr, HI, HNO, HCIO, CF SO H) - Idruri salini - Idruri di natura più covalente.

Metalli alcalini - Preparazione e proprietà degli elementi - Composti binari - Idrossidi - Solvatazione e complessazione di ioduri alcalini - Composti orgometallici.

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

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 su Gallio, Indio e Tallio.

Carbonio - Allotropia - Grafite - Carburi - Ossidio di Carbonio - Anidride carbonica - Cianuri e composti relativi - Composti con legame C-S.

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

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

Azoto - Proprietà dell'elemento - Tipi di covalenza e stereochimica - Nitruri - Ammoniaca - Acido azotidrico e azotidrati - Ossidi - Acidi ossigenati - Idrossilammina - Idrazione - Derivati alogenati - Derivati azotati come leganti.

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

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

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

Alogenuri - Struttura elettronica e proprietà degli elementi - Acidi alogenidrici - Alogenuri - Ossidi - Ossiacidi - Composti tra alogeni.

Gas nobili - Struttura e proprietà - Chimica dello Xenon: floruri 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 - Elementi organo metallici.

La chimica degli elementi di transizione - Struttura e proprietà - Teoria del "Ligand field" - Approccio del "Cristal field" - Approccio MO - Elementi della prima serie di transizione: I metalli, gli stati di ossidazione più bassi - Composti con stato di ossidazione III - Composti con stati di ossidazione superiori.

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

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

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

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

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà..

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Ferro - Metallurgia - Ossidi e idrossidi - Alogenuri e solfuri - Composti di coordinazione - Alti stati di ossidazione - Fe(IV) e Fe(VI).
Cobalto - Stati di ossidazione e stereochimica - Chimica del Co(I) - Co(II) - Co(III).
Nichel - Stati di ossidazione e stereochimica - Chimica del Ni(II) e Ni(III).
Rame - Stati di ossidazione e stereochimica - 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.
Lantani di - Attinidi
Meccanismi di reazioni inorganiche e orgono metalli che - catalisi - Nel trattamento della chimica dei vari elementi verranno approfonditi aspetti di Chimica Generale trattati nel corso di Chimica (struttura, legami, equilibri, cinetica, ecc.).

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in esperienze di Chimica Generale, esempi di analisi qualitativa e quantitativa e di preparazioni inorganiche.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

P. Silvestroni: *Fondamenti di Chimica*, Ed. Eredi Virgilio Veschi, Roma.
F.A. Cotton, G. Wilkinson e P.L. Gans: *Basic Inorganic Chemistry*, J. Wiley, New York.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI CHIMICA INDUSTRIALE AF0029

Prof. Luigi GIUFFRÈ

Programma di 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. Alcali 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, esametilendiammina, lattarne 3, lattarne 4, lattarne 6, acido tereftalico. I lattami per i plastici: lattarne 11, lattarne 12.

Modalità di 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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI CHIMICA ORGANICA AD0003

Prof. Claudio FUGANTI

Programma di esame

STEREOCHIMIC A

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

Stereoisomeria - Tipi di isoleria 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 reazioni degli amminoacidi - Peptidi - Proteine: Metodi di indagine strutturale, metodi di sintesi, conformazioni 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

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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.

Programma dell'insegnamento di
COMPLEMENTI DI IDRAULICA AU0008

Prof. Silvio FRANZETTI

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. - **Acque sotterranee.** - Concetti fondamentali - Natura del terreno e grandezze che lo caratterizzano - Relazioni fra tali grandezze - Contenuto energetico - Potenziale totale - Potenziale gravitazionale - Flusso dell'acqua in mezzi saturi - Portata e velocità di filtrazione - Legge di Darcy, suo campo di validità - Isotropia e anisotropia - Coefficiente di permeabilità: sua definizione e determinazione - Capillarità - Legge di Darcy generalizzata ed equazione di Laplace - Linee di corrente ed equipotenziali - Rete idrodinamica - Filtrazioni in pressione in presenza di opere idrauliche - Portate - Criteri di stabilità - Pozzi artesiani - Tipologia - Sistemi a più pozzi - Problemi progettuali - Transitori - Filtrazioni 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 idrodinamica - Metodi numerici: differenze finite ed elementi finiti - L'uso dell'elaboratore elettronico - Flusso dell'acqua in mezzi non saturi - Generalità - Capacità di infiltrazione - Suzione e umidità - Loro misure - Equazione di Darcy modificata - Cenni di infiltrazione - Bilancio idrologico di una falda.
5. **Strato limite e resistenze di forma.** Cenni.

Esercitazioni

Studi di fattibilità. Progetti elementari ed esempi numerici. Il tutto forma oggetto d'esame.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

D. Citrini; G. Noseda: *Idraulica,* Ed. CEA, Milano.
G. Noseda: *Correnti permanenti a portata variabile lungo il percorso,* Ed. Istituto di Idraulica e Costr. Idrauliche.
G. Noseda: *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 Roch Dams,* John Wiley and Sons.
Aravin, Numerov: *Theory of fluid Flow in Undeformable Porous Media,* Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
F. Contessini: *Dighe e Traverse,* Editrice Politecnica Tamburini, Milano.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI IMPIANTI NUCLEARI AV0002

Prof. Carlo LOMBARDI

Programma di 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 anbientale 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

O. Jones (ed.) *Nuclear Reactor Safety Heat Transfer*, Me Graw Hill, 1981

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI INGEGNERIA SANITARIA AW0007

Prof. Paolo BERBENNI

Programma di 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 pirolisi. 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, Litosintesi, 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 Assesment), 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.

Le precederne d'eiame sono affisse all'Albo della Presidensa 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 di esame

L'esame consiste in una prova scritta (non eliminatoria) ed in una prova orale. Durante l'anno verranno proposte prove scritte facoltative il cui esito positivo permetterà l'ammissione diretta alla prova orale.
L'elaborazione di eventuali tesine verrà adeguatamente considerata nella valutazione finale.

Libri consigliati

E. de Fraja Frangipane: *Trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi*, Quaderni di Ingegneria Ambientale, n. 2, 1984.
R. Cossu, E. de Fraja Frangipane (a cura di): *Atti del XXIX Corso di Aggiornamento in Ingegneria Sanitaria su Trattamenti e Smaltimento dei Rifiuti Solidi*, Istituto di Ingegneria Sanitaria, 1984.
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 disposai;* Ed. John Wiley &; Sons.
Pojasek R.B.: *Toxic and hazardous waste disposai;* Ed. Ann Arbor Science.
Aghtm: *Les residus urbains; collecte, traitment, nettoiement;* Ed. IPE, Paris.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI MACCHINE AK0022

Prof. Silvano PASINI

Programma di esame

1. INTRODUZIONE E GENERALITÀ

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 transistori.

1.2. Comportamento delle macchine: richiami di fluidodinamica, profili, teoria della portanza e della resistenza.

1.3. Relazioni fondamentali per la teoria della similitudine.

2. **NOZIONI FONDAMENTALI SULLA REGOLAZIONE E SUI REGOLATORI**

2.1. Generalità sulla regolazione. Concetti fondamentali. Definizioni.

2.2. Aspetti e logica della regolazione per le macchine motrici ed operatrici.

2.3. Regolazione di potenza: concetti introduttivi e di base. Grandezze e relazioni fondamentali.

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. Protezioni di una macchina e loro coordinamento con il regolatore.

2.5. Regolazione di gruppi motrici/operatrici funzionanti in parallelo, in particolare elettrico.

2.6. La scelta del sistema di regolazione in relazione alle caratteristiche ed alle funzioni di una macchina.

3. **MACCHINE A FLUIDO INCOMPRESSIBILE.**

3.1. Utilizzazione della teoria della similitudine e dei diagrammi collinari per una macchina idraulica: previsione di comportamento anche in condizione di funzionamento diverse delle nominali. Il laboratorio per la prova e lo sviluppo delle macchine idrauliche.

3.2. Cavitazione, anche in relazione alla sperimentazione basata sulla teoria della similitudine.

3.3.Impianti di accumulazione: organizzazione e architettura delle macchine e aspetti del funzionamento.

3.4. "Mini" turbine idrauliche: caratteristiche di funzionamento.

4. MACCHINE A FLUIDO COMPRESSIBILE ED IMPIANTI RELATIVI

4.1. Compressori di gas

4.1.1 Richiami sulla logica della configurazione in relazione ai diversi impieghi.

4.1.2. Teoria della similitudine. Stallo, pompaggio e curve caratteristiche per i compressori.

4.1.3. Funzionamento e regolazione dei compressori di gas.

4.1.4. Aspetti dell'esercizio; protezioni.

4.2. Turbine a gas

4.2.1 Richiami sulla configurazione delle macchine e degli impianti in relazione alle caratteristiche ed alle esigenze dell'utilizzatore. Scelta del numero di giri e del numero degli alberi. .Aspetti della combustione e combustori. Rigeneratori e recuperatori.

4.2.2 Regolazione degli impianti di turbina a gas.

4.4. Impianti con turbina a vapore

4.4.1. Organizzazione e regolazione di centrali termoelettriche con turbina a vapore anche in relazione al generatore di vapore. Aspetti dell'esercizio.

4.4.2. Impianti combinati di turbina a vapore con turbina a gas. Aspetti di regolazione e curve caratteristiche di funzionamento.

4.5 Motori termici alternativi.

4.5.1 Regolazione e curve caratteristiche di funzionamento.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà..

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

5. SISTEMA MACCHINA-RETE DISTRIBUZIONE ENERGIA ELETTRICA:
5.1 Interfacciamento gruppi di potenza-rete elettrica.
5.2 Sistema di controllo di regolazione frequenza/potenza

Esercitazioni

In sede di esercitazione saranno sviluppate applicazioni connesse agli argomenti oggetto del corso. Le esercitazioni includono anche attività pratiche di laboratorio rivolte alla presa visione della strumentazione e metodologia 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.

Libri consigliati

P.M. Pellò - *Complementi di Macchine* - Voi. 1 - Ed. CLUP - Milano
P.M. Pellò - *Complementi di Macchine* - Voi. 2 - Ed. CLUP - Milano
P.M. Pellò - *Turbocompressori e turbogas nel settore industriale - Ed. CLUP - Milano*

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di
COMPLEMENTI DI MISURE ELETTRICHE AH0012

Prof. Franco CASTELLI

Programma di 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; teorema di Liapunoff; misure in numero finito e piccolo; distribuzioni di probabilità speciali: normale, di Student, binomiale, dei valori estremi, di Weibull, del χ^2; interpolazione, regressione e correlazione, il metodo dei minimi quadrati.

C) Analisi statistica 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.

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) ed i loro trasmettitori; a macchina elettrica statica; a trasformatore (goniometro elettromagnetico, resolver, inductosyn, sinchros) e rotante (generatrici tachimetriche a dinamo, sincrono, asincrono); a strumento di misura elettrico; a convertitore non elettrico trasduttori di: pressione, temperatura, la misura interferometrica di spostamenti (la sorgente laser); uso di strumenti a servomotore come ricevitori; ad effetto generatore elettrico: termoelettrico, piezoelettrico, fotovoltaico; ad effetto termomagnetico. Misura di grandezze geometriche, meccaniche, spessori, livelli, spostamenti, forze, coppie, pressioni, velocità, accelerazioni. Misura di grandezze termiche. Misura di grandezze ottiche. Il comportamento dinamico dei trasduttori e dei convertitori.

Parte **III - 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-numerici.

B) Convertitori magnetoelettrici: ad effetto Hall, magnetoresistori, magnetodioidi; moltiplicatori watt metrici e convertitore di corrente magnetoelettrici.

C) Modulatori 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 Hammon), 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 termometro riempito di gas, con rilevatore nell'IR; convertitore corrente-induzione- frequenza basato sulla frequenza libera di precessione ed il rapporto giromagnetico del protone; convertitore tensione-frequenza ad effetto Josephson.

Parte IV - **Elementi di metrologia di precisione**

A) Le unità delle misure elettriche e la loro determinazione assoluta: (principi per la determinazione assoluta), dell'ampere (mediante le bilance elettrodinamiche di corrente) e del volt (le proposte di elettrometri assoluti - differenziale, per variazione d'energia ed a liquido), il condensatore calcolabile

---

Le precederne d'eiame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precederne d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

(teorema di Thomason e Lampard), cenni ai procedimenti per la determinazione assoluta dell'ohm e dell'henry, studio delle bilance di corrente.
B) Situazione e prospettive attuali della sperimentazione sulle unità fondamentali e sui campioni delle misure elettriche; la riproducibilità nel tempo dei campioni di corrente e di tensione e di resistenza mediante l'effetto Hall quantistico.
C) Il problema delle schermature in corrente continua e alternata (impedenze a due o quattro morsetti e tre o cinque terminali; a quattro coppie di terminali). Confronto delle impedenze campione a più di 2 terminali.
D) 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.
E) Il trasferimento della precisione dei campioni in corrente continua alle misure in corrente alternata. Campioni secondari di f.e.m.
Parte V - **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.
Parte VI - **Prove sugli impianti, macchine e apparecchi elettrici**
A) Verifica dell'efficienza di un sistema di messa a terra.
B) Ricerca dei guastu nei cavi.
C) Prove dinamiche di un motore.
D) Misura delle scariche parziali negli isolanti ad alta tensione.
Parte **VII - 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 sistena 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

A. Brandolini: *Complementi di misure elettriche*, Ed. CLUP
Dispense integrative del professore. Ed. CUSL.

Programma dell'insegnamento di

COMPLEMENTI DI PROGRAMMAZIONE AG0037

Proff. Giuseppina GINI

Programma di esame

A. **INFORMATICA TEORICA**

1. Computabilità.

Richiami di algebra e di logica matematica. Nozione di algoritmo; problema; passo; esecutore. Macchine di Turing: macchina di Turing; macchina di Turing universale; problema della terminazione della macchina di Turing: funzioni TM computabili. Decidibilità: problemi decidibili, non decidibili e semidecidibili; insiemi ricorsivi e ricorsivamente enumerabili; teorema di Rice. Funzioni ricorsive: funzioni base; funzioni primitive ricorsive; funzioni ricorsive generali. Formalismi di McCarthy. Altri formalismi. Equivalenza fra i formalismi. Tesi di Church.

2. Complessità degli algoritmi.

Complessità astratta, complessità concreta. Analisi degli algoritmi: limiti inferiori della complessità; analisi quantitiva degli algoritmi; esempi di analisi di algoritmi.

3. Proprietà dei Programmi.

Programmi in forma di diagrammi di flusso; tipi di istruzioni; correttezza parziale e totale; terminazione. Metodi di verifica di Floyd-Manna; metodo delle asserzioni induttive; metodo degli insiemi ben ordinati. Programmi di tipo Algol; tipi di istruzioni; correttezza parziale e totale; terminazione. Metodo di verifica di Manna-Pnueli; metodo delle regole di verifica; metodo delle regole di fine.

B. **PROGRAMMAZIONE.**

1. Paradigmi per la programmazione degli elaboratori:

- paradigma impegrativo;
- paradigma funzionale;
- paradigma logico;
- paradigma orientato ad oggetti;
- paradigma regole di produzione.

Basi teoriche e caratteristiche di ciascun paradigma, problemi metodi e tecniche di sviluppo di sistemi di programmi (sia in grande, sia in piccolo) in ciascun paradigma.
Casi di applicazioni di questi metodi.

2. Tecniche di programmazione in Grande.

Progetto e costruzione di un sistema nei diversi paradigmi di programmazione; architettura; moduli e interfaccie; documentazione.

3. Tecniche di programmazione in Piccolo.

Progetto e costruzione di un programma nei diversi paradigmi di programmazione: strutture di controllo e strutture dati; raffinamenti; documentazione.

4. Linguaggi di Programmazione.

Linguaggio LISP; struttura interna dei dati; rappresentazione funzionale dei programmi; S-espressioni; rappresentazione dei dati e dei programmi in S-espressioni; valutazione delle S-espressioni; interprete del LISP; compilatore del LISP; elaborazione delle espressioni simboliche; relazioni con la teoria della computabilità. Elementi del linguaggio PROLOG. Legame del Prolog e del suo interprete con le metodologie della risoluzione automatica di problemi ed, in particolare, con le tecniche di dimostrazione automatica di teoremi. Esempi di risoluzione di problemi in PROLOG. Elementi del linguaggio di programmazione orientato ad oggetti. CLOS (Common Lisp Object System); cenni allo SMALLTALK. Elementi di linguaggio di rappresentazione della conoscenza a regole: OPSV.

5. Algoritmi di ordinamento.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Problema dell'ordinamento. Progetto dell'argoritmo. Descrizione dell'algoritmo. Costruzione del programma nel linguaggio assemblatore MIX. Analisi quantitativa dell'algoritmo. Impiego delle tecniche di matematica discreta. Classi di algoritmi: ordinamento per enumerazione; ordinamento per inserzione; ordinamento per scambio; cenni all'ordinamento per selezione, per fusione e per distribuzione.

6. Sistemi esperti.

Metodologie di sistemi esperti; tecniche per la rappresentazione della conoscenza; algoritmi per i motori inferenziali; classi di applicazione dei sistemi esperti; progetto di moduli di sistemi esperti; base della conoscenza, motore inferenziale, modulo di acquisizione della conoscenza, interfaccia con l'utente: sistemi di sviluppo di sistemi esperti (scheletri).

Esercitazioni

Verranno tenute esercitazioni dedicate all'approfondimento ed all'ampliamento di argomenti svolti durante le lezioni. Verranno anche proposti durante l'anno, problemi ed argomenti in modo da stimolare l'attività sperimentale di programmazione su calcolatore; questa attività sperimentale è facoltativa. Infine verranno proposti: durante due apposite esercitazioni, diversi temi, ciascuno dei quali individuerà un possibile progetto del corso proposto all'attività di un gruppo di studenti; questa attività di progetto é obbligatoria. L'attività svolta per eseguire il progetto del corso si dovrà concludere con la stesura di un elaboratp scritto che, in taluni casi, potrà anche evolversi in una tesina od in una tesi.

Modalità di esame

L'elaborato del progetto deve essere consegnato la settimana precedente l'appello d'esame. L'esame consiste in una prova orale e verterà sia sul programma d'esame sia sull'elaborato del progetto.

Libri consigliati

A) Libri di testo

M. Somalvico: *Complementi di programmazione*; Voi. 1. *Teoria della programmazione*; Voi. 2. *Tecnica della programmazione*; Voi. 3. *Linguaggi di programmazione: HIPO, MIX, ADA*, CLUP, 1981.

G. Gini. M.Gini, G. Guida: *LISP Linguaggio e Metodologia di Programmazione*, CLUP, Milano, Luglio 1981.

Z. Manna: *Introduzione alla Teoria Matematica del Calcolo Automatico*, Boringhieri, Torino, 1975.

P. Jackson: / *Sistemi Esperti*, Masson, Italia, 1988.

B) Libri di consultazione

O. J. Dahl, E.W. Dijkstra, C.A.R. Hoare: *Structured Programming"*, Academic Press, Londra, 1972.

D.E. Knuth: *The Art of Computer Programming*, Voi. 1. *Fundamental Algorithms*, Addison Wesley Publishing Company Reading, Massachussets, 1973.

W. Wulf, M. Shaw, P. Hilfinger, L. Flon: *Foundamentals Structures of Computer Science*, Addison-Wesley, 1981.

N. Wirth: *Algorithms Data Structures Programs*, Prentice-Hall Ine., Englewood-ClifFs, New Jersey, 1976.

A. V. Aho, J.F. Ullman: *The Design and Analisys of Computer Algorithms*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachussets, 1974.

S. Baase: *Computer Algorithms: Introduction to Design and Analisys*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachussets, 1978.

N. Nillson: *Metodi di Risoluzione di Problemi nell'Intelligenza Artificiale*, Franco Angeli, Milano, 1976.

G. Ausiello: *Complessità di Calcolo delle Funzioni*, Boringhieri, Torino, 1975.

F. Hayes-Roth, D.A. Waterman, D.B. Lenat: *Buiding expert systems*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachussets, 1983.

B. Horm e P. Winston: *LISP* thè MIT press, 1984.

Programma delPinsegnamento di

COMUNICAZIONI ELETTRICHE AG0004

Prof. Francesco CARASSA

Programma di esame

Trasmissione: apparecchiature di trasmissione lineari; schema di sistema di trasmissione lineare con rumore termico ed elettronico. Apparecchiature non-lineari: moltiplicatori e campionatori. Trasmissione con modulazione d'ampiezza e con demodulazione coerente o a inviluppo: effetti delle caratteristiche del mezzo trasmissivo e del rumore. Trasmissione con modulazione angolare e demodulazione ad aggancio di fase o a discriminatore: effetti delle caratteristiche del mezzo trasmissivo e del rumore. Trasmissione con impulsi: ricezione in presenza di rumore di impulsi isolati; filtro adattato. Trasmissione di sequenze di impulsi imponendo che sia nulla l'interferenza intersimbolica: caso in cui venga fissata la sola forma d'onda uscente dal ricevitore, caso in cui venga fissata la forma d'onda trasmessa. Applicazione al caso di trasmissione analogica di segnali campionati: calcolo del rapporto rumore-segnale ottenuto. Applicazione al caso di trasmissione numerica: calcolo della probabilità di errore. Varie possibilità di trasmissione di segnali numerici; modulazione; codificazione di trasmissione. Problemi di temporizzazione. Confronto fra sistemi di modulazione efficienti ed in particolare fra trasmissione con modulazione angolare e trasmissione in forma numerica. Segnali multipli: a divisione di frequenza, a divisione di tempo. Concetti, caratteristiche, apoparecchiature. Requisiti di trasmissione. Segnale televisivo a colori.

Mezzi trasmissivi. Mezzi trasmissivi con onde guidate: cenni alla teoria delle linee, caratteristiche di trasmissione, pupinizzazione, diafonia, caratteristiche delle linee della pratica, linee coassiali, guide d'onda, fibre ottiche. Mezzi trasmissivi con onde irradiate, propagazione come in spazio libero, propagazione in presenza della terra e della ionosfera, effetti statistici dei percorsi multipli.

Progetto di sistemi di trasmissione: sistema di trasmissione mediante satellite (e cioè sistema con prestazioni essenzialmente determinate da una sola tratta); sistemi con più tratte: su guida d'onda, su fibra ottica, su coassiale, su ponte radio, considerando sia la trasmissione analogica che quella numerica. Trasmissione di dati.

Reti e commutazione. Configurazione delle reti. Commutazione manuale. Elementi di teoria del traffico con esempi di applicazione. Sistemi di commutazione automatica; rete di connessione e sistema di controllo. Sistemi a divisione di tempo e reti integrate.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche e sperimentali.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

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

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

CONTROLLI AUTOMATICI Sez. Al AG0005

Prof. Guido GUARDABASSI

Programma di esame

1. Introduzione

1.1 II 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 e 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 esaurimento"). Precisione "statica". Disturbi periodici.

3.4 Progetto per tentativi "nel dominio della frequenza".

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

4. **Elementi di** c ontrollo **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 II problema di Lur'e: une 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, parzialmente assistite da calcolatore.

Modalità di 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.

Durante l'anno verranno proposte due prove scritte facoltative che, se svolte con esito favorevole, costituiranno elemento di giudizio per l'assegnamento de voto, equivalente alla prova scritta d'esame.

Le precedense d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Libri consigliati

G. Guardabassi: *Controlli Automatici,* Parte I, CLUP, 1988.
S. Bittanti, N. Schiavoni: *Modellistica e Controllo,* Voi. II, CLUP. 1979
G. Guardabassi: *Elementi di controllo digitale,* CLUP, 1988.
G. Guardabassi: note 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. FVanklin, A. Emami-Naeini: *Feedback control of dynamic systems,* Addison-Wesley, 1986.
K.J. Astrom, B. Witternmark: *Computer controlled systems: theory and design,* Prentice-Hall, 1984.
J.C. Hsu, A.U. Meyer: *Modern control principles and applications,* McGraw-Hill, 1968. par A. Gelb, W.E. Van Dervelde: *Multiple Input Describing Function and Nonlinear System Design,* McGraw- Hill, 1969.
D.D. Siliak: *Nonlinear systems: thè parameter analysis and design,* Wiley, 1969.
M.G. Singh (Editor): *Systems and control encyclopedia: theory; technology, applications,* Voli. 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.

Programma delPinsegnamento di

CONTROLLI AUTOMATICI Sez. A2 AG0050

Prof. Nicola SCHIAVONI

Programma di esame

1. Introduzione

1.1 Problema del controllo e sistemi di controllo.

1.2 Controllo nell'intorno di una condizione di equilibrio: il sistema canonico di Lur'e.

1.3 Cenni a particolari problemi di controllo (disaccoppiamento; compensazione; controllo adattativo, gerarchico, decentralizzato) e alle strutture dei corrispondenti sistemi di controllo.

1.4 Ruolo della retroazione nel contenimento degli effetti prodotti in un sistema di controllo dalla presenza di variabili incerte (condizioni iniziali e parametri).

2. Controllori industriali

2.1 Controllori lineari ad azione Proporzionale, Integrale e Derivativa (P.I.D.)

2.2 Controllori non lineari a relay.

2.3 Metodi empirici per la scelta e la messa a punto dei controllori industriali.

3. **Sistemi di controllo lineari, stazionari, a tempo continuo**

3.1 Generalità.

3.2 Analisi del comportamento in transitorio dei sistemi semplici: stabilità (problemi connessi con la descrizione di sistemi compositi mediante funzioni di trasferimento; criterio di Routh; criterio di Nyquist; criterio di Bode; cenni al metodo del luogo delle radici) e precisione dinamica (grado di stabilità e velocità di risposta).

3.3 Analisi del comportamento a regime dei sistemi semplici: precisione statica (errore a transitorio esaurito).

3.4 Sintesi "nel dominio della frequenza" dei sistemi di controllo semplici.

3.5 Cenni ad alcuni metodi di sintesi dei sistemi di controllo multi vari abili.

4. Sistemi di controllo digitali

4.1 Generalità.

4.2 Campionamento e tenuta.

4.3 Realizzazione digitale di controllori anologici.

4.4 Progetto "a tempo discreto" di controllori digitali.

5. **Sistemi di controllo non lineari a tempo continuo**

5.1 Generalità.

5.2 Analisi qualitativa di sitemi del I e del II ordine.

5.3 Oscillazioni permanenti: il metodo della funzione descrittiva.

Esercitazioni

È previsto lo svolgimento di esercitazioni numeriche a illustrazione e complemento degli argomenti trattati a lezione.

Libri consigliati

Il programma d'esame è ricoperto dalle dispense seguenti:

G. Guardabassi: *Controlli Automatici,* Parte I, CLUP, 1988.

S. Bittanti, N. Schiavoni: *Modellistica e Controllo,* Voi. II, CLUP, 1979.

G. Guardabassi: *Controlli Automatici: Sistemi di Controllo Non Lineari, Sistemi di Controllo Discreti,* CLUP, 1973.

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.

G. Guardabassi: *Elementi di Controllo Digitale*, CLUP, 1988.
S. Bittanti, G. Guardabassi: *Controlli Automatici: Esercizi*, CLUP, 1976.
P. Bolzern, N. Schiavoni: *Elementi di Automatica*, Esercizi, Masson, 1990.
A loro integrazione, nel corso dell'anno potrà essere fornito del materiale preparato a cura del docente.
S.C. Gupta, L. HasdorfF: *Fundamental of Automatic Control*, J. Wiley and Sons, 1970.
G. Marro: *Controlli Automatici*, Zanichelli, 1981;
G.J. Murphy: *Basic Automatic Control Theory*, Van Nostrand, 1966;
Y. Takahashi, M.J. Rabins, D.M. Auslander: *Control and Dynamic Systems*, Addison Wesley, 1972;
A. Gelb, W.E. Van Dervelde: *Multiple Input Describing Function and Nonlinear System Design*, McGrawHill, 1969;
J.C. Hsu, A.U. Meyer: *Modem Control Principles and Applications*, McGraw-Hill, 1968.
D.D. Siliak: *Nonlinear Systems - The Parameter Analysis and Design*, J. Wiley and Sons, 1969;
J. A. Cadzow, H.R. Martens: *Discrete-Time and Computer Control Systems*, Prentice Hall, 1970;
B. C. Kuo: *Discrete-Data Control Systems*, Prentice Hall, 1970;
G.F. Franklin, J.D. Powell: *Digital Control of Dynamic Systems*, Addison-Wesley, 1980;
R. Isermann: *Digital Control Systems*, Springer-Verlag, 1981;
K. J. Astroem, B. Wittenmark: *Computer Controlled Systems - Theory and Design*, Prentice-Hall, 1984.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

CONTROLLI AUTOMATICI Sez. B AG0042

Prof. Riccardo SCATTOLINI

Programma di 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 auto valori 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 ferquenza: 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 Nyqist. 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 ritardatoci 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 tararura.

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. Mantenitori. 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 multi variabile. Controllo in cascata. Controllo adattativo. Controllo gerarchico. Controllo decentralizzato.

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.

Esercitazioni

Durante il corso verranno svolte esercitazioni numeriche a illustrazione e complemento degli argomenti trattati a lezione.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta. Durante l'anno verranno svolte due prove scritte il cui esito costituirà elemento di giudizio per il superamento dell'esame.

Libri consigliati

Per la preparazione dell'esame, si consiglia di utilizzare i testi:
S. Bittanti, N. Schiavoni: *Modellistica e controllo*, 2 Voli. 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:
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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

CONTROLLI AUTOMATICI Sez.C AG0106

Prof. Paolo BOLZERN

Programma di esame

1) INTRODUZIONE AL PROBLEMA DI CONTROLLO

Sistemi di controllo. Variabili controllate e variabili manipolabili. Disturbi. Obiettivo del controllo. Regolazione e asservimento (servocomandi).

Controllo in anello aperto e anello chiuso. Compensazione e retroazione. Requisiti statici e dinamici di un sistema di controllo.

Trasdutto ti e attuatori.

2) SISTEMI DINAMICI

Definizione di sistema dinamico. Concetti di ingresso, uscita e stato. Sistemi dinamici ed equazioni differenziali (o alle differenze). Sistemi lineari. Sistemi invarianti.

Sistemi lineari invarianti a tempo continuo

Movimento, traettorie, punti di equilibrio. Movimento libero e movimento forzato. Principio di sovrapposizione degli effetti. Stabilità. Criterio degli autovalori. Criterio di Routh.

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. Costanti di tempo. Pulsazioni naturali e coefficienti di smorzamento.

Risposta di frequenza. Diagrammi polari. Diagrammi cartesiani (di Bode).

Sistemi a dimensione infinita (cenni). Ritardo puro.

Sistemi lineari invarianti a tempo discreto (cenni)

Stabilità. Funzione di trasferimento. Risposta in frequenza.

3) SISTEMI DI CONTROLLO

Schema di controllo in retroazione. Requisiti del sistema di controllo.

Stabilità. Criterio di Routh. Criterio di Nyquist. Criterio di Bode. Grado di stabilità. Margine di fase e margine di guadagno. Risposta di frequenza. Poli dominanti. Velocità di risposta. Banda passante.

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) TECNOLOGIA DEI DISPOSITIVI DI CONTROLLO

Controllori elettronici e pneumatici, par Controllori PID. Generalità. Taratura dei parametri. Regole di Ziegler e Nichols.

Controllori a relay. Generalità. Criteri di taratura.

Controllori digitali (cenni).

5) TECNICHE AVANZATE DI CONTROLLO (cenni)

Controllo multi vari abile. Controllo in cascata. Cenni alla teoria " moderna" del controllo.

Controllo di sistemi non-lineari. Linearizzazione.

Controllo ad attivo.

Controllo gerarchico e decentralizzato.

6) AUTOMAZIONE DEI PROCESSI INDUSTRIALI (cenni)

L'automazione nei diversi settori produttivi.

Uso del calcolatore nel controllo dei processi industriali.

Automazione dei sistemi di produzione.

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.

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.

Modalità d'esame

L'esame consiste di una prova scritta. Durante L'anno verranno svolte due prove scritte facoltative il cui esito costituirà elemento di giudizio per il superamento dell'esame.

Libri consigliati

S. Bittanti, N. Schiavoni: *Modellistica e controllo*, voi 1 e 2 CLUP.
S. Bittanti, G. Guardabassi: *Esercizi di Controlli Automatici*. CLUP.
Per approfondimenti:
S. Rinaldi: *Teoria dei Sistemi*, CLUP.
G. Guardabassi: *Controlli Automatici*, 2 dispense, CLUP
G. Quazza: *Controllo dei processi*, voi. 1 e 2, CLUP

Programma delPinsegnamento di

CONTROLLO DEI PROCESSI AG0034

Prof. Claudio MAFFEZZONI

Programma di 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 termoidraulica 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. Principi di funzionamento dei componenti fondamentali dei sistemi di controllo: sensori e trasduttori; at tiratori a fluido ed elettromagnetici. Cenni ai regolatori.
6. Alcuni casi applicativi:
6.1 Regolazione di velocità delle turbine idrauliche (cenni).
6.2 Analisi dinamica e controllo di ricevitori solari ad alta temperatura (con accento sui fenomeni a fase non minima).
6.3 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).
6.4 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.
6.5 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.

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 di esame

L'esame consiste in una prova scritta.

Libri consigliati

Per le parti 1,2:
G. Quazza: *Controllo di Processi,* voi. 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,* voi. 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:
G. Quazza: *Controllo dei processi,* voi. II, CLUP, Milano, 1979.
G. Marro: *Componenti dei sistemi di controllo,* Zanichelli, Bologna, 1984.
Per la parte 6:
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.

Programma delPinsegnamento di

CONTROLLO DEL REATTORE NUCLEARE AV0003

Prof. Antonio NOVELLI

Programma di esame

a) **CINETICA DEI REATTORI TERMICI E VELOCI**

1. Generalità e 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 disribuiti, alle equazioni della cinetica dipendenti dal solo tempo. Relazione analitica fra reattività e periodo asintotico. Unità di misura della reattività. Funzioni di trasferimento reattività —» 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 Xeno-135 e valori di equilibrio delle concentrazioni di Xeno-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 (Samario-149). Oscillazioni spaziali per avvelenamento da Xeno-135. Transitori spaziali per variazioni rapide di reattività impressa. Cenni alla loro trattazione col metodo dei "Bucklings" armonici.

b) **SISTEMI NON LINEARI**

1. Principali casi di non linearità:

Sistemi lineari di controllo con un solo elemento non lineare. Studio della loro stabilità, col metodo delle funzioni descrittive. Generalità sui sistemi dinamici e sullo studio del loro comportamento nello spazio delle fasi. Isocline, curve integrali, velocità di fase.

Punti singolari nello spazio delle fasi: centri, fuochi, nodi, selle. Criterio di stabilità secondo Liapunov. Analisi di stabilità negli intorni dei punti singolari dello spazio delle fasi. Cicli limite. Esempio di transitori temporali del reattore critico a potenza zero con un sol gruppo di isotopi precursori.

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.

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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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.* Voi. I: *Reactor Physics and Control.* The M.I.T. Press 1974.
G. Colombo: *Manuale dell'Ingegnere*, 81a ed. Hoepli 1975. Sez. XI.
A. Novelli: *Elementi di controllo dei reattori nucleari*, CLUP, marzo 1985.

Programma dell'insegnamento di

CONTROLLO DELLE RETI DI CONNESSIONE AG0072

Prof. Maurizio DECINA

Programma di esame

1. Introduzione ai sistemi di commutazione

Le reti per telecomunicazioni ed i sistemi di commutazione. Commutazione di circuito e di pacchetto. Reti locali, metropolitane e a lunga distanza. Reti integrate. Reti a larga banda.

2. **Multiplazione e commutazione**

Codifica dei segnali. Multiplazione numerica sincrona ed asincrona. Multiplazione statistica. Reti di connessione a divisione di spazio e di tempo. Reti mono e multistadio. Congestione interna ed instradamento. Reti non bloccanti e riarrangiabili. Reti a permutazione. Valutazione delle prestazioni delle reti di connessione: modelli markoviani, combinatori ed impiego dei grafi.

3. **Reti geografiche a commutazione di circuito**

Architettura delle reti telefoniche: indirizzamento ed instradamento. Traffico telefonico. Valutazione delle prestazioni in reti a perdita. Sistemi a trabocco. Affidabilità delle reti. Sintesi e pianificazione delle reti telefoniche. Ottimizzazione dei costi con vincoli di grado di servizio (traffico ed affidabilità).

4. Segnalazione e controllo

Segnalazione associata e su canale comune. Reti di segnalazione e loro prestazioni. Basi di dati per servizi di rete intelligente. Controllo centrale e distribuito di autocommutatori. Funzioni e vincoli del software telefonico: linguaggi di specificazione e di programmazione. Prestazioni dei sistemi di comando degli autocommutatori.

5. Protocolli di comunicazione

Architettura a strati. Modello di riferimento OSI. Protocolli di rete e protocolli di applicazione. Specificazione e validazione dei protocolli di comunicazione: macchine a stati finiti e reti di Petri.

6. Sistemi di commutazione

Architetture di sitema a tassonomia. I sistemi ESS e della linea UT. Sistemi ISDN. Autocommutatori privati (PABX). Sistemi a larga banda.

Libri consigliati

M. Decina: *Appunti alle lezioni*

V. Benes; *Mathematica! theory of connecting networks,* Academic Press, New York, 1965.

m. Decina, A. Roveri: *ISDN Architectures and Protocols,* in "Advanced Digital Communications Systems and Signal Processing Tecniques", K. Feher Editor, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1987.

P. Green: *Computer Network Architectures and Protocols,* Plenum Press, New York, 1982.

D.E. Knuth: *The Art of Computer Programming,* Voi. 3: "Sorting and Serching", Addison-Wesley, Reading, Mass, 1973.

Frank, I.Frish; *Communication, Transmission and Transportation Networks,* J.Wiley &: Sons, New York, 1973.

J.C. Me Donald: *Fundamentals of Digital Switching,* Plenum Press, New York, 1983.

J.L. Peterson: *Petri Net Theory and thè Modeling of Systems,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1981.

R. Syski: *Introduction to congestion theory in telephone systems,* Oliver &; Boyd, London, 1960.

M. Schwartz: *Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis,* Addison Wesley, Reading, Mass, 1987.

A.S. Tannenbaum: *Computer Networks,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1981.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

CONTROLLO DELLE VIBRAZIONI E DEL RUMORE AR0101

Prof. Nicolò BACHSCHMID

Programma di esame

Richiami sulle vibrazioni meccaniche. Sistemi lineari e non lineari ad 1 g.d.l. Sistemi a 2-n g.d.l. e sistemi continui. Moto libero e moto forzato con forzanti armoniche, impulsive ed aleatorie.
Cause eccitatrici. Azioni d'inerzia nelle macchine alternative e rotanti. Eccitazione tramite il fluido. Urti e fenomeni di carattere impulsivo. Trasmissione attraverso il suolo e le strutture.
Equilibramento. Equilibramento delle macchine alternative. Equilibramento dei rotori. Altri mezzi per ridurre l'eccitazione.
Isolamento delle vibrazioni. Fondazioni rigide e sospese. Scelta dei tasselli antivibranti. Problemi di imballaggio. Normative.
Richiami di acustica tecnica. Vibrazioni acustiche. Propagazione sonora. Diffusione sonora. Assorbimento acustico e riverberazione. Isolamento acustico. Normative.
Relazione fra vibrazioni ed emissione acustica. Emissione acustica delle macchine. Accoppiamento delle vibrazioni col rumore all'interno di una cavità.
Il controllo attivo delle vibrazioni e del rumore.
Misura delle vibrazioni e del rumore. I captatori di misura. Il trattamento dei segnali. Tecniche di analisi dei segnali casuali.

Esercitazioni

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

Libri consigliati

Beranek: *Noise and vibration control*, Me Graw Hill.
Dispense alternative.

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.

Programma dell'insegnamento di

CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI AE0016

(per allievi chimici)

Prof. Gabriele SALVAGO

Programma di 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 bielettrodici. Sistemi polielettrodici. Distribuzione dei processi corrosivi.
3. **Teoria delle tensioni miste.** Processi elettrodici concorrenti. Tensione elettrodica mista e velocità di corrosione. Tensione elettrodica 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. Pedeferri: *Corrosione e protezione dei materiali metallici*, CLUP **1978.**

Le precedense d'esame sono affisse all'Albo della Presidenza della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condizione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI AE0007

(per allievi civili, meccanici, nucleari)

Prof. Pietro PEDEFERRI

Programma di 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. Aspetti termodinamici. Aspetti cinetici. Passivazione e passività. Leggi di funzionamento dei sistemi di corrosione. Distribuzione dei processi corrosivi. Fattori principali nei fenomeni corrosivi: il metallo, l'ambiente, i prodotti di corrosione.
3. **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.
4. **Metodi di prevenzione e di protezione.** Interventi sul materiale metallico e sull'ambiente. Rivestimenti metallici. Pitture. Strati di conversione. Inibitori di corrosione. Protezione catodica. Protezione anodica.
5. **Corrosione in ambienti particolari.** Corrosione atmosferica. Corrosione in acque dolci, di mare. Corrosione nel corpo umano. Corrosione delle strutture interrate. Corrosione nel calcestruzzo. Corrosione generatori di vapore. Corrosione negli impianti chimici e nucleari.
6. **Metodi di prova e di controllo.** Prove tipo di laboratorio, di controllo e di collaudo, di servizio. Metodi elettrochimici per la determinazione delle velocità di corrosione. Monitoraggio degli impianti industriali.
7. **Affidabilità e sicurezza.** Danni diretti ed indiretti dei fenomeni corrosivi. Criteri di scelta dei materiali. Comportamento alla corrosione delle principali famiglie di materiali. Controllo di qualità. Prevenzione della corrosione in sede di progetto, costruzione e gestione degli impianti.

Esercitazioni

Prove di corrosione con metodi tradizionali ed elettrochimici. Esami di casi particolari di corrosione.

Libri consigliati

P. Pedeferri: *Corrosione e protezione dei materiali metallici*, CLUP 1978.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONE DI APPARECCHI ELETTRICI AH0002

Prof. Franco PARDINI

Programma di esame

1) INTRODUZIONE

L'apparecchio elettrico (elettromeccanico), quale **costituente fondamentale degli impianti elettrici** come organo di protezione e manovra.

Sua **posizione industriale e applicativa.**

Categorie di apparecchi - Strutture costruttive - Grandezze caratteristiche.

Concetto di "valore nominale".

Unificazione e Normalizzazione.

2) **TECNOLOGIE** (Materiali)

Materiali da costruzione specificatamente 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.

3) RELÈ

Concetto e funzione 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 singola grandezza agente:

organi motori, caratteristiche di funzionamento, elementi di progetto.

Relè a due o più grandezze agenti:

organi motori n(motore a induzione) - Elementi di progetto - Caratteristiche di funzionamento

Relè direzionali in corrente continua e in corrente alternata.

Equazione generale di funzionamento dei relè di protezione.

I contatti elettrici nei relè.

Categoria di relè protettivi - Principi di funzionamento e applicazione:

relè di sovracorrente ritardati e istantanei, relè di sovracorrente a controllo direzionale, relè di sovracorrente ritardati a istantanei, relè di sovracorrente a controllo direzionale, relè a squilibrio, relè differenziali di potenza, relè a impedenza, relè a reattanza, relè a impedenza direzionali.

Significato di "impedenza vista dal relè" e dei termini "sovralimite" e "sottolimite".

Principi di coordinamento selettivo.

Relè ausiliari (cenni)

4) APPARECCHI DI MANOVRA

Concetto e funzione dell'apparecchio di manovra.

Apparecchi di manovra ausiliari e principali.

II contattore quale apparecchio di manovra tipico.

Grandezze a parametri caratteristici.

Struttura e tipi costruttivi - Categorie di applicazione.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

L'elettromagnete quale organo tipico di azionamento del contattore quale organo motore e di misura nei relè ausiliari e di protezione, quale organo di misura e di azionamento negli " sganciatori" elettromagnetici.
Bilancio energetico nell'elettromagnete e procedimento grafico generale di valutazione della forza sviluppata.
Analisi e calcolo dei circuiti magnetici contenenti ferro e aria.
Calcolo delle permeanze in aria dei tratti di circuito fra materiali ad alta permeabilità.
Valutazione analitica della forza nell'elettromagnete - Modallamento della curva forza-corsa.
Avvolgimento di eccitazione.
Forme costruttive dell'elettromagnete e loro significato.
Procedimento di calcolo di elettromagneti in corrente continua e in corrente alternata.
Altri organi di azionamento (cenni).
Contattori per media tensione (cenni).
Dispositivi a contattori (cenni).
5) APPARECCHI D'INTERRUZIONE (interruttori)
Concetto, definizione e funzione specifica dell'interruttore. Chiusura e interruzione di circuiti mediante "l'interruttore ideale". Correnti e tensioni transitorie nel punto d'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. Grandezze e parametri caratteristici dell'interruttore. **Poteri di chiusura e interruzione nominali. Definizioni e prove per la loro assegnazione. Significato e limiti delle prove di tipo.** Struttura e soluzioni costruttive dell'interruttore - 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: composizione, proprietà fisiche, bilancio energetico - Processi ionizzanti e deionizzanti - Archi stabilizzati in corrente continua e in corrente alternata. Interruzione di circuiti ohmici, induttivi, capacitativi. Energia d'arco.
Mezzi impiegati per ottenere l'interruzione: interruzione in aria (a soffio magnetico, ad aria compressa), interruzione in olio, interruzione in gas particolari, interruzione sotto vuoto.
Fusibili (cenni).

Esercitazioni

Riguardano elementari esercizi applicativi della materia trattata nel corso ed inoltre prevedono il progetto di un apparecchio elettromeccanico.
Sia gli esercizi sia il progetto saranno impostati in collaborazione con il Professore.
Il progetto e gli esercizi sugli apparecchi d'interruzione devono ricevere il visto di approvazione da parte del Professore entro il termine fissato.

Modalità d'esame

L'allievo deve presentarsi all'esame con il testo del progetto di un apparecchio elettromeccanico e dell'esercizio sugli apparecchi d'interruzione, svolti durante le esercitazioni, portanti il visto di approvazione.
L'esame è orale.

Libri consigliati

Sono disponibili le dispense complete del corso. Per un maggior approfondimento della materia possono consultarsi:
C. Russel Mason *The Art and Science of Protective Relaying.*
Heber C. Roters: *Electromagnetic Devices*
E. Alm: *Power Arcs in Circuit Breakers.*
Reinhold Ruedenberg *Transient Performance of Electric Power Systems.*
L.B. Loeb: *Basic Process of Gaseons Electronics.*

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONE DI MACCHINE AR0007

(per allievi aeronautici)

Prof. Paolo CLERICI

Programma di 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. Il comportamento dei materiali sollecitati impulsivamente: influenza dei principali parametri di prova. Il comportamento dei materiali sotto sollecitazioni semplici di fatica: 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).

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. Cenni sul cedimento dei materiali dovuto a sollecitazioni perduranti di tipo composto. Influenza della corrosione. 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. Le verifiche di resistenza.Influenza dei principali parametri.

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 e loro effetto.

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.

Le precederne d'eiame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà..

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Modalità di 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 questa è sostenuta entro la sessione estiva.

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.
Belloni G., Bernasconi G.: *Sforzi, deformazioni e loro legami,* Spiegel, Milano, 1975.
Belloni G., Bernasconi G., Bertolini I.: *Resistenza dei materiali metallici* in: Colombo G. "*Manuale dell'ingegnere".* Hoepli Editore, Milano, 1985.
Massa E., Bonfigli L.: *Costruzione di Macchine,* Voi. 1, Masson Italia Editore, Milano, 1979.
Massa E.: *Costruzione di Macchine,* Voi. 2, Masson Italia Editore, Milano, 1979.

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONE DI MACCHINE ELETTRICHE AH0003

Prof. Ivo VISTOLI

Programma di 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 coswtruttivi. 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 portaspazzole. 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 vistati.

Modalità di 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 sè 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.

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.

Programma delPinsegnamento di

COSTRUZIONE DI MACCHINE II AR0018

Prof. Giorgio PAOLINI

Programma di esame

1. Problematica.

1.1 Problemi generali di tecnica progettuale.

1.2 Analisi delle condizioni di progetto.

1.3 Fungibilità e funzionalità: normative tecniche.

1.4 Documentazione tecnica.

1.5 Affidabilità strutturale e funzionale: impostazione deterministica e probabilistica dei problemi di progetto degli elementi delle macchine.

1.6 Materiali e loro impiego.

2. **Analisi del progetto di macchine.**

2.1 Analisi comportamentale.

2.2 Analisi statistica delle situazioni di esercizio.

2.3 Modelli di guasto.

2.4 Verifiche di resistenza e funzionalità.

2.5 Problemi tecnico-economici.

3. Impostazione generale dei problemi meccanici.

3.1 Elasticità isotropica.

3.2 Termoelasticità isotropica.

3.3 Elasticità anisotropica: casi particolari, materiali compositi.

3.4 Problemi elementari di plasticità.

4. Problemi speciali di meccanica dei solidi.

4.1 Torsione elastica uniforme e non uniforme.

4.2 Flessione e torsione di solidi rigidoplastici.

4.3 Instabilità: problema generale e casi particolari relativi a solidi elastici ed elastoplastici; travi caricate staticamente e dinamicamente.

4.4 Travi ad asse rettilineo e ad asse circolare in condizioni non convenzionali.

4.5 Lastre piane di varia forma.

4.6 Flessibili e funi.

4.7 Superfici di rivoluzione.

4.8 Problemi di contatto.

4.9 Problemi di elasticità non lineare: molle a tazza.

5. **Metodi numerici.**

5.1 Elementi finiti.

5.2. Elementi di con trono.

5.3 Differenze finite.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni verranno proposti esempi di progettazione meccanica con svolgimento di calcolazioni relative a vari organi di macchine, coordinate con verifiche sperimentali in laboratorio.

Le precederne d'eiame 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.

Libri consigliati

A. Dornig: *Lezioni di Costruzione di macchine 2*, CLUP, Milano.
A. Dornig: *Le molle*, CLUP, Milano.
I. Bertolini, E. Bazzaro: *Lezioni di Costruzione di Macchine - Resistenza dei materiali*, Masson Italia ed., Milano.
J. A. Collins: *Failure of Materials in Mechanical Design*, J. Wiley, New York.
S. Timoshenko, J. Goodier: *Theory of Elasticity*, McGraw-Hill, New York.
C.Carmignani: *La Meccanica della Frattura per la valutazione della Affidabilità strutturale degli elementi delle macchine*, ed. Pitagora, Bologna.
G. Bernasconi: *Lezioni di Costruzione di Macchine*, CLUP, Milano.
W. Fluegge: *Handbook of Mechanical Engineering*, McGraw-Hill, New York.

V

Programma delPinsegnamento di

COSTRUZIONI AERONAUTICHE AL0004

Prof. Carlo CAPRILE

Programma di 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 sole citazioni sui principali elementi del velivolo - Criteri per il dimensionamento - Verifica della elasticità 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 appliquèe a l'aviation.*
G. Gabrielli: *Lezioni di scienza del progetto degli aeromobili.*

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONI AUTOMOBILISTICHE AR0003

Prof. Carlo DONISELLI

Programma di esame

1. **Generalità.** - Il movimento in natura. Schemi cinematici e resistenze al movimento. La ruota. Ruota elastica su suolo rigido. Ruota rigida su suolo plastico. Cingolo. Tipi di veicoli. Equilibrio del veicolo. Aderenza.
2. **Dinamica del veicolo considerato come punto.** - Forze e potenze resistenti. Curve caratteristiche in coordinate logaritmiche. Adattamento del motore al veicolo. Determinazione dei rapporti di trasmissione. Prestazioni. Bilancio delle energie.
3. **Motori per trazione.** - Motori a combustione interna. Turbine a gas. Motori elettrici. Definizioni. Curve caratteristiche. Installazione del gruppo propulsore sul veicolo. Generatori ed accumulatori. Considerazioni comparative fra le diverse forme di trazione.
4. **Motori a combustione interna.** - Motori Otto e Diesel. Grandezze fondamentali. Cicli di riferimento e loro rendimenti. Sovralimentazione. Rendimenti. Grado di riempimento. Formazione della miscela (carburazione, iniezione interna ed esterna) nei motori Otto. Combustione. Camere di combustione dei motori Diesel. Motori a carica eterogenea. Determinazione delle dimensioni fondamentali di un motore. Architettura generale. Equilibramento delle forze d'inerzia. Distribuzione. Calcolo degli organi meccanici. Lubrificazione. Raffreddamento.
5. **Combustibili e lubrificanti.** - Generalità. Combustibili per motore Otto. Antidetonanti. Criteri di valutazione delle benzine. Combustibili per motore Diesel. Cenno sui lubrificanti impiegati nei motori a combustione interna e nei veicoli.
6. **Dinamica del veicolo considerato come sistema.** - Aderenza. Pneumatici. Angoli di deriva. Momenti autoallineati. Veicoli sottosterzanti e sovrasterzanti. Stabilità del veicolo.
7. **Organi di sospensione.** - Sospensione elastica della cassa. Caratteristiche cinematiche e dinamiche. Sospensioni a ruote indipendenti ed a sala rigida. Elementi elastici. Calcolo degli elementi di una sospensione.
8. **Organi di trasmissione.** - Generalità. Cambi a gradini. Cambi continui. Innesti a frizione. Giunto idraulico. Convertitori idraulici di coppia. Cambi automatici. Alberi. Giunti. Gruppi di riduzione finale. Differenziali.
9. **Organi di guida.** - Angoli caratteristici delle ruote. Quadrilatero di sterzatura. Componenti del cinematismo di sterzatura.
10. **Strutture.** - Telai. Carrozzerie portanti. Criteri generali di progettazione e di verifica.
11. **Organi di frenatura.** - Generalità. Freni a ceppi interni. Freni a disco. Dispositivi di azionamento. Freni di rallentamento. Ripartizione delle forze frenanti.
12. **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.
13. **Normative** nazionali ed internazionali riguardanti la sicurezza e la protezione dell'ambiente.

Esercitazioni

Saranno formati "Gruppi di studio", formati, di regola, da 4 allievi. Ogni gruppo, con l'appoggio di un Esperto, svolgerà il progetto di un veicolo, concordato all'inizio del corso. L'impostazione generale del progetto verrà svolta in collaborazione fra i componenti, i cui contributi saranno sia creativi, sia critici. Lo sviluppo esecutivo del progetto sarà individuale, ma con coordinamento fra i diversi componenti ciascuno dei quali si occuperà di un gruppo meccanico. Tale lavoro potrà eventualmente avere carattere teorico, o teorico-sperimentale, per lo studio di particolari problemi. Ore settimanali di esercitazioni: 4.

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 di esame

L'esame consiste di una prova orale, comprendente la discussione degli elaborati svolti, che dovranno essere ultimati prima dell'esame stesso.

Libri consigliati

1. **Motori a combustione interna:** Colombo: *Manuale dell'Ingegnere* (Capitoli: Combustibili liquidi e Motori a combustione interna), Ed. Hoepli, Milano - F.A.F. Schmidt: *Verbrennungskraftmaschine,* Ed. Oldemburg, Monaco - oppure: *Internai Combustion Engine*, Ed. Chapmann and Hall - H. Ricardo-J.G.G. Hempson: *The High-Speed Internal-Combustion Engine*, Ed. Blackie - Fayette Taylor: *Internai Combustion Engine,* Ed. Wiley, Voli. **I** e **II.**

2. **Costruzione del veicolo:** M.G. Bekker: *Theory of Land Locomotion,* Ed. The University of Michigan Press.

W. Steeds: *Mechanics of Road Vehides,* Ed. Ilife e Sons Ltd.

M. Mitschke: *Dynamik der Kraftfahrzeuge,* Ed. Springer-Verlag.

J. Stueper: *Automatische Automobilgetriebe, mit Hydrodynamischer Kraftuebertragung,* Ed. Springer-Verlag, Wien-New York.

Le opere sopra elencate sono disponibili per la consultazione e lo studio presso la Sezione di Veicoli terrestri del Dipartimento di Meccanica. Sono in corso di pubblicazione le dispense.

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONI DI MACCHINE AR0008

(per allievi elettrotecnici)

Prof. Giulio BELLONI

Programma di esame

1. FONDAMENTI DI RESISTENZA DEI MATERIALI.

1.1. Le caratteristiche dei materiali soggetti a sollecitazioni semplici:

1.1.1. di tipo statico: le prove di trazione, compressione, flessione, torsione e relativi dispositivi; risultati sperimentali e loro interpretazione. Influenza dei principali parametri di prova.

1.1.2. di tipo impulsivo: prove di trazione e di resilienza (cenni); risultati sperimentali e loro interpretazione. Cenni sull'influenza dei principali parametri.

1.1.3. di fatica: le prove a sforzo assiale alternato, di flessione alternata e rotante e di torsione alternata - relativi dispositivi. Risultati sperimentali e loro elaborazione in forma più adatta per la soluzione dei problemi applicativi. Influenza dei principali parametri di prova.

1.1.4. di tipo costante nel tempo (durata): prova di trazione e rerlativi dispositivi. Risultati sperimentali e cenni sulla loro elaborazione nelle forme più adatte alla soluzione dei problemi applicativi.

1.1.5. dovute a deformazione costante nel tempo: metodi e dispositivi di indagine; risultati sperimentali e cenni sulla loro elaborazione nelle forme più adatte alla soluzione dei problemi applicativi.

1.2. Le caratteristiche dei materiali soggetti a sollecitazioni composte:

1.2.1. Il cedimento dei materiali sotto sollecitazioni composte di tipo statico: principali teorie di resistenza e loro risultati nella trattazione di problemi applicativi di maggior importanza. Risultati sperimentali e loro esame comparativo con i risultati teorici.

1.2.2. Il cedimento dei materiali sotto sollecitazioni composte di fatica; risultati sperimentali e loro collegamento con i risultati delle teorie di resistenza.

1.2.3. Cenni sul comportamento dei materiali sotto sollecitazioni composte di durata.

1.2.4. L'effetto della forma degli elementi costruttivi sul comportamento dei materiali nel caso di sollecitazioni dei diversi tipi.

1.3. La verifica di resistenza degli elementi delle macchine.

1.3.1. Complementi di teoria della elasticità. Analisi degli sforzi e delle deformazioni in problemi mono-, bi- e tri-dimensionali: travi ad asse circolare, lastre circolari sottili soggette a carichi radiali simmetrici, dischi e cilindri a grosso spessore sollecitati da pressioni uniformi, forze centrifughe e differenze di temperatura.

1.3.2. Meccanica dei solidi non lineari (con particolare riferimento ai materiali plastici); analisi dei solidi cilindrici elastoplastici sollecitati a flessione ed a torsione semplice. Collaborazione plastica.

1.3.3. L'instabilità dell'equilibrio elastico: metodi generali di indagine e loro applicazione a taluni problemi statici (anelli e cilindri premuti dall'esterno), e dinamici (velocità critiche flessionali degli alberi, vibrazioni proprie degli anelli).

1.3.4. Considerazioni generali per la determinazione della sollecitazione ammissibile, in relazione alle condizioni di funzionamento.

1.3.5. Applicabilità delle teorie di resistenza.

1.3.6. Cenno a casi di materiali a comportamento non lineare.

1.3.7. Criteri per la scelta dei materiali.

2. PROGETTAZIONE E CALCOLO DEGLI ELEMENTI DELLE MACCHINE

2.1. Criteri generali per lo studio della progettazione e del calcolo degli elementi delle macchine.

2.2. Elementi di collegamento.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

2.2.1. Collegamenti amovibili: viti, bulloni, collegamenti scanalati, chiavette.
2.2.2. Collegamenti fissi; saldature, collegamenti forzati.
2.2.3. Cuscinetti a rotolamento e a strisciamento, supporti; basamenti e carcasse.
2.3. **Organi per la generazione e la trasmissione del moto rotatorio;**
2.3.1. Ruote dentate.
2.3.2. Trasmissioni a cinghia: pulegge.
2.3.3. Alberi, assi.
2.3.4. Giunti.
2.4. **Organi rotanti di vario tipo.**
2.4.1. Collettori a lamelle.
2.4.2. Espansioni polari.
2.4.3. Anelli di blindaggio.
2.5. **Organi per il contenimento dei fluidi.**
2.5.1. Recipienti cilindrici a forte e debole spessore.
2.5.2. Fondi piani e curvi.
2.5.3. Collegamenti a flangia.

Esercitazioni

Verranno svolti alcuni esercizi di progetto e di verifica di organi meccanici di diversi tipo con particolare riferimento a quelli appartenenti a macchine elettriche.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale la quale l'allievo dovrà dimostrare anche di avere acquisito la capacità di arrivare al dimensionamento ed alla verifica di un elemento di macchina ed al relativo schizzo costruttivo.

Libri consigliati

G. Belloni, G. Bernasconi: *Sforzi Deformazioni e loro legami.* Edit. Spiegel, Milano, 1984.
G. Bernasconi: *Lezioni di Costruzioni di Macchine.* CLUP, Milano, 1984.
G. Belloni, G. Bernasconi, I. Bertolini: *Resistenza dei materiali metallici.* Cap. C 3 de "11 Manuale dell'Ingegnere". Ed. Hoepli, Milano, 1985.
I. Bertolini, E. Bazzaro: *Lezioni di Costruzione di Macchine. Parte I. Resistenza di Materiali.* Masson Italia Editori, Milano, 1979.
E. Massa, L. Bonfigli: *Costruzioni di Macchine.* Voi. I. Tamburini Ed., Milano, 1969.
E. Massa: *Costruzione di Macchine.* Voi. II. Tamburini Ed. Milano, 1968.
Dispense con tracce delle esercitazioni e con alcuni argomenti complementari distribuite a cura del docente.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONI DI MACCHINE AR0009

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

ProfF. Piermaria DAVOLI, Angelo TERRANOVA

Programma di 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, 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 Wòhler e suoi aspetti probabilistici, metodi per la determinazione del limite di resistenza a fatica, diagrammi di Haigh e di Smith, effetto di intaglio K 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;

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.

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) Recipiente in pressione: effetto guarnizione.
3) Recipiente in pressione: verifica di resistenza dei bulloni.
4) 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.
5) Forzamento albero-mozzo: calcolo dell'interferenza.
6) Forzamento albero-mozzo: verifica di resistenza per l'interferenza massima.
7) Applicazione del Metodo degli Elementi Finiti: parte I.
8) Applicazione del Metodo degli Elementi Finiti: parte II.
9) Molla ad elica cilindrica.
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) Determinazioni delle caratteristiche meccaniche di materiali duttili e fragili.
2) Rilevamento estensimetrico delle deformazioni in un elemento meccanico con intaglio.

Si consiglia la lettura del cap. 7 di [II] sull'introduzione ai metodi sperimentali per l'analisi degli stati di sollecitazione.

Modalità di 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 sarranno 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,* Voi. 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,* Voi. II, Masson Italia, Milano, 1979.

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONI DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI AY0004

Prof. Giovanni DA RIOS

Programma di 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) H **veicolo e la via** - Veicoli stradali, ferroviari, aerei, marittimi e idroviari. Resistenza su strada e su rotaia. Aderenza. Frenatura. Inserzione in curva. Curve stradali e ferroviarie. Raccordi tra rettilinei e curve circolari. Manovrabilità delle navi marittime idroviarie in specchi d'acqua ristretti. Manovrabilità degli aeromobili a terra. Pendenze delle strade e delle ferrovie; determinazione dei valori limite. Pendenze delle piste di involo e delle vie di circolazione degli aeroporti. Sezioni trasversali delle strade, delle ferrovie, delle piste di involo, dei canali navigabili e dei bacini portuali.

3) **Studio del terreno** - Cenni di geologia applicata alle costruzioni di strade, ferrovie, aeroporti, opere marittime e canali. Influenza della natura e delle condizioni del terreno sul disegno, sul tracciato e sulla disposizione dell'infrastruttura. Richiami di operazioni topografiche di tracciamento e di rilievo del terreno. Richiami di meccanica delle terre.

4) **Studio del tracciato** - Andamento e orientamento dei tracciati stradali, ferroviari, delle vie di circolazione aeroportuali, dei canali navigabili e degli accosti portuali. Criteri tecnici, economici, funzionali e operativi di progetto. Orientamento delle piste di involo. Orientamento dell'imboccatura dei porti marittimi. Piani regolatori di aeroporti.

5) **Lavori di terra** - Valutazione dell'area di occupazione. Misura dei volumi di terra. Distribuzione dei movimenti di terra. Mezzi e organizzazione dei trasporti. Organizzazione dei cantieri. (Drenaggi e scolo delle acque.

6) **Opere di sostegno** - Forme dei muri di sostegno e di contenimento per strade, ferrovie e canali navigabili. Richiami delle teorie sulla spinta delle terre. Criteri di progettazione e di verifica della stabilità. Fondazioni. Drenaggi.

7) **Opere di attraversamento** - Scelta dell'ubicazione, della struttura e dei tipi. Determinazione della luce libera. Opere di sovrappasso e di sottopasso. Dimensionamento di progetto. Tombini.

8) **Gallerie** - Problemi generali. Determinazione della forma e delle dimensioni del rivestimento. Progetto e verifica statica. Tracciamento dell'asse. Metodi di escavo. Cantieri. Ventilazione. Illuminazione.

9) **Opere di difesa** - Scogliere, argini, dighe, pennelli. Rivestimenti, mantellature, piantagioni. Valli e muri paramassi e paravalanghe. Gallerie artificiali. Cenni sulle frane e sui terreni disposti a franare. Meccanica dei movimenti franosi: cause vicine e remote. Opere di consolidamento e di bonifica.

10) **Soprastruttura stradale e aeroportuale** - Massicciate semplici, trattate, rivestite, consolidate. Macchinari e attrezzature. Requisiti di accettazione dei materiali, con cenni delle prove di laboratorio. Stabilizzazione delle terre. Pavimentazioni bituminose. Pavimentazioni cementizie. Statica della soprastruttura. Considerazioni economiche.

11) **Soprastruttura ferroviaria** - Massicciata. Sostegni dell'armamento. Rotaie e materiale minuto d'attacco e di collegamento. Statica del binario. Scambi, deviatoi, pezzi speciali. Posa in opera. Considerazioni economiche.

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.

Le precedense d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Inoltre, ogni allievo è altresì tenuto a svolgere, nel corso dell'anno, almeno tre esercitazioni di laboratorio, e tre sull'elaboratore elettronico.

Libri consigliati

Tesoriere: *Strade, ferrovie e aeroporti,* UTET-Torino.
Ferrari-Giannini: *Ingegneria stradale,* ISEDI-Milano, 1978.
Centolani: *Manuale delle pavimentazioni bituminose,* T.C.I. - Milano, 1966.

Programma dell'insegnamento di

COSTRUZIONI IDRAULICHE **AU0001**

Prof. Alessandro PAOLETTI

Programma d'esame

1. Acquedotti. - Generalità: ricerca dell'acqua - Fabbisogno e sue variazioni nel tempo - Schemi: esame sintetico - 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 in progetto e problemi di verifica - Portate massime in un'adduttrice - Piezometriche d'esercizio: statica, a tubi nuovi, a tubi usati, di colpo d'ariete - Proporzionamento dei serbatoi: calcolo della capacità; la forma più conveniente dei dei serbatoi; i tipi; schema della camera di manovra per serbatoio di testata e di estremità - Proporzionamento della distribuzione: tipi di rete - Calcolo delle reti e ramificazione - Calcolo delle reti a maglie - 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: di ghisa; di acciaio; di cemento-amianto; di calcestruzzo; di materie plastiche (modo di costruzione, pressioni di esercizio, dimensioni normali, giunti e pezzi speciali). - Criteri di scelta dei tubi - Posa - Apparecchi tipici - Prova delle tubazioni.
2. Cenni di Idrologia. - Precipitazioni: misura delle precipitazioni - Altezze di precipitazione 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 - Coefficienti di deflusso e di afflusso - Elaborazioni più comuni: curva delle durate. Piene: formazione dell'onda di piena; concetto di evento critico - Metodi pratici razionali dell'invaso e della orrivazione - Similitudine idrografica nei riguardi delle portate fluviali - 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 - Concetto di rapporto di diluizione: criterio di stima e sue conseguenze - 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. **Opere fondamentali.** - a) Serbatoi - Capacità necessaria per una assegnata regolazione - Regolazioni consentite da assegnate capacità: regolazione che più si avvicina a una prestabilita - Tipi di sbarramento - Regolamento dighe - Dighe a gravità: profilo tipico - Verifica statica - Criteri di dimensionamento: triangolo fondamentale e coronamento - Dighe a gravità alleggerite: tipi e cenno al calcolo statico - Dighe ad arco: cenno alla verifica per anelli elastici indipendenti - Dighe a speroni: tipi - Profilo dello sperone - Cenno alla verifica dello sperone e della parete di ritenuta - Dighe in muratura a secco: caratteristiche del profilo e dispositivi di tenuta - Dighe in terra: tipi - Linea di saturazione - Messa in opera - Cenno alle verifiche di stabilità - Opere complementari 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: influenza sulla laminazione delle piene entranti nel serbatoio - Scarichi di fondo e intermedi. Opere di presa, b) Traverse fluviali
- Tipologia - Portata di progetto - Curve di utilizzazione - Opere di presa, c) Condotte e gallerie:

Le precedense d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

generalità e dimensionamento; cenno al calcolo statico, d) Canali: generalità; dimensionamento; rivestimenti.

5. Correnti in alvei erodibili, trasporto solido, cenni di idraulica fluviale. - 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 - Cenni sulle sistemazioni fluviali in alvei in alluvionamento e in erosione - Briglie normali e selettive - Pennelli e sistemazioni arginali.

Esercitazioni

Riguarderanno alcune elaborazioni preliminari di idraulica, idrologia e di dispositivi idraulici e la progettazione di massima di un acquedotto e di una fognatura.
La materia svolta nelle esercitazioni formerà oggetto di esame.

Libri consigliati

G. Ippolito: *Costruzioni Idrauliche,* Voi. I e IL
M. Marchetti: *Acquedotti*
G. Evangelisti: *Impianti idroelettrici,* Voi. I.
M. Marchetti: *Fognature urbane.*
A. Dupont: *Hydraulique urbaine,* Voi. I e II. Eyrolles, Paris.
F. Marzolo: *Costruzioni Idrauliche,* CEDAM, Padova.
Fair, Geyer, Okun: *Water and Wastewater Engineering,* Voi. I, John Wiley e Sons, New York.
Dispense a cura dell'Istituto di Idraulica.

Programma dell'insegnamento di
COSTRUZIONI IN ACCIAIO AN0038
(per allievi civili ergotecnici, idraulici, trasporti e meccanici)
Prof. Fabrizio DE MIRANDA

Programma di 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 tavi 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, modalità esecutive di varie tipologie strutturali delle costruzioni in acciaio.
1) Coperture a struttura di acciaio.
2) Strutture in acciaio per costruzioni monopiano
3) Strutture multipiano in acciaio.
4) Serbatoi, silos, gasometri, condotte forzate, acquedotti.
5) Strutture in acciaio nella costruzione dei ponti.
6) Strutture in acciaio delle costruzioni metalmeccaniche.

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

F. De Miranda, L. Strata: *Lezioni di costruzioni in acciaio*, SIDERSERVIZI, Milano, 1991.
Deutscher Stahlbau Verband: *Stahlbau: ein Handbuck fur Studium und Praxis*, voli. I, II, III, D.S.K.; Kòln, 1960.
American Institute of Steel Construction (AISC): *Structural Steel Detailing*, 1966

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di
COSTRUZIONI IN ACCIAIO AN0038
(per allievi civili strutturisti)
Prof. Giulio BALLIO

Programma di 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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Libri consigliati

Ballio, Mazzolarli: *Strutture in acciaio* - ed. Hoepli.
Ballio, Mazzolarli: *Theory and Design of Steel Structures* - ed. Chapman and Hall
Finzi, Nova: *Elementi strutturali* - ed. CISIA

/

Programma dell'insegnamento di
COSTRUZIONI MECCANICHE PER IMPIANTI NUCLEARI AR0020
Prof. Sergio SIRTORI

Programma di 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 di sforzo e dello stato di deformazione. 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; aspetti energetici; metodi generali di impostazione e soluzione con 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. 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 dei diversi tipi e risultati sperimentali nelle elaborazioni più adatte per la risoluzione 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 (creep): scorrimento 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 intimi attivati dalle diverse condizioni di sollecitazione.

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 correlazione con i risultati sperimentali delle prove statiche. Cenni alle teorie elasto-plastiche: superficie di snervamento, incrudimento isotropico e cinematico.

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.

1.3.6. Generalizzazione del concetto di cedimento: limiti di impiego dei materiali.

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.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame:

il mancato rispetto delle precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

1.4.4. Le verifiche di resistenza nella loro forma più generale e nella forma semplificata che esse assumono nella maggior parte dei casi pratici.

2. PROGETTAZIONE E CALCOLO DEGLI ELEMENTI DELLE MACCHINE.

2.1. **Criteri generali per lo studio della progettazione e del 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 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 termonucleare.
- Albero di trasmissione con relativi elementi di macchina su di esso calettati.

Gli esercizi sono svolti in aula con la collaborazione dell'insegnante.

Modalità di Esame

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

Libri consigliati

O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni,* Voi. III. Ed. Zanichelli, Bologna, 1960.

E. Massa, L. Bonfigli: *Costruzione di Macchine,* Voi. 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,* voi. 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.

Programma dell'insegnamento di

CRITERI DI IMPIEGO DELLE MACCHINE UTENSILI AR0022

Prof. Attilio COSTA

Programma di esame

1) Tecnologia della lavorazione dei metalli per asportazione di truciolo

Moti utensile-pezzo nelle m.u. Materiali e geometria dell'utensile monotagliente. Formazione e svolgimento del truciolo. Usura dell'utensile. Fluidi di taglio. Parametri di lavoro. Relazioni per la durata, le forze, la potenza e la produttività. Finitura e accuratezza. Criteri economici di sub-ottimizzazione della singola 1 avorazione. Cenni alla tecnologia delle lavorazioni con utensili pluritaglienti (fresatura).

2) Le macchine utensili e i loro organi dal punto di vista funzionale

Tipi di pezzi. Archetipi di macchine. Volumi di produzione. Livelli di automatismo. Organi e attrezzi di presa e bloccaggio pezzi e utensili. Movimenti di taglio, di alimentazione, di posizionamento rapido. Mandrini. Guide. Azionamenti di traslazione. Cambi e variatori di velocità di rotazione. Attuatori e motori elettrici e idraulici. Comandi manuali e automatici. Dispositivi di misura. Strutture e fondazioni. Requisiti di accettazione e prescrizioni di collaudo.

3) Studi di fabbricazione e cicli di lavorazione

Con riferimento alla pratica industriale attuale e a criteri logici basati sulla tipologia dei pezzi (morfologica, geometrica, tecnologica), sui volumi da produrre, sulle caratteristiche prestazionali delle macchine, degli utensili, delle attrezzature, vengono trattati in modo sistematico:
scelta del grezzo, del processo tecnologico, delle macchine;
scelta dei piazzamenti, delle attrezzature, dei metodi;
elaborazione del ciclo di lavorazione (sequenza dettagliata di operazioni aggregate in fasi, sottofasi e altri raggruppamenti);
scelta degli utensili e dei parametri di lavoro;
determinazione dei tempi, delle forze, della potenza, della durata utensili, della produttività, dei costi.

4) Fabbricazione per famiglie e progettazione tecnologica assistita da calcolatore

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.
Lavorazione per famiglie (Group Technology), unità cellulari di produzione e linee operative flessibili.

5) Controllo numerico e automazione flessibile nella fabbricazione meccanica

Livelli e tipi di automatismo, in particolare per le operazioni del ciclo di lavorazione. Automazione programmabile.
Il controllo numerico: architettura, logica e funzioni del sistema e in particolare dell'unità di governo.
Programmazione manuale di un c.n. con mini-computer incorporato (CNC).
Programmazione automatica in APT. Cenni al CAD-CAM.
Controllo numerico diretto (DNC) con calcolatore esterno. Sistemi di fabbricazione integrati e flessibili.

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;

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.

2) elaborazione di studi di fabbricazione e cicli di lavorazione;
3) programmazione ed esecuzione di lavorazioni con macchine a c.n.

Modalità di 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 di raccomanda:

G. Spur, T. Stoeferle: *Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche,* Voi. 3 e 4 Asportazione del Truciolo. Tecniche nuove 1980.
S.M.E.: *Tool and Manufacturing Engineers Handbook.* 3a ediz., McGraw-Hill 1976.

Si consiglia inoltre di consultare, in relazione alle varie parti del programma dell'insegnamento:

1) F.A. Isnardi: *Utensili da tornio.* Etas-Kompass 1967.
G.F. Micheletti: *Tecnologia meccanica.* Voi. I, Il taglio dei metalli. 2a ediz., UTET 1977.
R. Weill: *Techniques d'usinage.* Dunod 1971.
E. J.A. Armarego, R.H. Brown: *The machining of metals.* Prentice-Hall 1968.
W. Koening: *Fertigungsverfahren.* Voi. 1 e 2. VDI-Verlag 1981 e 1980.
D. H. Bruins, H.J. Draeger: *Utensili e macchine utensili ad asportazione di truciolo.* Voi. 1, Utensili. Tecniche nuove 1981.
2) M. Galbarini: *Dispense dell'insegnamento di Progetto delle macchine utensili.*
G.F. Micheletti: *Tecnologia meccanica.* Voi. II, Le macchine utensili. 2a ediz., UTET 1979.
N. Acherkan: *Machine Tool design.* 4 Voi. Mir, Moscow 1968.
F. Koenigsberger: *Design principles of metal-cutting Machine Tools.* Pergamon-Press 1964.
M. Weck: *Werkzeugmaschinen.* 4 Voi. VDI-Verlag 1979.
3) A. Andrisano, W. Grilli: *Esercitazioni di macchine utensili.* Pitagora, Bologna 1981.
J. Karr: *Gammes d'usinage et analyses de phases. Etude de fabbrication mecanique.* Dunod 1970.
J. Karr: *Methodes et analyses de fabrication mecanique.* Dunod 1979.
A. Langfelder: *La produttività in officina.* Hoepli 1970.
4) 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.
5) R. Shah: *Lavorazioni a C.N.* Tecniche nuove 1981.
M. Flego: *L'impiego del controllo numerico nella produzione meccanica.* F. Angeli 1975.
F. Ottone: *Il controllo numerico delle macchine utensili.* Etas-Kompass 1971.
P. Bezier: *Emploi des machines a commande numerique.* Masson 1970.
R.S. Pressman, J.E. Williams: *Numerical Control and Computer Aided Manufacturing.* Wiley 1977.
M.P. Groover: *Automation, Production Systems and Computer Aided Manufacturing.* Prentice-Hall 1980.

Programma dell'insegnamento di
DINAMICA DELLE COSTRUZIONI **AN0015**
Prof. Alfredo CASTIGLIONI

Programma di 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.

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.

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 Behavoiur 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: *Analitica! Methods in Vibrations,* The Macmillan Company.

Programma dell'insegnamento di

DINAMICA DELLE MACCHINE E DEGLI IMPIANTI ELETTRICI AH0017

Prof. Gabrio SUPERTI FURGA

Programma di esame

1) Generalità: richiami di algebra delle matrici; misura di auto e mutue induttanze; principio di separazione; impostazione delle equazioni elettromeccaniche di una macchina elementare; schema generale di macchine elettrica monofase; matrici di trasformazione; valori relativi.

2) **Macchina asincrona:** formulazione del modello matematico nel caso di rotore avvolto; identificazione del modello; macchine a gabbia semplice, doppia o profonda: modello matematico ed identificazione; modello semplicato a tre equazioni. Linearizzazione delle equazioni. Gruppi di macchine asincrone. Servomotore bifase. Particolarità di funzionamento nel caso di alimentazione deformata.

3) **Macchine sincrone:** formulazione del modello matematico completo; identificazione del modello; semplificazione delle equazioni per lo studio dei primi periodi di un transitorio. Modelli matematici semplificati a cinque, tre e due equazioni. Analisi della stabilità transitoria. Linearizzazione delle equazioni. Analisi della stabilità statica. Funzionamento asincrono. Sincronizzazione.

4) **Macchine a c.c.:** formulazione del modello matematico in presenza di avvolgimento compensatore; identificazione del modello. Smorzamento delle pemdolazioni; problemi legati alle variazioni di tensione ai morsetti; problemi di regolazione nei sistemi comprendenti macchine a c.c. Caratteristiche costruttive e di funzionamento delle macchine alimentate con tensioni deformate.

5) **Sistemi elettrici di potenza:** equazioni dei componenti di un sistema elettrico: linee di trasmissione, trasformatori, macchine sincrone e asincrone. Modello matematico di una rete elettrica di potenza. Funzionamento a regime di una rete elettrica di potenza.

6) **Reti equivalenti di trasformatori:** regole per la determinazione delle reti equivalenti, tracciamento della rete magnetica, determinazione della rete elettrica equivalente.

Esercitazioni

Sono del tipo numerico-grafico e prevedono l'uso dei calcolatori disponibili nel Dipartimento. I principali argomenti trattati sono: - macchine asincrona: rallentamento, trasferimento dell'alimentazione, cto cto ai morsetti; coppia transitoria di avviamento; piccole perturbazioni;

- macchina sincrona: cto cto ai morsetti, errato parallelo, stabilità transitoria; stabilità statica;
- macchina c.c: cto cto ai morsetti; transitori conseguenti a variazione di tensione o coppia nei motori a c.c..

Modalità di esame

Per essere ammessi all'esame gli allievi dovranno aver frequentato le esercitazioni, presentando almeno due settimane prima dell'esame, le relative relazioni redatte correttamente. L'ammissione all'esame, per gli allievi che non siano in regola con le suddette disposizioni, è subordinata al superamento di una prova scritta, che verte sugli argomenti oggetto delle esercitazioni.

Libri consigliati

Dispense del corso stampate a cura del Dipartimento di Elettrotecnica.

P. Barret: *Electrotechnique generale - règime transitoires des machines tournantes*, Ed. 1974, Ecole Superieure d'Electricitè - Testo n. 2372.

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.

Programma dell'insegnamento di

DINAMICA E VIBRAZIONI DELLE MACCHINE AR0032

Prof. Giorgio DIANA

Programma di esame

Classificazione dei sistemi vibranti:

- sistemi conservativi, sistemi dissipativi; stabilità del moto perturbato nelPintorno 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 nelPintorno 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 nelPintorno della posizione di quiete, simmetria della matrice di massa, rigidezza 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 struttuale 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 nelPintorno 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).

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.

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), rigidezze 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 rigidezza 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 rigidezze 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: *Appunti di dinamica e vibrazione delle macchine*, (n 6 fascicoli), Spiegel.
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.*

Programma dell'insegnamento di

DIRITTO AMMINISTRATIVO DEL TERRITORIO AJ0004

Prof. Roberto BUSI

Programma di 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 di 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 Bilbioteca 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 voli.), GiufFrè, Milano.

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.

Programma delPinsegnamento di

DISEGNO (civile) **AJ0001**

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio)

Prof. Mario BRUNATI

Programma di 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 informatori 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. 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 e con particolare riguardo alla pianificazione, all'impiantistica inerente al territorio, e alle opere di difesa dell'ambiente.

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 di 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 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. Docci: *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. Docci, D. Maestri: *Il rilevamento architettonico. Storia metodi e disegno*, Bari 1984.

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.

Programma delPinsegnamento di

DISEGNO (civile) **AJ0001**

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Civile)

Proff. Mario BRUNATI, Adele BURATTI MAZZOTTA, Maria Antonietta CRIPPA

Programma di 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 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. 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 di 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. Docci, *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. Docci, D. Maestri, *Il rilevamento architettonico. Storia metodi e disegno*, Bari 1984.

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.

Programma dell'insegnamento di

DISEGNO DI MACCHINE AR0040

Proff. Gianfrancesco BIGGIOGGERO, Edoardo ROVIDA

Programma di esame

1 PRINCIPI GENERALI DI COMUNICAZIONE GRAFICA
- evoluzione storica
- comunicazione e dinamica percettiva
- funzione del disegno "tecnico"

2 LE TECNICHE DEL DISEGNO
- la geometria nel disegno
- le esigenze di tipo tecnico industriale e la normazione
- i tipi di linguaggio grafico, la stesura e la lettura del disegno

3 LE TECNICHE GRAFICHE INTERATTIVE
- progettazione, disegno tradizionale e CAD
- configurazione di sistemi di grafica computerizzata
- i modelli geometrici
- le tecniche di visualizzazione e di dialogo
- applicazioni ed interventi relativi a programmi grafici

4 LE FUNZIONI MECCANICHE E LE MACCHINE
- principi generali di progettazione metodica
- continuità fisica (materiali, forme, processi tecnologici)
- collegamento (elementi ed organi filettati, chiodature, saldature, incollaggi)
- trasmissione (alberi, mozzi, cuscinetti)
- trasformazione (cinghie, funi, catene, ruotismi, manovellismi)
- applicazioni dell'elaboratore nella stesura e modifica di disegni meccanici

Esercitazioni

Le esercitazioni formano parte integrante del corso; in esse vengono proposti temi relativi alle parti applicative del programma, articolate ed indirizzate verso problemi di tipo costruttivo, tecnologico, impiantistico e di automazione.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova relativa 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 - Note di progettazione metodica.* Ed. CLUP.
G.F. Biggioggero, E. Rovida: *Disegno di macchine - Esercizi programmati.* Ed. CLUP.
M. Speluzzi, M. Tessarotto: *Disegno di macchine.* Ed. Hoepli, Milano.
P.L. Torre: *Disegno di macchine.*
G.F. Biggioggero, E. Rovida: *Tolleranze lineari - Corso di Istruzione Programmata.* Ed. CLUP.

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.

Programma dell'insegnamento di

DISEGNO MECCANICO AR0044

Prof. Ambrogio GIROTTI

Programma di esame

1. **Normazione:** richiami sulle norme generali di rappresentazione e quotatura, livelli di rappresentazione, rappresentazione e quotatura di elementi particolari, numeri normali.
2. **Cenni sulle macchine a controllo numerico:** concetti di automazione, flessibilità, produttività.
3. **Approfondimenti sugli errori di lavorazione:** qualità superficiale, tolleranze dimensionali, di forma, di posizione. Aspetti statistici delle tolleranze dimensionali, principio del massimo materiale. Indicazioni sui disegni.
4. **Materiali da costruzione** (metallici, materie plastiche rinforzate e non): loro caratteristiche e classificazioni in base all'impiego ed ai trattamenti. Indicazioni sui disegni.
5. **Il disegno in relazione al processo di ottenimento dei pezzi.**
6. **Principali organi di macchina** (elementi filettati, assi ed alberi, cuscinetti, componenti dei sistemi articolati, organi di intercettazione dei fluidi, guarnizioni, giunti ed innesti): loro descrizione ed applicazione.
7. **Cenni sulla grafica assistita dal calcolatore:** la teoria degli splines, la gestione delle meshes, la generazione automatizzata dei profili.

Esercitazioni

Le esercitazioni costituiscono parte integrante del corso.
In esse si sviluppano le parti applicative del programma, con lo scopo finale di essere in grado di eseguire uno schizzo costruttivo dei singoli elementi di un semplice meccanismo, con scelta delle soluzioni costruttive e dei materiali, di volta in volta più rispondenti alle esigenze, e con imposizione delle tolleranze di lavorazione.
Alla fine del corso vengono svolte presso il centro di calcolo alcune esercitazioni riguardanti l'utilizzo del software grafico per la costruzione di un disegno e la sua gestione.

Modalità di esame

L'esame si svolge in due prove: prova grafica e prova orale. Il superamento della prova grafica é vincolante per l'ammissione alla prova orale, che deve essere sostenuta entro un anno dal superamento della prova grafica.
La prova grafica é del tipo delle ultime esercitazioni in aula, mentre la parte orale riguarda tutti gli argomenti svolti a lezione.
L'esito favorevole di una prova estemporanea grafica, da tenersi verso la fine del corso, esonera dalla prova grafica di esame.

Libri consigliati

G.F. Biggioggero, E. Rovida: *Disegno di macchine* - Voi. I e II - ed. CLUP
G.F. Biggioggero, E. Rovida: *Disegno di macchine* - Esercizi programmati - Ed. CLUP

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.

Programma dell'insegnamento di

DISEGNO II AJ0002

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Civile e Civile per la Difesa del suolo)

ProfF. Costantino CORSINI

"La *rappresentazione grafica quale mezzo d'espressione e comunicazione nella tecnica e tecnologia edilizia".*

Programma di esame

1) L'unificazione e normazione del disegno tecnico dell'edilizia.
2) Raffigurazione degli oggetti edilizi: casistica e contenuti degli elaborati di progetto.
3) I metodi di rilievo edilizio e ambientale e la sua restituzione grafica.
4) Rappresentazione degli elementi costruttivi e tecnologia dell'edilizia.
5) Gli elaborati grafici di sistema e di assemblaggio nella prefabbricazione.
6) Il "rendering" e le applicazioni particolarmente espressive del disegno ambientato nella pratica professionale.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno in applicazioni grafiche su modelli strettamente correlati al programma. Durante il corso verranno effettuate alcune prove estemporanee che costituiranno elemento fondamentale per la valutazione finale.
Per gli studenti del corso di laurea in Ingegneria civile per la difesa del suolo e pianificazione territoriale verranno sviluppate esercitazioni particolari.

Modalità di esame

Il voto dell'esame verrà assegnato tenendo conto dell'esito delle prove svolte durante l'anno e della concretezza degli elaborati grafici di esercitazione effettuate dall'Allievo. (Questi da consegnarsi entro la data finale delle esercitazioni).
Una prova grafica d'esame sarà d'obbligo per gli allievi che non avranno fornito elementi positivi di valutazione del rendimento annuale; essi dovranno comunque prendere contatto coi docenti precedentemente alla data d'esame per precisare la propria posizione ed averne opportune indicazioni.
La prova grafica sarà invece facoltativa per coloro che desiderassero incrementare il voto conclusivo del corso mediante un ulteriore elemento di valutazione.

Libri consigliati

Manuale dell'Ingegnere; *Manuale dell'Architetto,, Norme per il disegno tecnico,* Edizioni U.N.I.-N1-Vol.III, Milano
Durante lo svolgimento del corso verranno fornite bibliografie specifiche per particolari argomenti.
Verranno altresì poste in distribuzione dispense di sintesi degli argomenti trattati.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE AR0100

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale)

Proff. Gabriele DI CAPRIO, Claudio LUINI.

Programma di 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 Geoemtria 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, la 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, normogrammi, istogrammi, diagrammi.

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.

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 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 di 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* - (estratti) G.F. Biggioggero, E. Rovida: *Disegno di Macchine* - (estratti) Ed. CLUP 1985, Milano.

G.F. Biggioggero, F. Giannatasio: *Esercizi di Disegno Industriale,* parte prima e parte seconda, Ed. CLUP 1988, Milano.

UNI MI: *Norme per il disegno tecnico,* Voi. I - *Norme generali,* Voi. 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,* Voi. I - *Elementi di Disegno Meccanico,* Voi. 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. Encamacao, 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, Massachussetts.

J.M. Apple: *Plani Layout and Material Handling,* John Wiley, 1977, New York.

Programma dell'insegnamento di

DISPOSITIVI ELETTRONICI AG0098

Prof. Antonio LONGONI

Programma di esame

1. **Fisica dei semiconduttori.** Richiami dei fondamenti di meccanica quantistica. Reticoli cristallini, struttura a bande, dinamica dell'elettrone, statistiche quantistiche, fononi. Materiali semiconduttori (Si, Ge, composti III-V, superreticoli). Fenomeni di generazione e ricombinazione, emissione ed assorbimento ottico. Fenomeni di trasporto. Ingegneria delle bande.
2. **Tecnologia dei dispositivi a semiconduttore.** Processi planari col silicio. Crescita del cristallo e preparazione del wafers. Tecniche di crescita epitassiale. Teniche litografiche. Ossidazione, deposizione e diffusione dei droganti. Interconnessioni. Impiantazione ionica. Problemi e prospettive della VLSI. Tecnologie con materiali III-V.
3. **Giunzioni ed eterogiunzioni. Giunzione P.-N.** Richiamo dei fondamenti. 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. **Et erogiunzioni.** Fondamenti. Proprietà elettroniche ed ottiche. Applicazioni. **Giunzioni metallo-semiconduttore.** Contatti rettificanti ed ohmici. Stati superfici ali. Applicazini in circuiti integrati e componenti discreti.
4. **Transistore bipolare.** Richiami dei fondamenti. Condizioni di alta iniezione. Comportamento alle alte frequenze e in commutazione. Breakdown. Transistori NPN e PNP per circuiti integrati. Transistori per microonde.
5. **Transistori JFET** e **MESFET, HEMFET.** Principi di funzionamento, caratteristiche elettriche. Dispositivi integrati. Comportamento e limiti alle alte frequenze. Confronti coi transistori bipolari.
6. **Giunzioni Metallo-Ossido-Semiconduttore.** Strutture MOS in equilibrio e sotto tensione. Comportamento in transitorio. 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 di posizione di interazione della radiazione. Dispositivi ad accoppiamento di carica (CCD), rivelatori a deriva (SDC).
10. **Modelling dei dispositivi.** Analisi di strutture fisiche dei dispositivi ed approccio analitico e numerico al modelling.

Libri consigliati

R. S. Muller, T.I. Kamins: *Device electronics for integrated circuits.* 2nd Edition. Wiley.
Per ulteriori consultazioni:
S. M. Sze: *Physics of semiconductoir 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. Me Kelvey: *Solid state and semiconductor physics.* R.E. Krieger Publishing Co.
F. Capasso, G. Margaritondo: *Heterojunction band discontinuities, physics and device applications.* N or th-Holland.
P.R. Gray, R.G. Meyer: *Analog integrated circuits.* 2nd Edition. Wiley.

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.

Programma delPinsegnamento di

DISPOSITIVI NUMERICI PER L'ELABORAZIONE DEI SEGNALI AG0073

Prof. Fabio ROCCA

Programma di esame

1. Segnali e sistemi discreti. Stabilità. Causalità. Tempo invarianza.
2. Il campionamento. Disturbi da equivocazione (aliasing) e prefiltraggi.
3. La ricostruzione di un segnale continuo da una sequenza regolare di campioni. Interpolatori lineari, parabolici, cubici. La linea elastica. Il filtro ideale. Polinomi di Lagrange. Interpolazione da una sequenza irregolare di campioni.
4. La trasformazione di Fourier discreta. Campionamento nei tempi e nelle frequenze. Asse dei tempi circolare. Filtraggio di frequenze lunghe: tecniche di overlap-save overlap-add.
5. Trasformate veloci. Prodotti di Kronecker e matrici di Good. 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, Hanning etc. Sintesi con il metodo di 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. Sensitività alla quantizzazione dei coefficienti.
12. Quantizzazione dei segnali. Calcolo dello spettro del disturbo.
13. Filtri ad onda numerica. Assenza di cicli limite.
14. Strutture riverberanti. Filtri a reticolo recursivi.
15. Analisi spettrale. Tecniche non parametriche. Periodogramma. Tecniche parametriche a media mobile.
16. Stima spettrale autoregressiva. Predizione lineare. Equazioni di Yule Walker. Filtri a reticolo non recursivi.
17. Sistemi adattivi. La tecnica di Widrow. Filtri a reticolo adattativi. Cancellatori d'eco.
18. Il segnale vocale. Formanti e tratto vocale. Codifica a riduzione di ridondanza. Vocoder. Modulazione delta. Modulazione differenziale a codice adattativo. Tecniche predittive. Uso di microcalcolatori speciali.
19. Sistemi bidimensionali. Singolarità. Invarianza spaziale.
20. Trasformata di Fourier a 2D. Trasformata di Hankel.
21. Esempi di filtri bidimensionali derivanti dall'integrazione di equazioni alle derivate parziali della fisica. Le equazioni del calore, dell'elettrostatica, della propagazione di onde.
22. Filtri ideali 2D. Filtri a ventaglio.
23. Conversioni con portanti spaziali. Il segnale televisivo a colori.
24. Tomografia assistita dal calcolatore.
25. Il campionamento a 2D. Aliasing spaziale ed interpolazione. Tracciamento di curve di livello di superfici note su un reticolo irregolare.
26. Trasformata z a due dimensioni. Filtri recursivi bidimensionali.
27. Analisi di sequenze di immagini. La codifica del segnale televisivo. Misura del moto di oggetti. Cenni all'interpretazione delle scene.

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 di esame

L'esame consta di una prova orale.

Libri consigliati

M. Tedeschi, *Elaborazione dei segnali: dispositivi numerici*, CLUP 1984 (dispense del corso).
M. Kunt: *Traitement Numèrique des signaux*, Georgi, Losanna, 1980.
A. Oppenheim, R.W. Schafer, *Elaborazione Numerica dei Segnali*, 1981, Franco Angeli.
Appunti del corso.

Programma dell'insegnamento di

ECOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (Sez. A) AG0075

Prof. Marino GATTO

Programma di 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 Lotica-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.

Libri per consultazione

C.J. Krebs: *Ecology*, Harper &: Row, 1972.
R.H. MacArthur: *Geographical Ecology*, Harper &; Row, 1972.
E. Pielou: *Mathematica! Ecology*, J. Wiley, 1977.
E.P. Odum: *Principi di Ecologia*, Piccin Editore, Padova, 1973.

Le precedenze d'esame sono affisse alPAlbo 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

ECOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA (Sez. B) AW0008

Prof. Renato VIS MARA

Programma di 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 condizionananti 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 stuttura. Dinamica delle popolazioni. Natalità. Mortalità o distribuzione di età. Principio di Alleé.

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. Indicatori e indici.

5. Inquinamento e protezione ambientale

Aria: Criteri e indici di qualità. Effetti deH'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 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. Esempi di alcune metodologie. Obiettivi e contenuti minimi di SIA. Identificazione degli impatti. La scala di importanza degli impatti attraverso gli indicatori e indici.

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.

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.

Es e rcitazi oni

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. 1988.
Dispense e materiale bibliografico distribuito durante il corso.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA **AQ0001**

(per allievi elettronici, elettrotecnici, e della difesa del suolo)

Prof. Emilio BARTEZZAGHI

Programma di esame

1. Stilizzazione del sistema economico e contabilità nazionale
- tavola delle transazioni
- cenni di contabilità nazionale
- interdipendenze industriali

2. Aspetti microeconomici delPattività di produzione e scambio
- teoria della domanda
- teoria della produzione
- forme di mercato e teoria dell'impresa

3. Elementi di teoria dell'Equilibrio Economico Generale e di Economia del Benessere
- efficienza Paretiana
- effetti esterni nel consumo e nella produzione
- imposte e sussidi
- funzioni di benessere sociali

4. Problemi di Economia Ambientale
- caratteri generali delle risorse naturali
- analisi costi benefici
- metodi di supporto alle decisioni
- valutazione di Impatto Ambientale

5. Aspetti macroeconomici dell'attività di produzione
- teoria keynesiana della domanda effettiva
- domanda aggregata ed equilibrio macroeconomico
- mercato monetario ed equilibrio macroeconomico
- politiche di stabilizzazione.

Libri consigliati

Per la bibliografia gli studenti sono pregati di rivolgersi al titolare dell'insegnamento.

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.

Programma delPinsegnamento di

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA AQ0001

(per allievi gestionali/delle tecnologie industriali)

Prof. Sergio MARIOTTI

Programma di esame

1. **Richiami di microeconomia:** teoria della produzione, funzioni di produzione e di costo.
2. **Efficacia e produttività:** nozioni e problemi generali di misura.
3. **La misura della produttività:** indicatori parziali e globali a livello di impianto, aziendale, settoriale e macroeconomico.
4. **Principali determinanti della produttività a livello di impianto:** tecnologie, apprendimento, confusione, relazioni industriali.
5. **Produttività e innovatività a livello d'impresa:** pressione competitiva, crescita del mercato, x-efficiency, R&S.
6. **Produttività e progresso tecnico a livello settoriale ed aggregato:** il modello di Salter; cenni sull'esperienza italiana.
7. **Produttività e redditività:** misura e analisi da dati di bilancio.
8. **Produttività e retribuzioni:** gainsharing, profit sharing e altri metodi di incentivazione collettiva.
9. **Produttività, competitività ed esportazioni:** modelli di analisi e cenni sulla esperienza italiana.

Libri consigliati

Fotocopie e dispense disponibili presso il docente.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ECONOMIA DEI SISTEMI INDUSTRIALE AQ0101

Prof. Francesco BRIOSCHI

Programma di esame

1. **L'impresa e i suoi obiettivi** - appunti tratti dalle lezioni
2. **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 (pag. 1-18).

3. **I settori industriali e la matrice impresa mercati** - appunti tratti dalle lezioni

M. Porter: *Competitive Strategy,* The Free Press, 1980, cap. 8.

4. La concorrenza nel pensiero economico

M. Grillo, F. Silva: *Concorrenza,* cap. 3, tratto da *Impresa Concorrenza e Organizzazione Industriale,* La Nuova Italia Scientifica, 1989.

5. **L'oligopolio** - appunti tratti dalle lezioni

6. La concorrenza estesa

M. Porter: *Competitive Strategy,* The Free Press, 1980, cap.1,2,7.

D. Needham: *The economics of industriai structure conduct and performance,* Holt Rinehart and Winston, 1978, pp. 159-164.

7. L'integrazione verticale

M. Porter: *Competitive Strategy,* The Free Press, 1980, cap. 14.

8. **La diversificazione** - appunti tratti dalle lezioni

G.C. Cainarca, S. Mariotti: */ sentieri delle diversificazioni orientate. Un'analisi empirica dei comportamenti delle grandi imprese statunitensi,* Economia e Politica Industriale

M. Capon et al.: *Corporate Di versi ty and Economie Performance: thè Impact of Market Specialization,* Strategie Management Journal, 1988.

9. **L'internazionalizzazione delle imprese** - appunti tratti dalle lezioni
10. **Gli accordi tra le imprese** - appunti tratti dalle lezioni
11. I **gruppi industriali** - appunti tratti dalle lezioni

F. Brioschi, L. Buzzacchi, M.G. Colombo: *Risk Capital Financing and thè Separation of Ownerskip from Control in Business Groups,* Journal of Banking and Finance, 13, 1989.

- a partire dall'appello di novembre gli appunti e l'articolo vengono sostituiti da

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 (per una buona comprensione dell'argomento, si consiglia la consultazione degli altri capitoli, ed in particolare dei capp. 5 e **6**).

12. **Fusioni e acquisizioni** - appunti tratti dalle lezioni
13. **Struttura industriale ricerca sviluppo e innovazione tecnologica** - appunti tratti dalle lezioni **(a)**

F. Momigliano: *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.

G. C. Cainarca, M.G. Colombo, S. Mariotti: *An evolutionary pattern of innovation diffusion. The case of flexible automation,* Research Policy, 2, 1989.

P. Stoneman: *The economie analisys of technological change,* Oxford University Press, Oxford, 1983, pp. 65-73.

14. Riflessi macroeconomici della struttura industriale

M. Salvati: *Politiche antiinflazionistiche e politiche industriali. Considerazioni tratte da alcune esperienze europee,* L'industria, 1, 1982.

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.

15. **Politica industriale** - appunti tratti dalle lezioni
- disegno di legge ”Norme e tutela della concorrenza di mercato”.

Modalità di esame

L’esame consta di una prova orale.

Libri consigliati

M. Grillo, F. Silva: *Impresa Concorrenza e Organizzazione Industriale*, La Nuova Italia Scientifica, 1989.

Programma dell'insegnamento di

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE Sez. A AQ0002

Prof. Piero MIGLI ARESE CAPUTI

Programma di esame

1. Impresa e ambiente

Le variabili ambientali (tecnologiche, istituzionali, economiche, sociali).
Impresa e ambiente: dimensioni economiche dello scambio.
L'organizzazione come rete di transazioni con l'ambiente e al suo interno: dimensioni organizzative dello scambio.
Gli elementi principali della strategia competitiva.

1. Economia Aziendale

2. Impresa e Tecnologia

Teoria della produzione. La funzione di produzione e la combinazione dei fattori produttivi. Il ruolo dell'innovazione e del progresso tecnico.

3. Costi dell'impresa e Amministrazione

Costi di produzione e loro classificazione. Il breve periodo e il lungo periodo. I costi di transazione. Il budget. Sua formulazione e controllo. Rilevanza e implicazioni organizzative. Contabilità per commessa e per processo. Sistemi di contabilità.

4. Il bilancio di esercizio

Una sintesi delle risorse economiche impiegate e delle attività. La riclassificazione e gli indici di Bilancio. Il loro uso in prospettiva manageriale ed ai fini di riorganizzazione.

5. Lo scambio economico e i mercati

La domanda (cenni) e le forme di mercato: mercato concorrenziale, forme oligolistiche e strutture intermedie (accordi di cooperazione, licenze, joint ventures), il monopolio. Forme di mercato e strutture gerarchiche.

II. Organizzazione Aziendale

Le categorie di variabili organizzative:

6. Struttura organizzativa

Le funzioni aziendali, le loro interdipendenze. Il problema della loro ripartizione/aggregazione. Le forme canoniche: funzionali e divisionali. Le forme modificate: strutture per progetti e a matrice. Le forme intermedie tra gerarchia e mercato. Casi settoriali (produzione di software, microelettronica). Microstruttura: l'analisi e la ripartizione delle attività e dei compiti. Il caso di alcuni sottosistemi aziendali e degli uffici. Cenni di organizzazione del lavoro.

7. I meccanismi dinamici dell'organizzazione.

Il processo e i sistemi di programmazione e controllo. I processi decisionali e le transazioni. I sistemi di supporto (DSS). I processi di comunicazione e l'analisi organizzativa dei requisiti informativi. I processi e le tecniche di coordinamento (procedure, programmi, mutuo aggiustamento).

8. Modelli di analisi e di progettazione dei sistemi organizzativi.

Modelli deterministici e funzionali. Modello sistemico e variabili critiche. Modello sociotecnico. La prospettiva evolutiva e transazionale. Tecniche relative e applicazioni a funzioni aziendali.

9. Tecnologia e Organizzazione

Le tecnologie di organizzazione (i sistemi informativi automatizzati, l'informatica per l'ufficio, nuove tecnologie in produzione) e il legame con le variabili organizzative. L'analisi delle variabili organizzative come parte integrante della progettazione. La progettazione congiunta.

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.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono parte integrante del corso e sviluppano la parte teorica e le tecniche viste a lezione anche attraverso casi specifici. Sono previste 2 ore settimanali.

Libri consigliati

A. Rugiadini: *Organizzazione d'impresa*, GiufFrè, 1979.
J. Galbraith: *Designing Complex Organizations*, Addison-Wesley 1973.
G. Zanetti: *Economia dell'impresa*, Il Mulino, 1979.
R. Anthony: *Principi di contabilità aziendale*, Etas Libri, 1976.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE Sez. C AG0004

Prof. Umberto BERTELE

Programma di esame

Parte **I: LA CONTABILITÀ 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**

II 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

Le tipologie di attività. Le principali strutture organizzative: la struttura centralizzata funzionale, la struttura decentralizzata divisionale, la struttura a matrice. I criteri di valutazione di una struttura organizzativa.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche relative agli argomenti inclusi nelle prime due parti del programma.

Libri consigliati

Anthony R.N.: *Principi di contabilità aziendale*, Etas Libri, cap. 1-9.

Azzone G.: *Economia ed organizzazione aziendale - esercizi*, CLUP, 1990.

Clarck J.J., Hindelang T.J, Pritchard R.E.: *Capital Budget*, Prentice Hall, II ed., 1984, cap. 1-8, 11-14.

Cooper R., Kaplan R.S.: *Measure costs right: Make thè right decision*, Harvard Business Review, Sett-Ott., 1988, p.96-103.

Horngren C.T., Foster G.: *Cost accounting*, Prentice-Hall, VI ed., 1987, cap. 2-7, 11.

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.

Programma dell’insegnamento di

ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE Sez. B AQ0003

Prof. Sergio MARIOTTI, Luigi PROSPERETTI

Programma di esame

1. Aspetti economico-industriali

L’impresa industriale come sistema economico e sue interazioni con l’ambiente esterno attraverso il mercato dei beni e servizi prodotti ed il mercato dei fattori produttivi. Le principali scelte economiche dell’impresa e loro dipendenza dalle forme di mercato. Analisi della concorrenza, perfetta ed imperfetta, oligopolio e monopolio.

Rapporto fra forme di mercato e diffusione del progresso tecnico. I fattori di crescita dell’impresa. Le economie di scala. La concentrazione industriale. Il ruolo delle piccole imprese nei sistemi industriali avanzati. Le imprese multinazionali: teorie interpretative.

L’evoluzione delle teorie dell’impresa: le teorie manageriali, la teoria compartamentistica.

2. Aspetti organizzativi

L’impresa industriale come sistema organizzativo. Suddivisione del lavoro, gerarchia, coordinamento. Le modalità organizzative di coordinamento. Criteri di progettazione statica delle organizzazioni: forme canoniche di organizzazione. L’impresa come sistema di pianificazione e controllo.

Relazioni fra strategie e strutture organizzative.

Deviazioni rispetto ai modelli formali di organizzazione: ruolo degli individui e dei gruppi. Le teorie compartamentistiche dell’organizzazione. Rapporti fra organizzazioni ed ambiente esterno: l’organizzazione come sistema aperto.

L’organizzazione come sistema socio-tecnico.

3. Aspetti gestionali

L’approccio scientifico ai problemi gestionali: metodi quantitativi.

Cenni ad alcuni problemi gestionali (scelta degli investimenti, gestione delle scorte, ecc.)

Esercitazioni

Sono previste 2 ore settimanali.

Libri consigliati

Dispense CLUP, che forniscono inoltre una ampia bibliografia sugli argomenti trattati.

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.

Horngren C.T., Sundem G.L.: *Introduction to financial accounting*, Prentice Hall, III ed., 1987, cap. 14.
Mintzberg H.: *The Structuring of Organizations*, in Queen.
Mintzberg e James: *The strategy process*, Prentice Hall, 1988.
Porter M.R.: *La strategia competitiva*, Ed. della Tipografia Compositori, 1982 (ed.originale: *Competitive Strategy*, The Free Press, 1980), cap. 1-2, 7.
Porter M.R.: *Il vantaggio competitivo*, Ed. Comunità, 1985 (ed. originale: *Competitive Advantage*, The Free Press, 1985), cap. 2-4.

Programma delPinsegnamento di

ECONOMIA INDUSTRIALE AQ0005

Prof. Francesco BRIOSCHI

Programma di esame

1. **L'impresa e i suoi obiettivi** - appunti tratti dalle lezioni
2. **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 (pag. 1-18).

3. **I settori industriali e la matrice impresa mercati** - appunti tratti dalle lezioni

M. Porter: *Competitive Strategy,* The Free Press, 1980, cap. 8.

4. **La concorrenza nel pensiero economico**

M. Grillo, F. Silva: *Concorrenza,* cap. 3, tratto da *Impresa Concorrenza e Organizzazione Industriale,* La Nuova Italia Scientifica, 1989.

5. **L'oligopolio** - appunti tratti dalle lezioni
6. **La concorrenza estesa**

M. Porter: *Competitive Strategy,* The Free Press, 1980, cap.1,2,7.

D. Needham: *The economics of industriai structure conduct and performance,* Holt Rinehart and Winston, 1978, pp. 159-164.

7. **L'integrazione verticale**

M. Porter: *Competitive Strategy,* The Free Press, 1980, cap. 14.

8. **La diversificazione** - appunti tratti dalle lezioni

G.C. Cainarca, S. Mariotti: / *sentieri delle diversificazioni orientate. Un'analisi empirica dei comportamenti delle grandi imprese statunitensi,* Economia e Politica Industriale

M. Capon et al.: *Corporate Diversity and Economie Performance: thè Impact of Market Specialization,* Strategie Management Journal, 1988.

9. **L'internazionalizzazione delle imprese** - appunti tratti dalle lezioni
10. **Gli accordi tra le imprese** - appunti tratti dalle lezioni
11. **I gruppi industriali** - appunti tratti dalle lezioni

F. Brioschi, L. Buzzacchi, M.G. Colombo: *Risk Capital Financing and thè Separation of Ownerskip from Control in Business Groups,* Journal of Banking and Finance, 13, 1989.

- a partire dall'appello di novembre gli appunti e l'articolo vengono sostituiti da

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 (per una buona comprensione dell'argomento, si consiglia la consultazione degli altri capitoli, ed in particolare dei capp. 5 e **6**)-

12. **Fusioni e acquisizioni** - appunti tratti dalle lezioni
13. **Struttura industriale ricerca sviluppo e innovazione tecnologica** - appunti tratti dalle lezioni (a)

F. Momigliano: *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.

G. C. Cainarca, M.G. Colombo, S. Mariotti: *An evolutionary pattern of innovation diffusion. The case of flexible automation,* Research Policy, 2, 1989.

P. Stoneman: *The economie analisys of technological change,* Oxford University Press, Oxford, 1983, pp. 65-73.

14. **Riflessi macroeconomici della struttura industriale**

M. Salvati: *Politiche antiinflazionistiche e politiche industriali. Considerazioni tratte da alcune esperienze europee,* L'industria, 1, 1982.

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.

5. **Politica industriale** - appunti tratti dalle lezioni
disegno di legge ”Norme e tutela della concorrenza di mercato”.

dodalità di esame

’esame consta di una prova orale.

ibri consigliati

[. Grillo, F. Silva: *Impresa Concorrenza e Organizzazione Industriale*, La Nuova Italia Scientifica,)89.

Programma delPinsegnamento di

ELABORAZIONE DEI DATI BIOLOGICI AA0003

Prof. Antonio PEDOTTI

Programma di esame

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

Richiami sulla struttura della cellula. Crescita e divisione cellulare. Ciclo cellulare. Metodi sperimentali per lo studio del ciclo cellulare. Modelli matematici: modelli a compartimento di età, modelli continui; modelli a probabilità di transizione.

- **Elaborazione dei dati citofluorimetrici.**

La citometria a flusso. Descrizione delle misure. Dati univariati, bivariati, multivariati. Confronto non-parametrico. Analisi parametrica: procedure di best-fit.

- **Farmacocinetica.**

Concetti generali. Descrizione dei dati di interesse: concentrazioni del farmaco. Algoritmi per il fitting dei dati con curve pluriesponenziali. Modelli compartimentali: modelli mono e pluricompartimentali. Identificabilità "a priori" e identificabilità "a posteriori". Criteri per la scelta del modello ottimo. Schemi di campionamento ottimo.

- **Segnali biologici.** Illustrazione dei metodi di elaborazione di tipo tradizionale mediante l'impiego del segnale elettromiografico (EMG)
- **Dal segnale biologico alla serie temporale.** Metodi di classificazione diagnostica non tradizionali.
- **Applicazione dei metodi di identificazione parametrica.** Applicazione dell'analisi spettrale a massima entropia. Confronto con le tecniche tradizionali.
- **Il problema della compressione dei dati.**
- **Il problema della valutazione dei dati:** impiego di modelli di simulazione.
- **Analisi multivariata di dati clinici.** Impiego di modelli lineari generalizzati. Considerazioni sull'interpretazione del modello statistico. Tecniche di classificazione e rappresentazione grafica di dati multivariati.

Esercitazioni

Le esercitazioni di laboratorio hanno lo scopo di addestrare lo studente all'uso di programmi specifici per l'elaborazione dei dati.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova pratica di elaborazione di dati su uno dei sistemi di calcolo del Dipartimento di Elettronica e nella discussione di un lavoro redazionale svolto dall'allievo su un argomento del programma di sua scelta.

Libri consigliati

Maranzana Figini M.: *Elaborazione di dati biologici*, Ed. CLUP, 1986.
Childers D.G.: *Modero Spectrum Analysis*, IEEE Press, 1978.
Box G.E.P. and Jenkins M.: *Time Series analysis: Forecasting and Control*, Holden day Ine. 1976.
Lepschy A. Ed. *Applicazioni di modellistica in ecologia e biologia*, CLUP, 1980.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ELEMENTI DI AUTOMATICA AG0202

Prof. Paolo BOLZERN

Programma di 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, paradello e retroazione.

Risposte canoniche di sistemi del primo e secondo ordine nel dominio del tempo. Costanti di tempo. Pulsazioni naturali e coefficienti di smorzamento.

Risposta in frequenza Diagrammi polari. Diagrammi cartesiani (di Bode).

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,

i. **CONTROLLO DIGITALE (cenni)**

Sistemi a segnali campionati. Campionatori e mantenitori. Criteri di progetto di controllori digitali nediante il punto di vista "digitale" e il punto di vista "analogico". Metodo di Ragazzini.

I. TECNICHE AVANZATE DI CONTROLLO (cenni)

Controllo multivariabile. Cenni di teoria "moderna" del controllo.

---

e precedenze d'esame sono affisse all'Albo della Presidenza della Facoltà.

I rispetto delle precedenze d'esame costituisce condizione vincolante per la regolarità dell'esame: mancato rispetto delle precedenze comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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,* voi. 1 e 2, CLUP.
P. Bolzern, N. Schiavoni: *Elementi di automatica - Esercizi,* 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,* voi. 1 e 2, CLUP.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ELEMENTI DI INFORMATICA AG0081

(per allievi aeronautici, della difesa del suolo, delle tecnologie industriali

ProfF. Giovanni GUIDA, Paolo PAOLINI, Stefano CERI

Programma di esame

A. **Struttura e funzionamento di un sistema per l'elaborazione delle informazioni**

- il concetto di calcolatore: problemi, algoritmi ed esecutori; suddivisione dei compiti tra uomo e calcolatore
- struttura fisica e principi di funzionamento di un calcolatore elementare: architettura (a due livelli di dettaglio: macchina a registri, sistema di elaborazione), moduli funzionali (unità centrale, memoria, canali, memoria di massa, unità periferiche di ingresso/uscita)
- rappresentazione dell'informazione: sistemi di numerazione e codici
- i linguaggi di programmazione: linguaggio macchina, assemblatore, macroassemblatore, linguaggi ad alto livello; traduttori (interpreti e compilatori)
- il sistema operativo e la gestione delle risorse e dei lavori: moduli e funzioni principali; multiprogrammazione; memoria virtuale; modalità di elaborazione (a lotti, interattiva, in tempo reale, sistemi dedicati, sistemi ad accesso multiplo, sistemi distribuiti, ecc.)
- altri sistemi di base: editori, collegatori, caricatori, ecc.

B. Programmazione

- un linguaggio per descrivere e progettare algoritmi: gli schemi a blocchi strutturati
- elementi di un linguaggio di programmazione ad alto livello (Pascal): strutture di dati, figure di controllo, moduli
- elementi del linguaggio FORTRAN
- le caratteristiche di qualità dei programmi: correttezza, affidabilità, leggibilità, modificabilità, efficienza
- tecniche di programmazione: programmazione per astrazioni (progettazione modulare e programmazione strutturata discendente), documentazione, messa a punto, verifica della correttezza, manutenzione
- risoluzione di problemi numerici e simbolici ed attività sperimentale

C. **Monografie**

- cenni storici sullo sviluppo dei sistemi di calcolo e delle loro applicazioni
- il mondo dell'informatica e le figure professionali
- tecniche di organizzazione degli archivi e basi di dati
- sistemi distribuiti e reti di calcolatori
- microcalcolatori e minicalcolatori
- grafica
- i sistemi informativi aziendali e l'automazione dell'ufficio
- **controllo di processi, automazione industriale e robotica**
- i sistemi esperti

Esercitazioni

Verranno tenute esercitazioni dedicate all'approfondimento ed all'ampliamento di argomenti svolti nel corso. E prevista una notevole attività sperimentale con il calcolatore.

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 di esame

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

Libri consigliati

W. Findlay, D.A. Watt - *Introduzione al Pascal,* ETAS Libri, Milano, 1983.
P. Grogono - *Programmare in Pascal,* F. Muzio, Padova, 1983.
K. Jensen, N. Wirth - *Pascal User Manual and Report,* Springer-Verlag, Heidelberg, 1978.
N. Wirth - *Principi di Programmazione Strutturata,* ISEDI, Milano, 1977.
A. Celentano - *FORTRAN 77,* CLUP, Milano, 1983.
Altri testi e materiali didattici verranno consigliati durante il corso.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ELEMENTI DI INFORMATICA AG0081

(per allievi meccanici)

Prof. Giuseppina GINI

Presentazione del corso:

Il corso è articolato attorno a tre temi principali:

- nozioni di base sul calcolatore, il suo funzionamento e la sua architettura;

- metodologia che consenta di esprimere il problema da risolvere in un opportuno linguaggio eseguibile dal calcolatore;

- risolvere problemi in un linguaggio di programmazione adatto a parecchi dei problemi dell'ingegneria meccanica ed acquisire le tecniche di programmazione necessarie in questo linguaggio.

Programma di esame

A. **SISTEMI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE**

Struttura fisica e principi di funzionamento di un calcolatore.
Rappresentazione dell'informazione nel calcolatore.
I sistemi software e le loro caratteristiche
I linguaggi di programmazione.

B. **GLI ALGORITMI**

Concetti base della programmazione.
Funzioni e procedure.
Dati e tipi di dati.
Oggetti.
Sviluppo di un programma.
Questa parte del corso è basata sul linguaggio SCHEME.

C. **SOLUZIONE DI PROBLEMI NEL LINGUAGGIO FORTRAN 77**

Concetti base e struttura di un programma FORTRAN.
Costanti, variabili, istruzioni.
Sottoprogrammi e gestione della memoria.
Uso di files.
Librerie.
Sviluppo di programmi in FORTRAN 77.

D. **MONOGRAFIE**

I sistemi operativi DOS e VMS.
Archivi e basi di dati. Uso di db-III.
Calcolo numerico.
Informatica industriale.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta (che potrà essere sostenuta mediante compitini durante l'anno) ed in un progetto da realizzare su calcolatore, possibilmente in uno dei linguaggi insegnati durante il corso.

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.

Libri consigliati

Abelson H., Sussman G.J.: *Structure and intcrpretation of computer programs*, MIT press, 1985 (ne saranno tratte dispense in italiano).
Maiocchi M., *Teoria e Applicazione delle Macchine Calcolatrici*, CE A, Milano
Un testo di *FORTRAN 77*, a scelta.
Manuali *FORTRAN, SCHEME, db-lll, DOS, VMS*, secondo il progetto scelto.

Programma dell'insegnamento di

ELEMENTI DI MACCHINE CON DISEGNO (Meccanica dei Robot) AR0045

Prof. Alberto ROVETTA

Programma di esame

Il corso tratta degli elementi costitutivi delle macchine visti nelle loro caratteristiche meccaniche.
Attraverso la modellazione dei singoli elementi e dei sistemi da loro formati, il corso studia problemi fondamentali comuni a tutte le macchine che contengono organi in movimento.
Particolare rilievo viene dato alla soluzione dei problemi con l'uso del calcolatore e alla rappresentazione grafica degli elementi di macchine per mezzo del calcolatore.

1. Sistemi di elementi di macchine

1.1. Modellazione degli elementi di macchine e dei sistemi meccanici.
Esempi applicativi.
1.2. Sistemi meccanici a più gradi di libertà.
Catene cinematiche chiuse ed aperte, costituite da elementi rigidi.
Problemi cinematici e dinamici diretti e inversi.
Catene cinematiche e sistemi con elementi deformabili.
1.3. Analisi di sistemi meccanici con anello di retroazione; applicazioni.
Elementi di sensorialità e di attuazione.

2. **Il calcolatore e i metodi informatici per lo studio dei sistemi di elementi di macchine**

2.1. Caratteristiche dell'impiego del calcolatore nella modellazione di sistemi meccanici.
2.2. Rappresentazione grafica degli elementi di macchine e dei sistemi meccanici.
Sviluppo della interfaccia uomo-macchina.
2.3. Applicazioni di software per la analisi e la sintesi di sistemi meccanici e di elementi di macchine.
2.4. Applicazioni di progettazione integrata con CAD.

3. **Gli elementi di macchine integrati nei sistemi meccanici**

3.1. La modellazione dei sistemi meccanici.
Analisi di applicazioni di integrazione degli elementi di macchine nei sistemi.

Esercitazioni

Le esercitazioni svolgeranno temi applicativi del corso.

Modalità di esame

L'esame è costituito da una prova di sviluppo dei temi, degli elaborati grafici e di calcolo svolti a lezione ed esercitazione.

Libri consigliati

A. Rovetta: *Elementi di sistemi meccanici*, voi. 1 e 2, ed. CLUP.
Aggiornamenti di sistemi meccanici, a cura di A. Rovetta, ed. CLUP.
A. Rovetta, E. Turci: *Robot senza Miti*, ed. CLUP.

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.

Programma dell'insegnamento di

ELETTROCHIMICA E TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AE0003

Prof. Giovanni SERRAVALLE

Programma di 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 elettrodici 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 nobilità. 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 elettrodici con scambio di ioni del metallo elettrodico. Sovratensione di idrogeno. Sovratensione di ossigeno. Cinetica dei fenomeni di passivazione. Intervento degli anioni. Polarizzazione di concentrazione. Processi elettrodici a controllo di diffusione. Corrente limite. Bilancio di tensioni in una cella galvanica.
9. **Problemi di ripartizione nei sistemi galvanici.** Elettrodi misti. Tensione elettrodica mista.
10. **Processi elettrilitici 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 *Elettrochimica*, Tamburini Masson Milano 1976.

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.

Programma dell'insegnamento di

ELETTRONICA AEROSPAZIALE AG0025

Prof. Carlo CAPSONI

Programma di 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.
Ryder, *Ingegneria Elettronica*, Ed. Liguori.
Matthews, Stepehnson, *Componenti a microonde*, Ed. Franco Angeli.
Paraboni, *Antenne e Propagazione*, CLUP.
Powel, *Aircraft Radio Sistems*, ED. Pitman Publishing Limited.
Helfrick, *Modern Aviation Electronics*, Ed. Prentice-Hall, Ine.
Kayton, Fried, *Avionics Navigation Systems*, Ed. Wiley.
Beck, *Navigation Systems*, Ed. Van Nostrand, Reinhold.

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.

x

Programma dell'insegnamento di

ELETTRONICA APPLICATA Sez. A AG0006

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica)

Proff. Emilio GATTI, Giorgio PAD OVINI

Programma di esame

1. 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**

Sistema metallo-semiconduttore: diodi Schottky, contatti ohmici. Diodo p-n: giunzione brusca e graduale; polarizzazione inversa; breakdown; equazione di continuità, generazione e ricombinazione (teoria SHR). Correnti di elettroni e di lacune, caratteristica I-V, transitori di communtazione. 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; transitori bipolari in tecnologia planare.

3. **Circuiti fondamentali a diodi e transistori**

Circuiti con diodi: limitatori, rettificatori, regolatori di tensione con diodo zener.

Amplificatori a singolo stadio a transistori bipolari e JFET, amplificatori differenziali: tecniche di polarizzazione; derive termiche e tecniche di compensazione; 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 di una rete; risposta a sinusoidi generalizzate forzanti; trasformata di Laplace; 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. **Applicazioni della controreazione**

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. 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 ofanalog integrated circuits* (second edition), John Wiley (parti 2, 3, 4, 5).

E. Gatti, P.F. Manfredi, A. Rimini: *Elementi di teoria delle reti lineari*, Casa Editrice Ambrosiana (parte 4).

Altri testi di consultazione

Le precederne 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.

R. Boylestad, L. Nashelshy: *Electronic Devices and Circuit Theory*, Prentice-Hall International Editions.
P. Horowitz, W. Hill: *The Art of Electronics*, Cambridge University Press.
T. Horovitz, I. Robinson: *Laboratory Manual for thè Art of Electronics*, Cambridge University Press.
J. Millman, A. Grabel: *Microelectronics* (second edition), McGraw-Hill International Editions.
S. Yang: *Microelectronic Devices*, McGraw-Hill International Editions.

Programma dell'insegnamento di

ELETTRONICA APPLICATA Sez. B AG0043

Prof. Aldo ATTISANI

Programma di esame

1. **Introduzione ai fenomeni di conduzione nello stato solido:** metalli, isolanti, semiconduttori; drogaggio dei semiconduttori; principi di funzionamento della giunzione *pn.*

2. I componenti discreti: diodi, diodi Zener, transistori al silicio, transistori ad effetto di campo MOS.

3. I componenti integrati: i problemi generali delle tecnologie integrate. Cenni sulla tecnologia planare; i componenti integrati bipolari; i componenti integrati MOS; il fenomeno dei componenti parassiti.

4. **Circuiti equivalenti dei transistori:** il modello di Ebers e Moli; il circuito a 7T ibrido; circuito equivalente dei MOS.

5. I circuiti digitali: il diodo ed il transistore come interruttori; l'invertitore saturante; i circuiti logici a diodi (DL), a diodi e transistori (DTL), a transistori (TTL), ad emittitori accoppiati (ECL); a iniezione di corrente ($/^2$L); le logiche MOS; i multivibratori astabile e bistabile; le memorie a semiconduttori.

6. I circuiti analogici: circuiti con diodi, limitatori e raddrizzatori; amplificatori per piccoli segnali, polarizzazione, calcolo del guadagno e della larghezza di banda; amplificatori in continua, la coppia differenziale, l'amplificatore operazionale; elementi di calcolo analogico.

Modalità di esame

Due prove scritte durante l'anno, oppure una prova scritta unica, e un colloquio orale forniranno gli elementi di giudizio per l'assegnazione del voto.

Libri consigliati

Il contenuto del corso è in buona parte coperto dalle dispense edite a cura della CLUP:
G. Granello, F. Schreiber: *Elettronica Applicata*;
P. Camerini, G. Granello, P. Hasenmajer, F. Schreiber: *Elettronica Applicata: esercizi*;
F. Schreiber: *Una rassegna delle tecnologie per circuiti integrati digitali.*
Sono inoltre di utile consultazione per l'approfondimento della materia i seguenti volumi:
H. Taub, D. Schilling: *Digital Integrated Electronics*, McGraw Hill Ed.
P.E. Gray, C.L. Searle: *Principi di Elettronica*, Tamburini Ed.
G. Guarini, S. Iannazzo: *Circuiti integrati*, Tamburini Ed.

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.

Programma dell'insegnamento di

ELETTRONICA BIOLOGICA AA0004

Prof. Sergio CERUTTI

Programma di 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 di esame

L'esame è orale e verte sugli argomenti del presente programma.

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.

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., *Medicai Instrumentation*, Houghton Mifflin Co., Boston, USA, 1978.
A.V. Oppenheim, R.W. Schafer, *Elaborazione numerica dei segnali*, Franco Angeli ed., Milano, 1981.
S.M. Bozic, *Digital and Kalman filtering*, Edward Arnold Pubi. Ltd., London 1979.
S. Bittanti, *Identificazione parametrica*, ed. CLUP, Milano, 1981.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

ELETTRONICA INDUSTRIALE AH0016

Prof. Enrico CHIESA

Programma di 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. Tiristori: costituzione, funzionamento, caratteristiche dirette, inverse e di porta; 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 radrizzata 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 interfasico. 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 ondulatore. 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 bidirenzionali: 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.

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.

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 potenza 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.

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 é 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.*
Dispense in corso di preparazione.

Programma delPinsegnamento di

ELETTRONICA INDUSTRIALE (Informatica Industriale) AG0101

Prof. Riccardo CASSINIS

Programma di esame

1) **Processi discreti semplici.** Concetti di input output digitali, esempi; programmatori a camme, logiche a relais; reti combinatorie e sequenziali, metodi di analisi e di sintesi.

Realizzazione di reti logiche con semiconduttori; utilizzo di controlli a logica programmabile (PLC): linguaggi di programmazione. Introduzione ai calcolatori digitali.

Macchine automatiche industriali a stati finiti: segmentazione in macchine elementari, modello informatico della macchina, modalità operative; analisi dei flussi informatici. Problemi derivanti da comportamenti non nominali. Esempi industriali.

Macchine con gradi di libertà continui, cenni al controllo di movimenti; coordinamento tra movimenti; il controllo numerico delle macchine utensili e delle macchine automatiche; linguaggi per la programmazione delle macchine utensili.

2) **Il flusso di informazioni verso le macchine automatiche:** specifiche funzionali dei sistemi di distribuzione e raccolta delle informazioni. Le reti locali di trasmissione dati: principali tipologie e standard industriali.

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.

4) Sistemi assistiti dal calcolatore (CAD) per il disegno ed il progetto meccanico ed impiantistico: modelli e sistemi per la descrizione geometrica degli oggetti a due ed a tre dimensioni; tecniche di simulazione per la presentazione di componenti singoli e dei sistemi aggregati; interfacce verso i sistemi di produzione e controllo.

Sistemi per la sintesi ed analisi dei progetti meccanici (CAE) ed interfacce con i sistemi CAD.

Utilizzo di sistemi CAD per il progetto, la simulazione e la documentazione di progetti elettrici ed elettronici; interfacce verso i sistemi di collaudo.

Apparati automatici di controllo e collaudo; tecniche di analisi dei parametri rilevati e la diagnosi dei guasti.

Sistemi per la programmazione automatica delle macchine operatrici automatiche ed in particolare dei robot e delle macchine utensili. Integrazione con la fase di progetto e con la gestione della composizione del prodotto. Utilizzo delle tecniche di group technology e di codifica morfologica.

5) **Integrazione delle attività di progettazione,** di preventivazione, di acquisto e di programmazione e controllo della produzione. Definizione dei relativi data base. Strutture accentrate e distribuite; utilizzo di reti geografiche di trasmissione delle informazioni.

6) **Introduzione delle tecniche di intelligenza artificiale;** utilizzo di sistemi esperti nella fabbrica del futuro per il progetto, la scelta del ciclo di lavorazione, la pianificazione e la schedulazione del processo produttivo.

Impiego dei sistemi esperti per la diagnosi dei guasti e per la manutenzione degli impianti di produzione integrati.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno in sviluppi di problemi di controllo di sistemi produttivi e nella stesura di rapporti relativi alle visite effettuate.

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.

Libri consigliati

Testi di elettronica

M.G. Sami: *Sistemi Digitali*, Ed. CLUP

Testi relativi al CAD CAM

C.S.Knox: *CAD CAM System id*., pubblicato da Marcel Dekker Ine. New York.

Testi riguardanti gli aspetti di integrazione

Integrated Manufacture Ingersoll Engineers, edito da IFS. Publication Ltd., UK 1985.

A program Guide for CIM IMPLEMENTATIO, pubblicato da CASA-SME, USA 1985.

Atti di Convegno AUTOGACT 1984, 85,86, pubblicati da SME USA.

The Strategie benefits of Computer Integrated Manufacturing pubblicato da Arthur D. Little - USA

Design Rules for a CIM System pubblicato da R. W. Yeomans, A. Choudry, P. J. W. ten Hagen, ed. North Holland Press.

Testi relativi all'Intelligenza Artificiale

Harmon & King: *Expert Systems* ed. Wiley Press

Davies and Lenat: *Knowledge based systems in A. C.* Me Graw-Hill.

Programma delPinsegnamento di

ELETTRONICA NUCLEARE AV0004

Prof. Piero MARANESI

Programma di esame

1. Acquisizione di informazione da traduttori elettrici

Struttura di un sistema di raccolta dati. Segnali in forma analogica e in forma digitale. Collegamento con unità di elaborazione digitale. Acquisizione da molti punti di rivelazione. Catene di regolazione ad anello chiuso.

2. Funzioni circuitali che intervengono nei sistemi di acquisizione.

Preamplificazione. Amplificazione. Filtraggio. Altre funzioni di elaborazione analogica. Memorie analogiche temporanee. Multiplexing. Conversione analogico-digitale. Conversione digitale-analogica.

3. Metodi di analisi delle reti elettriche lineari.

Transitori in reti lineari. Analisi nel dominio del tempo. Trasformata di Laplace e sue applicazioni. Funzioni di trasferimento, loro proprietà e rappresentazioni.

4. Analisi dei sistemi reazionati lineari.

Reazione negativa e positiva. Peculiarità dei sistemi controreazionati. Funzioni di trasferimento ad anello chiuso e ad anello aperto. Criteri di stabilità. Applicazioni dei criteri di stabilità.

5. Componenti elettronici a semiconduttore.

Principi fisici di funzionamento del diodo a giunzione e del transitore bipolare. Polarizzazione. Elementari circuiti a diodi. Stadi base a transistore. Analisi statica e dinamica.

6. Circuiti di elaborazione di segnali analogici.

Amplificatore operazionale ideale e reale. Amplificatori lineari, filtri attivi, amplificatori logaritmici, moltiplicatori e divisori, memorie analogiche. Cenno agli interruttori elettronici ed esempi di circuiti time-variant.

Esercitazioni

In aula vengano svolte esercitazioni di carattere numerico e in laboratorio esercitazioni pratiche. Queste ultime consistono nel progetto, nella realizzazione e nella verifica di funzionamento di circuiti analogici.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

Gli argomenti del programma sono riportati nel testo *Elettronica per Misure Industriali* di M. Bertolaccini, C. Bussolati e P.F. Manfredi; edit. Tamburini 1975, ad eccezione del capitolo sui componenti discreti a semiconduttore per il quale è possibile fare riferimento a molti testi anche in lingua italiana, si cita ad esempio:

Microelettronica di J. Millman e C. Halkias, edit. Boringhieri 1978.

Per la preparazione della prova scritta d'esame si segnala il testo *Esercizi di Elettronica Analogica* di P. Maranesi, D. Marioli e V. Varoli, edit. CUSL Milano 1983.

Chi fosse interessato ad approfondire la parte teorica riguardante le reti elettriche lineari, i sistemi reazionati ed i relativi criteri di stabilità può fare riferimento al testo *Elementi di teoria delle reti lineari* di E. Gatti, P.F. Manfredi e A. Rimini, edit. Casa Editrice Ambrosiana, 1965.

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.

Per eventuale approfondimento della parte riguardante i circuiti di elaborazione di segnali analogici si rimanda a *L'amplificatore operazionale* di P.F. Manfredi, P. Maranesi e T. Tacchi, ed. Boringheri 1978.

Programma delPinsegnamento di

ELETTRONICA NUCLEARE II (Elettronica applicata III) AG0097

Prof. Mario BERTOLACCINI

Programma di 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 - Rumore nei sistemi digitali.
2. Fenomeni di distorsione: Distorsione lineare: di ampiezza, di fase - Distorsione non lineare - Distorsione armonica - Distorsione di intermodulazione - Distorsione di intermodulazione dinamica - Tecniche di misura - Effetto della controreazione - Tecniche di progetto volte a minimizzare i fenomeni di distorsione in varie applicazioni.
3. Amplificatori: Progetto di amplificatori per varie applicazioni - Amplificatori a bassa frequenza - Amplificatori in continua (a commutazione, CAZ, ecc.) - Amplificatori selettivi - Amplificatori per impulsi - Amplificatori di potenza.
4. Oscillatori sinusoidali: Criteri generali di progetto - Luogo delle radici - Stabilità in ampiezza e in frequenza - Configurazioni più frequentemente utilizzate - Oscillatori a cristallo - Oscillatori a ponte - Squegging - Distorsione.
5. Generatori di forme d'onda: Generatori di onda quadra - di onda triangolare - di rampa - Tecniche di progetto - Generatori di impulsi - Tecniche di progetto - Generatori di forme d'onda complesse.
6. Tecniche di modulazione e demodulazione: Modulazione d'ampiezza - Vari tipi di modulatori - Tecniche di demodulazione - Modulazione di frequenza - Vari tipi di modulatori - Tecniche di demodulazione - Tecniche ad aggancio di fase - Tecniche numeriche.
7. Sistemi di acquisizione dati: Struttura di un sistema di acquisizione dati - Campionamento - Aliasing - Filtri antialiasing - Effetto sul rumore - Tecniche di conversione analogico digitale.

Esercitazioni

Si svolgeranno settimanalmente esercitazioni di progetto.

Modalità di esame

L'esame consiste di una prova orale.

Libri consigliati

Gray-Meyer: *Integrated Electronics,* John Wiley &: Sons.
Clarke-Hess: *Communication Circuits,* Addison Wesley.
Motchenbacher-Fitchen: *Low-Noise Electronic Design,* John Wiley *Sz* Sons.
Stout-Kaufman: *Handbook of Operational Amplifier Circuit Design,* McGraw-Hill.
Altri riferimenti verranno forniti durante lo svolgimento del corso.

Nota per gli studenti

L'insegnamento vuole avere taglio sostanzialmente progettistico. Alcuni degli argomenti elencati nel programma vengono quindi utilizzati sostanzialmente a titolo di esempio e conseguentemente non verranno necessariamente svolti tutti o tutti in uguale dettaglio. Per lo stesso motivo di anno in anno o a seconda delle necessità, gli esempi di progetto potranno essere variati.

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.

Programma delPinsegnamento di

ELETTRONICA QUANTISTICA AT0001

Prof. Orazio SVELTO

Programma di 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 piano-parallelo; 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, Lamb dip); comportamento in transitorio (oscillazione di rilassamento, Q-switching, gain-switching, mode-locking).

Tipi di laser: laser a neodimio, a Elio-Neo, a vapori di rame, 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. Speckle. 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; metodi di fabbricazione).

Memorie ottiche: memorie permanenti, scrivibili una sola volta, memorie cancellabili.

Libri consigliati

O. Svelto: *Principles of Lasers*, third edition, Plenum Press, New York, 1989.

Dispense sulle applicazioni alle comunicazioni su fibre ottiche.

Le precederne 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.

Programma delPinsegnamento di

ELETTROTECNICA AH0015

(per allievi aeronautici, chimici, elettrotecnici, nucleari, civili, della difesa suolo, gestionali/delle tecnologie industriali)

Proff. Cesare Mario ARTURI, Antonino DI GERLANDO, Gaetano SOCI, Mario UBALDINI, Ivo VISTOLI

Programma di 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, permettività. 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.

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.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni numeriche settimanali.

Modalità di esame

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

Libri consigliati

Bottani-Sartori: *Elettrotecnica parte I e II* (ed. Tamburini)
Ciampolini: *Elettrotecnica Generale* (ed. Pitagora)
Kupfmuller: *Fondamenti di Elettrotecnica* (ed. UTET)
Merigliano: *Lezioni di elettrotecnica parte I e II* (ed. CLEUP Università di Padova)
Desoer, Kuh: *Fondamenti di teoria dei circuiti* (ed. Angeli)
Marigrasso-Petrecca: *Elettrotecnica Industriale* Ed. CLUP.
W.H.Hayt, Jr.J.E. Kemmerly: *Engineering circuii Analysis* International Student Edition.

Programma dell'insegnamento di

ELETTROTECNICA AG0008

(per allievi elettronici, delle telecomunicazioni)

Proff. Vito AMOIA, Luigi DADDA, Giovanni GHIONE, Gesualdo LE MOLI

Programma di 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. Doppi 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, permettività. 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. ridotte.

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 di esame

L'esame consta in una prova scritta e orale. Durante l'anno verranno tenute prove facoltative che, se svolte con esito favorevole, costituiranno elemento di giudizio per l'assegnazione del voto finale.

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.

Libri consigliati

Bottani e Sartori, *Elettrotecnica*, voi. 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 *e`* consigliato anche per i corsi di Teoria delle reti elettriche).
Presso la CLUP *`e* stato stampato un fascicolo di Appunti delle lezioni riguardante i punti principali del corso.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

ELETTROTECNICA AH0015

(per allievi meccanici)

Prof. Edoardo CARMINATI

Programma di esame

Generalità:

Unità di misura. Quantità di elettricità. Differenza di potenziale. Natura della corrente elettrica. Sorgenti di f.e.m.: pila di Volta, accumulatori, pila Weston. Voltmetro ed amperometro. Strumenti indicatori e strumenti integratori: portata, costante, errori, autoconsumo. Inserzione di voltmetri ed amperometri.

Circuiti in corrente continua:

Legge di OHM. Principio di dualità. Dipendenza della resistività della temperatura. Resistori lineari e non lineari. Legge di Joule. Generatore di tensione: caratteristica esterna, potenza generata, perdite, rendimento. Resistori in serie ed in parallelo. Suddivisione delle tensioni e delle correnti. Generatore di corrente. Circuiti equivalenti di generatori in serie e in parallelo. Convenzioni nei bipoli. Reti lineari: equazioni ai nodi, equazioni alle maglie. Principio di sovrapposizione degli effetti. Principio di reciprocità. Principio del generatore equivalente di tenzione e di corrente. Trasformazione stella-triangolo delle resistenze. Determinazione delle condizioni di funzionamento di bipoli non lineari. Misura di resistenza con metodo volt-amperometrico: voltmetro a monte e voltmetro a valle. Misura di resistenze molto piccole e molto grandi. Ponte di Wheatstone. Potenziometro in c.c. Studio del transitorio termico. Dimensionamento termico di un resistore.

Campo elettrico:

Materiali dielettrici. Condensatori: capacità, costante dielettrica. Potenziale e campo elettrico. Condensatore ad armature piane. Vettore spostamento elettrico. Corrente di spostamento. Studio del transitorio di carica e scarica in un circuito R.C. Energia immagazzinata in un condensatore. Condensatori in serie e in parallelo. Campo elettrico nei conduttori. Potenza dissipata per unità di volume. Campi elettrici particolari: campo sferico e cilindrico nei mezzi isolanti e nei mezzi conduttori. Campo di corrente in un cilidro cavo. Dielettrici in serie e in parallelo. Voltmetro elettrostatico. Fenomeno della scarica atmosferica e sua formazione. La resistenza del corpo umano. Effetti della corrente sul corpo umano. Contatti diretti ed indiretti. Impianti di terra. Protezione contro i contatti diretti: trasformatore differenziale.

Elettromagnetismo:

Campo magnetico. Interazione fra due circuiti percorsi da corrente. Induzione magnetica. Formule di Laplace. Legge di Biot-Savart. Proprietà di B e H, Campo magnetico generato da un filo rettilineo percorso da corrente. Definizione dell'Ampère. Teorema di Ampère. Flusso concatenato. Mutua induttanza e autoinduttanza. F.e.m. indotta in una spira immersa nel campo generato da un filo rettilineo per una variazione di corrente. Legge generale dell'induzione. Conduttore in movimento in un campo a B uniforme. Fattore di accoppiamento. Unità di misura delle grandezze magnetiche. Energia immagazzinata in un campo magnetico. Induttore in regime variabile: studio del transitorio. Energia immagazzinata. Materiali ferromagnetici. Isteresi magnetica. Caratteristica di magnetizzazione normale. Energia di magnetizzazione. Perdite per isteresi. Suscettività magnetica. Studio di campi semplici: conduttore rettilineo indefinito. Flusso concatenato con una spira formata da due conduttori rettilinei e paralleli. Solenoide con N spire. Coefficiente di autoinduzione. Legge di OHM per i circuiti magnetici. Riluttanze in serie e in parallelo. Circuiti magnetici in ferro con e senza traferro. Sforzi elettrodinamici fra due conduttori rettilinei e paralleli. Dimensionamento di un elettromagnete. Strumenti elettrodinamici: voltmetri, amperometri, wattmetri.

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.

Sistemi in regime periodico: Valore medio e valore efficace. Grandezze alternate sinusoidali. Rappresentazione vettoriale. Operazioni sulle grandezze sinusoidali: metodo trigonometrico, vettoriale, simbolico. Resistori, condensatori, induttori in c.a. Circuiti serie: impedenza e reattanza. Circuiti parallelo: ammettenza e suscettanza. Potenza ttiva e reattiva. Risonanza serie e parallelo. Correnti indotte in conduttori massicci e nei lamierini. Cifra di perdita. Misura di frequenza. Misura di grandezze alternate sinusoidali: voltmetri, amperometri, wattmetri. Contatore ad induzione.

Sistemi polifasi:

Definizioni. Sistemi trifasi simmetrici e dissimmetrici. Collegamento a stella e a triangolo. Potenza in un sistema trifase e 3 fili. Misure di potenza con inserzione Aron.

Produzione e trasporto di energia:

Trasmissione dell'energia elettrica. Confronto fra linee in continue in alternata monofase e trifase.

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 c.to c.to. Caduta di tensione in un trasformatore sotto carico. Parallelo di trasformatori monofasi. Trasformatori di misura. Misure in A.T. con trasformatori di misura.

MACCHINE IN CORRENTE CONTINUA:

Funzionamento a vuoto. Eccitazione delle macchine in c.c. Funzionamento a carico. Macchine eccitate in derivazione: caratteristica esterna, caratteristica meccanica. Macchine eccitate in serie: caratteristica esterna, caratteristica meccanica.

Macchine asincrone:

Campo rotante. Principio di funzionamento delle macchine asincrone. Rete equivalente. Caratteristica meccanica.

Macchine sincrone:

Principio di funzionamento delle macchine sincrone. Funzionamento in parallelo di macchine sincrone.

Impianti elettrici di distribuzione:

Distribuzione in bassa tensione per uso civile e industriale. Interruttori, fusibili, sezionatori, isolatori. Impianti di messa a terra: dispersori. Misura della resistenza di terra.

Esercitazioni

Saranno svolte esercitazioni numeriche sull'analisi delle reti e sulla soluzione di problemi relativi al programma in corso e di laboratorio.

Modalità di esame

L'esame consta in una prova scritta e orale.

Libri consigliati

Bottani e Sartori, *Elettrotecnica*, Voi. I e II ed. Tamburini-Masson.
C.A. Desoer, E.S. Kuh, *Fondamenti di Teoria dei Circuiti*, F. Angeli, Milano, 1972.
L. Merigliano: *Lezioni di Elettrotecnica* voi. I e II, ed. CLIJP.

Programma dell'insegnamento di

ELETTROTECNICA INDUSTRIALE AH0009

Prof. Renato MANIGRASSO

Programma di esame

1) Componenti di una rete elettrica: bipoli reali ed ideali, leggi fondamentali. Doppi bipoli: modelli e proprietà.

2) Reti elettriche: proprietà topologiche, leggi di KirchhofF, teorema di Tellegen. Matrici di incidenza, degli anelli, degli insiemi di taglio, delle maglie. Analisi delle maglie e degli insiemi di taglio.

3) **Analisi nel dominio delle frequenze di reti elettriche monofasi e trifasi:** i fasori e le relative applicazioni, la trasformazione dei componenti simmetrici; potenze ed impedenze di sequenza. Applicazione dei calcolatori nella analisi delle reti elettriche di potenza.

4) Analisi del dominio della frequenza di reti in regime alternato e di reti dinamiche: applicazioni dello sviluppo in serie di Fourier, della trasformata di Fourier, della trasformata di Laplace, della trasformata *Z*.

5) **Analisi di reti dinamiche nel dominio del tempo:** analisi ai nodi e alle maglie, equazioni di stato per reti con bipoli normali ed anomali. Metodi numerici per la risoluzione delle equazioni di stato di una rete con bipoli normali ed anomali.

6) **Campi elettromagnetici lentamente variabili:** equazioni di Maxwell, di Laplace e di Poisson. Campi generati da sorgenti puntiformi e lineari. Applicazione del metodo della immagine. Circuiti magnetici. Calcolo di capacità, di auto e mutue induttanze. Il potenziale complesso. Il potenziale vettore. Formule di Neumann. Energie e forze nei campi magnetici ed elettrici. Legge dell'induzione elettromagnetica.

7) **Metodi per la risoluzione della equazione di Laplace e di Poisson:** metodo della separazione delle variabili. Metodo delle trasformazioni conformi; trasformazione di Schwartz e Christoffel. Metodo grafico di Lehmann. Metodi numerici: metodo di rilassamento, metodo iterativo di Gauss-Seidel. Metodi sperimentali: vasca elettrolitica, foglio conduttore.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono dedicate al calcolo ed alla sperimentazione di circuiti e campi di tipo numerico-grafico (in aula) e sperimentali (in laboratorio). Gli argomenti oggetto del corso di esercitazioni di calcolo sono:

1) Risoluzione di reti in regime stazionario ed in regime alternato.
2) Risoluzione di circuiti magnetici, calcolo di auto e mutue induttanze, calcolo di energie e forze in campi magnetici ed elettrici.
3) Legge dell'induzione elettromagnetica.
4) Risoluzione di reti trifasi.
5) Risoluzione di reti dinamiche nel dominio delle frequenze e del tempo.
6) Campi: sorgenti puntiformi e lineari, applicazioni del metodo delle trasformazioni conformi, del metodo di Lehmann e dei metodi numerici.

Le esercitazioni di laboratorio comprendono:

1) Rilievi su circuiti monofasi e trifasi in regime alternato.
2) Legge dell'induzione elettromagnetica.
3) Transistori: rilievi e verifiche sperimentali.

Le precedenze d'esame sono affisse all'Albo della Presidenza della Facoltà.

[1 rispetto delle precedenze d'esame costituisce condizione vincolante per la regolarità dell'esame:

1 mancato rispetto delle precedenze comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Modalità dell'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.

Libri consigliati

1) C.A. Desoer-E.S. Kuh *Fondamenti di teoria di circuiti* Ed. Franco Angeli
2) K.J. Binns-P.J. Lawrenson *Analysis and Computation of Electric and Magnetic field problem* Ed. Pergamon Press.

Programma dell'insegnamento di

ELETTROTERMIA ED ELETTROMETALLURGIA AR0072

Prof. Mario BALBI

Programma di 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 ferroleghe.
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-are, spray-are, corrente di transizione). La saldatura per bombardamento elettronico. La saldatura 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,* Voi. **I** e **II** Ed. del Bianco 1978, ed inoltre, dispense del corso.

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.

Programma delPinsegnamento di

ENERGETICA AK0008

Prof. Giancarlo GIAMBELLI

Programma di esame

A) **Le trasformazioni energetiche**

- Richiami di termodinamica generale
- Rendimenti di primo e secondo principio
- Definizione del concetto di energia
- Calcolo delle variazioni energetiche in sistemi reversibili
- Perdite di energia nella combustione e loro valutazione. Fiamme reversibili
- Termodinamica della radiazione. Valutazione dell'energia della radiazione in equilibrio e in condizioni di non equilibrio
- L'irreversibilità come motore del progresso. Termodinamica in tempo finito
- Processi endoreversibili (ed esoirreversibili). Processi endoirreversibili (ed esoreversibili). Processi irreversibili generali
- Valutazione della perdita di energia (di processo e di impianto) nella generazione di un prodotto. Perdita energetica minima e processo ottimale.
- Altri metodi per affrontare i processi irreversibili: le trasformate di Lègendre generalizzate
- Definizione del rendimento energetico alla luce della termodinamica in tempo finito

B) I sistemi energetici

- Lo sviluppo della tecnologia come andamento " logistico"
- Interpretazione dell'afflusso delle risorse energetiche secondo curve logistiche
- Relazione fra fabbisogni energetici e prodotto lordo
- Coefficienti di elasticità
- Relazione fra prodotto lordo e benessere e fra fabbisogno di energia e benessere

C) **Le fonti di energia e i suoi usi finali**

- Descrizione delle fonti di energia: rinnovabili, esauribili, inesauribili
- Energia solare (diretta) per usi termici ed elettrici
- Utilizzazione di energia da biomasse
- Energia geotermica
- Utilizzazione dei rifiuti
- Energia da fonti esauribili (carbone e idrocarburi)
- Energia da fonti inesauribili (energia nucleare da fissione e da fusione)
- Razionalizzazione degli usi finali dell'energia
- Contabilità energetica e contabilità entropica

Esercitazioni

Le esercitazioni prevedono l'impostazione e la soluzione numerica di problemi energetici

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale nella quale lo studente è chiamato ad esporre a sua scelta uno degli argomenti illustrati nelle lezioni e a dimostrare una conoscenza generale della materia, ivi compreso il contenuto delle esercitazioni svolte

---

Le precederne 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.

Libri consigliati

Dispense in corso di preparazione a cura del prof. Mario Silvestri.
Verranno comunque forniti, in numero limitato, estratti in grado di coprire tutta la materia trattata.

Programma dell'insegnamento di

ERGOTECNICA AR0001

Prof. Marco ALBERTI

Programma di 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; office automation). Consolle di controllo e comando.

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.

Microclima (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).

Rumore (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; ultrasuoni e infrasuoni; modelli di propagazione del rumore in ambienti chiusi ed all'esterno).

Vibrazioni (modalità di misura e criteri di valutazione; tecniche di prevenzione e di isolamento).

Illuminazione (prestazioni visive; caratteristiche luminose degli ambienti, modalità di misura; normativa; indici complessi di qualità deH'illuminazione, abbagliamento, riflessioni di velo, fattore d'ombra, illuminamento semicilindrico; sistemi di illuminazione naturale e artificiale; requisiti illuminotecnici dei posti di lavoro ad elevato impegno visivo).

Inquinamento chimico 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 3i 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 (ETÀ). 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.

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.

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 di 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.

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:
- L.E. Davis e J.C. Taylor: *Design ofjobs*, Penguin Books Ltd.
- W. Rohmert e K. Landau: *A new technique for job analysis*, Taylor *Sz* Francia Ltd
- T.O. Kvalseth: *Ergonomie of work station design*, Butterworths &; Co.
- Dispense del corso di Aggiornamento del Politecnico: *Ambienti di lavoro industriali: analisi, progettazione, bonifica.*
- Costagliola, Culotta, Di Lecce: *Le norme di prevenzione per la sicurezza sul lavoro*, Pirola
- *Accident prevention manual for industriai operations*, National Safety Council, USA
A.E. Green: *High risk safety tecnology*, John Wiley *Sz* Sons
- Dispense del corso di Aggiornamento del Politecnico: *Prevenzione ed estinzione incendi nella industria manufatturiera*
P. Walker: *Electronic security systems*, Butterworths *Sz* Co.

Programma dell'insegnamento di

ERGOTECNICA EDILE AJ0016

Prof. Pietro Natale MAGGI

Programma di 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. Lo studio delle variabilità dimensionali. La verifica di normalità. Determinazione della tolleranza naturale di processo. Significatività della differenza delle varianze e delle medie: confronti. I modelli di riferimento per la progettazione e il controllo dimensionale delle giustapposizioni tra elementi tecnici del sistema nell'organismo edilizio.

4. La progettazione operativa

Funzione e ruolo della progettazione operativa. I subsistemi tecnologici del progetto edililizio: 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 qualitaà.

5. 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.

6. La 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.

7. La programmazione gestionale

Tipologie degli interventi di manutenzione. I parametri di riferimento per la programmazione gestionale. I programmi di gestione.

8. La progettazione economica

Funzione e ruolo della progettazione economica. Il concetto di costo globale. I preventivi di costo sintetici e analitici. Il metodo ARC. Problemi di costo e criteri di scelta dei macchinari di cantiere.

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, funzione-spaziale, tecnica. Conformità del prodotto al tipo. Metodi e strumenti per il controllo

---

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.

della qualità del sistema e delPorganismo edilizio. Caratteristiche generali del controllo statistico della qualità, funzione e ruolo nel processo produttivo. Normazione e certificazione nel settore edile verso l'integrazione europea: metodi, strumenti e obiettivi per la garanzia di qualità e di durata.

11. Gli aspetti organizzativi e procedurali dei processi di produzione e costruzione

L'analisi dei modelli organizzativi: formule tradizionali ed evolute. I modelli organizzativi per gli interventi di recupero.

12. La normativa di sicurezza

Aspetti della normativa di sicurezza sul cantiere. I piani di sicurezza.

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 nel corso delle lezioni, e saranno condotte individualmente e a squadre.

Modalità di 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: *Metodi* **e** *strumenti di progettazione edilizia*, II edizione, CLUP, Milano.
P.N. Maggi: *Metodi e strumenti di ergotecnica edile*, CLUP, Milano.
L. Gaietti: *Elementi di ergotecnica edile*, CLUP, Milano.
Durante il corso verranno predisposte specifiche dispense di supporto didattico.

Programma dell'insegnamento di

ERGOTECNICA EDILE II AJ0017

Prof. Pietro Natale MAGGI

Programma di 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. Il controllo delle qualità del prodotto intermedio

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 di collaudo. Classificazione delle non conformità. Curve operative caratteristiche. Interpretazione degli esiti del controllo e conseguenze.

3. La qualità operativa dell'elemento tecnico

Principi informatori della qualità operativa. Parametri, indici e criteri di stima della qualità operativa. Profili di qualità operativa dei componenti edilizi. Criteri di scelta dei componenti in base ai profili di qualità operativa.

4. I controlli metrici in edilizia

Controlli metrici nel sistema edilizio. La prescrizione e il riscontro di caratteristiche. Fondamenti per il controllo sperimentale. I controlli geometrico-dimensionali. Le procedure operative per il tracciamento. Le procedure operative per il rilevamento.

5. La qualità gestionale dell'elemento tecnico

Principi informatori della qualità gestionale. Parametri e indici della qualità: affidabilità elementare, affidabilità globale, durabilità oggettuale, 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 affidabilità; stima della durabilità oggettuale dei componenti a repertorio e profili di durabilità; stima della durabilità di funzionamento di componenti a repertorio; stima della propensione alla manutenibilità di componenti a repertorio e profili di manutenibilità.

La scelta di componenti edilizi a repertorio in base ai profili di qualitaà di gestione. La compilazione delle schede diagnostica e clinica dei componenti edilizi.

6. La struttura della documentazione tecnica per la programmazione della gestione dell'edificio.

Il capitolato, il progetto, gli esiti di 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 progettazióne e per la programmazione della gestione dell'edificio.

7. Il controllo della qualità nel 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).

8. Il sistema qualità

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.

Concetti principali. Situazioni del sistema qualità. Sistemi qualità aziendali. Principi del sistema qualità: cerchio della qualità, struttura del sistema qualità. Aspetti economici. Qualità a livello commerciale. Qualità nella definizione delle specifiche e nella progettazione. Qualità negli approvvigionamenti. Qualità nella produzione. Verifica del prodotto. Controllo delle apparecchiature di misura e di prova. Non conformità. Azioni correttive. Movimentazione e attività dopo produzione. Documentazione e registrazione della qualità.

9. L'ottimizzazione della programmazione

Criteri di programmazione temporale ed economica dei processi di intervento in funzione dei modelli organizzativi (formule tradizionali ed evolute). L'ottimizzazione della programmazione e della pianificazione economico-finanziaria dell'intervento. Il supporto strumentale delle tecniche di programmazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni, alle quali lo studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio dell'anno in corso, consisteranno nell'applicazione a specifiche ipotesi operative delle metodologie e delle strumentazioni trattate nel corso delle lezioni, e saranno condotte individualmente e a squadre.

Modalità di 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: *Metodi e strumenti di progettazione edilizia*, II edizione, CLUP, Milano.
P.N. Maggi: *Metodi e strumenti di ergotecnica edile*, CLUP, Milano.
Durante il corso verranno predisposte specifiche dispense di supporto didattico.

Programma dell'insegnamento di

ESTIMO AJ0005

Prof. Carlo TENCONI

Programma di esame

I - ESTIMO GENERALE SISTEMATICO

1) **Logica estimativa:** L'estimo: definizioni e funzione; partizioni e visioni. Fonti: giuridico-legali; economico finanziarie; tecniche e tecnologiche. Logica matematica finanziaria.

2) **Teorica estimativa:** Il giudizio di stima - Metodologia della stima - Sistematica estimativa: la terra e la rendita; concetto e valore del capitale; l'interesse; l'impresa ed il profitto.

3) **Problematica estimativa:** Terra e acqua - Componenti costruttive e costruzioni - Beni naturalistici e storici - Macchine e impianti - Imprese ed aziende - Diritti reali, servitù; migliorie e danni - Reliquati e grandi appezzamenti.

II - ESTIMO APPLICATO TERRITORIALE

1) Il tema fondiario: Estimo catastale; polverizzazione e ricomposizione fondiaria; il nuovo catasto edilizio urbano. Estimo territoriale: campagna, infrastrutture e urbanizzazioni; terreno naturale e verde agricolo: stime rurali e forestali. Estimo urbanizzativo: aree metropolitane, terreno fabbricabile, oneri di urbanizzazione primaria e secondaria. Stime per espropriazioni per causa di pubblica utilità.

2) **Il tema immobiliare:** Fattori di produzione della costruzione: redditi categorici e valutazioni relative. Appalto e liquidazione: stime connesse. La legislazione sui lavori pubblici. Stime fiscali, giudiziarie ed extragiudiziarie.

3) **Il tema amministrativo territoriale:** Controllo economico, direzione e gestione del territorio: consorzi, comprensori, comuni, province, regioni. La programmazione operativa.

Esercitazioni

Svolgimento di una perizia di stima su tema determinato, o tema valutativo speciale, da concordare con il docente.

Modalità di 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. Columbo-C. Tenconi: *Estimo: prolegomeni territoriali nel sistema urbanistico,* CULS, Milano, 1983.
Per un approfondimento della materia, si consigliano inoltre:
G. Medici: *Principi di estimo,* Edagricole, Bologna, 1955.
C. Forte-B. De Rossi: *Principi di economia ed estimo,* ETAS libri, Milano, 1974.
M. Orefice: *Estimo,* UTET, Torino, 1984.

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.

Programma dell'insegnamento di

FINANZA AZIENDALE AQ0016

Prof. Stefano PREDA

Programma di esame

Gli obiettivi e le metodologie della finanza aziendale.
La dinamica finanziaria d'impresa.
Le analisi finanziarie.
Gli indici di bilancio e il loro coordinamento.
Le analisi dinamiche: i flussi di fondi.
L'equilibrio finanziario statico: rapporti fra struttura finanziaria e struttura patrimoniale, capitale proprio e di debito, composizione delle fonti finanziarie.
La previsione e la programmazione finanziaria.
Le determinanti del fabbisogno finanziario: intensità di capitale, tasso di sviluppo, autofinanziamento.
Le decisioni di investimento.
La determinazione del costo del capitale.
La politica dei dividendi.
Il modello di Modigliani - Miller.
Il cash-management.
La gestione dei clienti e dei fornitori.
La gestione delle scorte.
Analisi dell'equilibrio operativo e finanziario dell'impresa: la leva operativa, la leva finanziaria.
La scelta della struttura finanziaria e le decisioni di finanaziamento.
Gli elementi per la valutazione delle fonti di finanziamento.
L'articolazione dei mercati creditizio, monetario, mobiliare e finanziario: loro natura e funzioni.
La copertura dei fabbisogni a lunga scadenza: il mercato mobiliare: le tecniche di collocamento, gli investimenti in titoli, la quotazione in Borsa, gli intermediari mobiliari in Italia.
La copertura dei fabbisogni a lunga scadenza: il mercato finanziario: i mutui, il leasing, il sistema del credito agevolato in Italia, gli istituti di credito speciale e le società di leasing in Italia.
La copertura dei fabbisogni di esercizio: il mercato creditizio: prestiti bancari, factoring, crediti documentari, finanziamenti all'export e all'import, le istituzioni creditizie e la società di factoring in Italia.
La gestione della liquidità: il mercato monetario.
La gestione dei rischi di cambio: i mercati valutari.
La gestione dei rischi di interesse.
Le operazioni di finanza straordinaria.
Le problematiche attuali dei mercati finanziari italiani.

Libri consigliali

Giorgio Pivato: *Trattamento di finanza aziendale,* ed. Franco Angeli, Milano, ultima edizione.
Raccolta di letture dai seguenti testi:
CENTRO STUDI FINANZ. E ASSICURATIVI: *Professione risparmio,* ed. Il Mandarino, Milano 1988.
Claudio Demattè: *La valutazione delle capacità di credito nelle analisi di fido,* ed. Giuffrè, Milano 1974.
Stefano Preda: / *flussi finanziri dei settori e il loro collegamento con i flussi reali,* SDA Bocconi, Milano 1984.

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.

Franco Riccardo: *Le nuove operazioni di tesoreria*, **in** *L'innovazione finanziaria in Italia* **di Stefano Preda, ed. Unicopli, Milano 1986.**
SIGE: *Supplementi alle Lettere nr. 94 e nr. 117.*
James Van Home: *Teoria e tecnica della finanza d'impresa*, **ed. Il Mulino, Bologna 1984.**
J. F. Weston, E.F. Brigham: *Finanza aziendale*, **ed. Il Mulino, Bologna 1974.**

Programma dell'insegnamento di
FISICA ATOMICA AV0006

Prof. Carlo Enrico BOTTANI

Programma di esame

Introduzione classica alla meccanica quantistica.
Richiami di meccanica analitica.
Basi della fisica quantistica.
Spettro del corpe nero; effetto fotoelettrico, spettri atomici; esperienza di Frank e Hertz, modelli atomici; teoria di Bohr; ipotesi di De Broglie; principio di indeterminazione di Heisenberg.
Elementi di meccanica quantistica.
Funzione d'onda e densità di probabilità; equazione di Schroedinger; postulati generali della meccanica quantistica; applicazioni: gradino e barriera di potenziale; buca di potenziale, particella in un campo di forze centrali, stati di momento angolare, teoria delle perturbazioni: perturbazioni stazionarie e dipendenti dal tempo; emissione e assorbimento di radiazione elettromagnetica.
Atomi.
Atomo di idrogeno; interazione spin-orbita-effetti relativistici, atomo di elio; composizione dei momenti angolari; struttura degli atomi con molti elettroni; il principio di esclusione; cenni di spettroscopia dei raggi *X*.
Molecole.
Approssimazione adiabatica; molecola-ione-idrogeno; integrale di scambio; il metodo LCAO; molecola di idrogeno; molecola biatomiche omonucleari e eteronucleari; orbitali molecolari; molecole poliatomiche; ibridizzazione degli orbitali atomici; legami delocalizzati; moti rotazionali e vibrazionali; cenni di spettroscopia molecolare.

Libri consigliati

M. Alonso, E.J. Finn: *Fundamental University Physics*, Voi. III: Quantum and Statistical Physics. Addison Wesley Pubi. Co., 1969.
G. Caglioti: *Introduzione alla Fisica dei Materiali*, Zanichelli, 1974.
H. Haken, H. Wolf: *Fisica atomica e quantistica*, Boringhieri, 1990.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di
FISICA DEL REATTORE NUCLEARE AV0008

Prof. Vincenzo SANGIUST

Programma di 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 e una serie di esercitazioni sperimentali.

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.

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.

Programma dell'insegnamento di
FISICA DEL REATTORE NUCLEARE II AV0009

Prof. Marzio MARSEGUERRA

Programma di 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'auto valore *a* e dell'autovalore *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. 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. Rumore nei reattori ad acqua bollente. Diagnostica precoce di malfunzionamenti di strumentazione e di impianto.

Sistemi nucleari a fusione

Principi fisici della fusione nucleare controllata. Lo stato di plasma ed il criterio di Lawson. Caratteristiche principali dei reattori a confinamento magnetico toroidale. Principali problemi in un sistema a fusione tipo *tokomak.*

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.

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.

Programma dell'insegnamento di
FISICA DELLO STATO SOLIDO AV0007

Prof. Giuseppe CAGLIOTI

Programma di esame

I - I cristalli: relazioni fra strutture a livello atomico e proprietà fisiche

Cenni sul legame chimico nelle molecole e sul ruolo degli elettroni nei sistemi Instabili. Ancora sulla natura dei sistemi bistabili: cenni su MASER ad ammoniaca e su LASER ad anidride carbonica e applicazioni relative.

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 solidi in relazione ai differenti tipi di legame: cristalli ionici, cristalli covalenti e semiconduttori, cristalli metallici, cristalli molecolari, cristalli a legame idrogeno.

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 e I) forze interatomiche, II) calori specifici, III) conducibilità e diffusività termica. Anarmonicità del potenziale interatomico e parametri di Grueneisen. Metodi di analisi della dinamica delle strutture cristalline mediante scattering anelastico dei neutroni.

II - Cristalli di valenza e semiconduttori

Bande di valenza e di conduzione in ***Ge*** e ***Si.*** Semiconduttori intrinseci e drogati. Il diodo a giunzione *pn.* Cenni sui LASER a giunzione e sulle celle solari.

Ili - **Proprietà meccaniche dei metalli e dinamica delle strutture cristalline**

Costanti elastiche e costanti delle forze interplanari. Energia di superficie per clivaggio. Dislocazioni. Termodinamica della deformazione elastica e termodinamica irreversibile della deformazione plastica. Meccanismi e meccanica della frattura, valori critici della forza di avanzamento della cricca e dell'intensificazione degli sforzi, e metodi sperimentali per la loro determinazione.

Le lezioni saranno integrate da due o tre cicli di seminari didattici su argomenti di punta e di attualità quali:

- superconduttori ad elevata temperatura critica
- ceramici avanzati
- fibre ottiche.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono in alcune esperienze di fisica dei materiali e 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 facoltative per tutti gli altri studenti. Esse consistono nella determinazione di:

- modulo di Young,
- costante di Grueneisen
- coefficiente di viscosità longitudinale,
- diffusività termica,
- limite termoelastoplastico, snervamento

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.

e, possibilmente, in misure di tenacità a frattura in materiali strutturali di interesse tecnologico. 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).
J. Weertman, J.R. Weertman, *Elementary Dislocation Theory*, McMillan, New York (1964).
J. Gordon, *La Scienza dei Materiali resistenti*, EST Mondadori, Milano (1976).
L.H. Van Vlack, *Tecnologia dei Materiali*, 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 thè Int. School of Physics "E.Fermi", Course LXXXII, G. Caglioti, A. Ferro Milone Edtrs, Varenna 30 June, 10 July 1981, North Holland Pubi. Co. Amsterdam 1982 e Società Italiana di Fisica, Bologna 1982.
S. Carrà, *La formazione della materia*, Bollati Boringhieri, (1989).

Nota agli studenti

L'insegnamento presuppone acquisiti da parte dello studente i rudimenti della meccanica quantistica, quali presentati nel primo capitolo del primo elencato fra i libri consigliati, o anche sul saggio G. Caglioti, *Simmetrie infrante, nella scienza e nelTarte*, CLUP, 1983.

Programma dell'insegnamento di
FISICA E INGEGNERIA DEI REATTORI NUCLEARI (dei plasmi) AV0016

Prof. Pier Franceso BORTIGNON

Programma di esame

A) **Concetti propedeutici.**

1) Le reazioni di fusione, sezioni d'urto e processi competitivi, la fusione termonucleare, il rate di reazione. Il criterio di Lawson, la condizione di ignizione. Confinamento magnetico e confinamento inerziale: generalità.

2) Il plasma: produzione e processi elementari di interazione tra particelle (ionizzazione, scattering coulombiano, processi radiativi,...etc....)

3) Descrizione cinetica e descrizione fluida: equazioni fondamentali; fenomenologia e grandezze caratteristiche del mezzo ionizzato *(\d i* C*Jp,....etc....), processi elementari.

B) Confinamento magnetico.

4) Confinamento della particella singola: teoria delle orbite; configurazione lineare e configurazione toroidale.

5) Equazioni di equilibrio e principi di stabilità delle configurazioni magnetiche; stabilità MHD, microinstabilità.

6) Impianti con geometria lineare: pinch, mirror, tandem mirror, barriera termica. Impianti con geometria toroidale: stellarator, tokamak, reverse field pinch (RFP).

C) **Il reattore a fusione: problemi generali.**

7) Il riscaldamento del plasma: riscaldamento ohmico; a radiofrequenza con iniezione di neutri veloci (NBI).

8) Neutronica del reattore; Definizione e calcolo del flusso di neutroni gamma, del fattore di fertilizzazione del *T* e dell'energia generata nella copertura, del fattore di danno dei materiali. Effetti dei neutroni sui materiali della prima parete e della copertura, primari e secondari (gonfiamento, proprietà meccaniche ed elettriche, radioattività indotta).

9) Le diagnostiche del plasma termonucleare: interferometria; spettroscopia (VUV e vis); spettroscopia x(e phA); diagnostica neutronica e fotoneutronica; scattering Thomson; ECE; misure magnetiche,.....,

D) **Il reattore di tipo tokamak**

10) Elementi costitutivi dell'impianto; parametri di merito; equilibrio e stabilità MHD; instabilità resistive; equilibrio dell'anello di plasma.

Fenomeni di trasporto e bilancio di potenza.

11) Il controllo del regime del reattore. Ciclo di potenza: avvio, fase stazionaria e spegnimenti. Punto di lavoro.

BIBLIOGRAFIA

R. Pozzoli, note Fisica del Plasma Termonucleare e Astrofisico, ed. CLUED, Milano, '84;

C. Casci, U. Carretta, F. Casci, note Introduzione ai Problemi della Fusione Termonucleare Controllata, Masson ed.;

T. Kammash, note Fusion Reactor Physics: Principles and Technology, Ann Arbor Science, 1975;

K. Miyamoto, note Plasma Physics for Nuclear Fusion, The MIT Press, 1980;

E. Teller (Editor), *Fusion*, Academic Press, 1981.

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.

Programma dell'insegnamento di
FISICA MATEMATICA AP0025

Prof. Elisa BRINIS UDESCHINI

Programma di 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. Ougarov: *Teoria della relatività ristretta* (Trad. Ital.) Edizioni M.I.R. Mosca (1982).
A. O. Barut: *Electrodynamics and Classica! 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).

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.

Programma delPinsegnamento di
FISICA NUCLEARE AV0010
(per allievi nucleari dell'indirizzo strumentazione e controllo)
Prof. Mario TERRANI

Programma di esame

La struttura del Nucleo.
Isotopi, isotoni, isobari - Raggio del nucleo - Carica - Massa ed energia di legame - Formula semi empirica delle masse - Momenti nucleari.
Forze nucleari.
Il deutone - Scattering neutrone-protone -
Modelli nucleari.
Modello a shell - Moti collettivi -
Processi radioattivi.
Legge del decadimento radioattivo - Decadimento *a*, /?, 7. Reazioni nucleari - Fissione.
Interazione delle particelle con la materia.
Perdita di energia di particelle cariche - Assorbimento della radiazione elettromagnetica - Interazione dei neutroni -
Rivelazione delle particelle nucleari.
Principi di funzionamento dei rilevatori a gas, a stato solido, a scintillazione.

Esercitazioni

L'insegnamento prevede alcune esercitazioni pratiche da svolgersi presso i laboratori del CESNEF.

Libri consigliati

H.A. Enge: *Introduction to Nuclear Physics*, Addison Wesley Publ.Co., 1972
M. Alonso, E.J. Finn: *Fundamental University Physics*, Voi. Ili, Addison Wesley Publ.Co., 1976 cap. 7,8.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di
FISICA NUCLEARE AV0010
(per allievi nucleari dell'indirizzo materiali)

Prof. Pier Francesco BORTIGNON

Programma di esame

Elementi di meccanica quantistica.
La struttura del nucleo.
Isotopi, Isotoni, Isobari - Raggio del nucleo - Carica - Massa ed energia di legame - Formula semi empirica delle masse - Momenti nucleari.
Forze nucleari.
Il deutone - Scattering neutrone-protone.
Modelli nucleari.
Modello a shell - Moti collettivi.
Processi nucleari.
Legge del decadimento radioattivo - Decadimento *a, fi* - Diseccitazione.
Reazioni nucleari - Fissione - Fusione.
Interazione delle particelle cariche e della radiazione elettromagnetica con la materia.
Applicazioni tecnologiche e metodi nucleari di analisi.

Esercitazioni

Il Corso prevede esercitazioni numeriche in aula ed esercitazioni pratiche da svolgersi presso i laboratori del CESNEF.

Libri consigliati

1) K.S. Krane: *Introductory Nuclear Physics*, J. Wiley *Sz* Sons Ine., 1987
2) W.N. Cottingham &: D.A. Greenwood: *An Introduction to Nuclear Physics*, Cambridge Un. Press, 1986
3) H.A. Enge: *Introduction to Nuclear Physics*, Addison Wesley Pubi. Co., 1972
4) Segrè: *Nuclei and Particles*, W.A. Benjamin, INC, 1964.
5) M. Alonso, E.J. Finn: *Fundamental University Physics*, Voi. Ili, Addison Wesley Pubi. Co., 1976 cap. 7, 8.

Le precederne 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.

Programma delPinsegnamento di

FISICA I AT0002

(per gli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Aeronautica, Chimica, Elettrica, Meccanica e Nucleare)

ProfF. Leonardo BOSI, Adriana FASANA, Procopio QUARTAPELLE.

Programma di 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) 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.

3) 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.

4) 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 di 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 presentari 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,* voi. I (Addison-Wesley Pubi. Co., London), corredato da M.W. Zemanski: *Calore e Termodinamica,* parte I (Zanichelli, Bologna) oppure A. Dupasquier: *Lezioni di Termologia e Termodinamica* (CLUP, Milano).
2. G. Bernardini: *Fisica Generale,* parte I (Libreria Eredi V. Veschi, Roma).

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.

3. R.A. Serway: *Fisica per Scienze ed Ingegneria*, Edizioni S.E.S.
4. D. Sette: *Lezioni di Fisica*, voli. I e II (Libreria Eredi V. Veschi, Roma).

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

FISICA I AT0002/AV0024

(per gli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Civile, Elettronica, Informatica, delle Telecomunicazione e per l'Ambiente e il Territorio)

ProfF. Carlo Enrico BOTTANI, Bruno CANDONI, Grazia GAMBARINI, Giorgio KANIADAKIS, Vittorio MAGNI.

Programma di esame

1. Elementi di metrologia. Le grandezze nella fisica. Proporzionalità tra grandezze. Procedimenti diretti e indiretti di misura. Simboli, espressioni, equazioni dimensionali. Organizzazioni metriche. Regola di omogeneità e controllo dimensionale.

2. Dinamica fisica

A) Indici di stato posizionale; coordinate cartesiane e coordinate polari piane. Indice di stato temporale; tempo e durata. Campioni e misurazioni di lunghezza e durata. Moto del mobile puntiforme: velocità, accelerazione, traiettoria, legge oraria. Moto relativo galileano: ipotesi fondamentali. Terna mobile traslante. Terna mobile rotante; teorema di Coriolis (cenno). Verifica sperimentale della regola di composizione delle velocità e campo di validità di detta regola.

B) Riferimento dei fenomeni meccanici; sistemi inerziali. Massa inerziale, forza, equazione fondamentale del moto. Conservazione della massa in meccanica classica. Teoremi della quantità di moto, del momento della quantità di moto, dell'energia cinetica. Sistemi isolati e verifica sperimentale dei teoremi precedenti. Forze posizionali e conservative. Integrale dell'energia e principio di conservazione dell'energia. Massa relativistica (cenno).

C) Classificazione delle interazioni naturali. Interazione gravitazionale; massa gravitazionale, campo gravitazionale, legge di Newton. Interazione elettromagnetica; carica, campo elettrico. Esperimento di Millikan. Legge di Coulomb. Teorema di Gauss. Campo magnetico. Forza di Lorentz. Deflessioni di particelle cariche in campi elettrici e magnetici stazionari. Esperimenti di Thomson e Kaufmann. Spettrometria di massa. Gli isotopi.

D) Moto relativo di due corpi: orbite chiuse e orbite aperte. Legge di gravitazione universale e sue conseguenze immediate. Il modello di Bohr dell'atomo di idrogeno. Livelli energetici e numeri quantici. Fenomeni d'urto. Esperimento di Franck ed Hertz. Esperimento di Rutherford e dimensioni del nucleo atomico.

E) Il fotone: energia e quantità di moto. L'effetto fotoelettrico e l'effetto Compton. Verifiche sperimentali del principio di conservazione della massa-energia: reazioni chimiche e reazioni nucleari.

F) Proprietà generali del nucleo atomico. Energia di legame. Stabilità e instabilità. Fissione e fusione nucleare.

G) Riferimenti non inerziali. Le forze "apparenti". La forza peso. Campioni di massa e misurazione statica delle masse. Misurazione della costante di gravitazione universale e della accelerazione di gravità. Effetti dovuti alle forze di Coriolis (cenni).

H) Forza specifica superficiale; pressione. Fluidi naturali e ideali. Densità e peso specifico. Teorema di isotropia delle pressioni. Equilibrio dei fluidi. Misurazione della pressione; barometri e manometri.

3. Termodinamica.

A) Descrizione microfisica e macrofisica di un sistema. Trasformazione ed equilibrio di un sistema. Il principio "zero" della termodinamica. Temperatura. Scale termometriche e termometri. Il gas perfetto. Cambiamenti di stato di aggregazione. Quantità di calore. Calori specifici e calori latenti. Misurazione delle quantità di calore.

B) Il teorema dell'energia cinetica applicato ad un sistema di corpuscoli e conseguenze immediate. Equivalenza tra trasferimento di calore e lavoro di forze esterne. Determinazione dell'equivalente

---

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.

dinamico dell'unità di quantità di calore. Esperimenti di Joule e di Hirn. Il primo principio della termodinamica. Trasformazioni reversibili. Impossibilità del moto perpetuo di prima specie. " Produzione di calore". Energia interna del gas ideale. Relazione di Mayer. Trasformazioni reversibili del gas ideale. Ciclo di Carnot compiuto da un gas ideale.

C) Trasformazioni irreversibili ed evoluzione dei sistemi. Postulati di Clausius e di Kelvin. Il secondo principio della termodinamica. Teorema di Carnot. Temperatura termodinamica. Entropia: trasformazioni reversibili e irreversibili. Eguaglianza e disuguaglianza di Clausius. Entropia e probabilità (cenno).

4. Teoria cinetica della materia. Equazione di stato del gas ideale. Teoria cinetica del gas ideale. Interpretazione cinetica della temperatura. Distribuzione delle velocità molecolari: formula di Maxwell. Conferma sperimentale della distribuzione maxwelliana. Il moto browniano. Equipartizione dell'energia. Energia interna e calori specifici dei gas ideali. Gas reali. Curve di Andrews ed equazione di Van der Waals. Interpretazione cinetica della legge di Van der Waals. Cammino libero medio. Attrito interno di un gas (cenno). Determinazione delle dimensioni molecolari e del numero di Avogadro.

Modalità di 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*, voi. I (Addison-Wesley Pubi. Co., London), corredato da M.W. Zemanski: *Calore e Termodinamica*, parte I (Zanichelli, Bologna) oppure A. Dupasquier: *Lezioni di Termologia e Termodinamica* (CLUP, Milano).
2. G. Bernardini: *Fisica Generale*, parte I (Libreria Eredi V. Veschi, Roma).
3. R.A. Serway: *" Fisica per Scienze ed Ingegneria"*, Edizioni S.E.S.
4. D. Sette: *Lezioni di Fisica*, voli. I e II (Libreria Eredi V. Veschi, Roma).

Programma dell'insegnamento di
FISICA I AT0002
(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale)

Proff. Franco CICCACCI, Sandro DE SILVESTRI.

Programma di 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. Beisi 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. Varibili 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 di 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 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,* voi. I (Addison-Wesley Pubi. Co., London), corredato da M.W. Zemanski: *Calore e Termodinamica,* parte I (Zanichelli, Bologna) oppure A. Dupasquier: *Lezioni di Termologia e Termodinamica,* (CLUP, Milano).

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.

2. G. Bernardini: *Fisica Generale*, parte I (Llibreria Eredi V. Veschi, Roma).
3. R.A. Serway: *Fisica per Scienze ed Ingegneria*, Edizioni S.E.S.
4. D. Sette: *Lezioni di Fisica*, voli. I e II (Libreria Eredi V. Veschi, Roma).

Programma dell'insegnamento di
FISICA II AT0003
(per tutti gli allievi elettronici)

Proff. Rinaldo CUBEDDU, Alfredo DUPASQUIER, Vera RUSSO.

Programma di 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.

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.

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 risolvente di un reticolo. Ottica geometrica. Il prisma e sue proprietà. Spettroscopio a prisma. Specchio sferico. Rifrazione su una superficie sferica. Lenti sottili. Formazione deH'immagine. Ingrandimento. Telescopio. Microscopio.

Modalità di 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,* voi. II (Masson Italiana editori, Milano)

E. Arnaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella: *Fisica Generale,* (Zanichelli, Bologna).

R. Blum, E.Roller: *Fisica,* voi. 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)

Feynman, Leighton, Sands: *La fisica di Feynmann* (Addison-Wesley)

Purcell: *Elettricità e Magnetismo. La fisica di-Berkeley,* voi. II parte l e II (Zanichelli, Bologna)

D.Sette: *Lezioni di Fisica,* voi. Ili (elettromagnetismo) e Quaderni di Fisica II (ottica), (Eredi V.Veschi, Roma)

Eserciziari

M. Nigro, C. Voci: *Problemi di Fisica Generale (elettromagnetismo e ottica)* Cortina, Padova.

S. Focardi: *Problemi di Fisica Generale. Elettricità Magnetismo, ottica* Casa, Editrice Ambrosiana, Milano

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di
FISICA II * AT0003
per tutti gli allievi esclusi gli elettronici

ProfF. Ivano ABBATI, Antonio BISI, Giorgio CIUCCI, Bruno DE MICHELIS, Luisa ZAPPA BISI

Programma di esame

FONDAMENTI DI ELETTROMAGNETISMO

1. Fenomeni elettrostatici nel vuoto.

Carica elettrica e campo elettrico *E*. Campo elettrico generato da una carica puntiforme ferma. Principio di sovrapposizione. Dipolo elettrico. Potenziale elettrico. Densità di energia associata al campo elettrico. Ausilii matematici per il calcolo dei campi elettrici: il teorema di Gauss e le equazioni di Poisson e Laplace.

2. Fenomeni di induzione elettrostatica.

Corpi conduttori. Contatto tra conduttori. Distribuzione statica di cariche su corpi conduttori. Calcolo di campi elettrici statici in presenza di conduttori. Condensatore. Capacità. Strumenti di misura e generatori elettrostatici.

3. Fenomeni di polarizzazione dei dielettrici.

La distribuzione di carica in un dielettrico polarizzato. I vettori *P* e *D*. Suscessività dielettrica e costante dielettrica. Discontinuità tra dielettrici. Calcolo di campi elettrici in presenza di dielettrici. Interpretazione microscopica delle proprietà dei dielettrici.

4. Fenomeni associati al moto stazionario di cariche.

Intensità e densità di corrente. Equazione di continuità. Meccanismi di trasporto della carica: gas ionizzati, elettroliti, semiconduttori, metalli, superconduttori. Circuiti elettrici. Forza elettromotrice e bilanci energetici. Forza magnetica su cariche in moto e definizione del campo magnetico *B*. Forza magnetica su un filo percorso da corrente. Campo magnetico generato da un filo percorso da corrente stazionaria. Definizione dell'ampère internazionale. Dipolo magnetico e teorema di equivalenza. Strumenti di misura a bobina mobile. Magnetometro Hall.

5. Fenomeni di polarizzazione magnetica della materia.

Correnti di magnetizzazione. Vettori *H* e *M*. Suscettività magnetica e permeabilità magnetica. Materiali diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici. Interpretazione microscopica delle proprietà magnetiche della materia. Momento magnetico di spin.

6. Fenomeni elettromagnetici dipendenti dal tempo.

Esperimenti di Faraday e correnti indotte. Flusso magnetico. Legge di Faraday-Neumann-Lenz. Densità di energia del campo elettromagnetico. Autoinduzione e mutua induzione. Misura di *B* mediante galvanometro balistico. Legge di Ampère-Maxwell e corrente di spostamento. Emissione di energia da cariche in moto non stazionario.

7. Elementi di metrologia.

Espressioni dimensionali ed unità di misura delle grandezze elettriche e magnetiche. Il Sistema Intemazionale.

FONDAMENTI DI ACUSTICA E OTTICA

1. Onde acustiche.

Onde di pressione in un gas. Velocità del suono. Trasporto di energia associato alla propagazione di onde sonore. Spettro di un'onda sonora. Onde stazionarie. Battimenti. Effetto Doppler acustico.

2. Ondte elettromagnetiche.

Esperienze di Hertz. Propagazione di onde elettromagnetiche nel vuoto. Onde piane ed onde sferiche. Radiazione di dipolo. Trasporto di energia, quantità di moto e momento angolare associato ad

---

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.

onde elettromagnetiche. Vettore di Poynting. Effetto Doppler elettromagnetico. Propagazione nei dielettrici e fenomeni di dispersione. Velocità di fase e velocità di gruppo.

3. La luce.

Sensazioni luminose. Natura elettromagnetica della luce. Misura della velocità della luce. Intensità luminosa. Spettro di una radiazione luminosa. Raggi ***X*** e raggi ***T***. Emissione ed assorbimento. Effetto fotoelettrico. Diffusione coerente. Diffusione incoerente ed effetto Compton. Cammino ottico. Principio di Huygens. Riflessione e rifrazione su superfici piane. Riflessione totale; fibre ottiche. Dispersione della luce ed analisi spettrale mediante prisma. Polarizzazione della luce. Angolo di Brewster. Birifrangenza. Filtri polarizzatori. Potere rotatorio.

4. Fenomeni di interferenza e diffrazione.

Coerenza di sorgenti luminose. Interferenza; caso delle fenditure sottili. Diffrazione di onde piane (casi di Fraunhofer). Reticoli di diffrazione. Analisi spettrale mediante reticoli di diffrazione. Diffrazione di raggi ***X*** in cristalli.

5. Ottica geometrica.

Approssimazioni caratteristiche dell'ottica geometrica. Diottro sferico e specchi sferici. Sistemi ottici centrati. Punti cardinali. Lenti sottili. Strumenti ottici. Potere risolutivo di uno strumento ottico. Aberrazioni.

Modalità di 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 elencati in ordine alfabetico:

1. M. Alonso & E.J. Finn: *Elementi di Fisica per l'Università*, voi. II (Addison-Wesley Pubi. Co.).
2. E. Arnaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella: *Fisica generale*, (Zanichelli, Bologna).
3. D. Sette: *Lezioni di Fisica*, voi. Ili (Elettromagnetismo) e quaderni di Fisica II (Ottica) (Libreria eredi V. Veschi - Roma).
4. Lovitch e S. Rosati: *Fisica Generale (Elettricità, Magnetismo, Ottica)* (Casa Editrice Ambrosiana, Milano).

Programma dell'insegnamento di
FISICA TECNICA AK0003
(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica)
Prof. Maria Nives BATTISTON

Programma di esame

A) TERMODINAMICA
A.l - Generalità e definizioni
A.2 - Primo principio della termodinamica
A.2.1 - Formulazione
A.2.2 - Energia interna
A. 2.3 - Alcune trasformazioni particolari - Poli tropiche
A.2.4 - Sistemi con deflusso
A.3 - Secondo principio della termodinamica
A.3.1 - Formulazione assiomatica - considerazioni
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 relativi calcoli - 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.7.2 - Regime di moto di fluidi nei condotti - Calcolo delle perdite di carico nel moto dei fluidi.
A.8 - Aria umida
A.8.1 - Proprietà termodinamiche dell'aria umida - Relazioni per il calcolo di alcune proprietà: titolo, entalpia, volume specifico, temperatura di saturazione adiabatica e di rugiada
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.
A. 10 - Impianti di condizionamento dell'aria
A. 10.1 - Generalità, condizioni di benessere
A. 10.2 - Impianti di trattamento dell'aria - Cenni relativi ai calcoli per la progettazione
B) TRASMISSIONE DEL CALORE
B. l - Generalità - Trasmissione del calore e termodinamica
B.1.2 - Leggi fondamentali dello scambio termico
B.2 - Conduzione mono dimensionale 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

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.

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 - Correlazioni
B.6.2 - Convezione forzata - Correlazioni
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 di 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. Sejndlin: *Termodinamica Tecnica* Editori Riuniti - Edizioni Mir.

Programma dell'insegnamento di

FISICA TECNICA **AK0003**

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Chimica e Nucleare)

Prof. Ernesto PEDROCCHI

Programma di 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) Concetti base e postulati: La natura della termodinamica - Sistemi termodinamici - Pareti e vincoli - Introduzione dell'energia interna - Equilibrio termodinamico - I postulati entropici.

3) Condizioni di equilibrio Trasformazioni quasi statiche (o internamente reversibili) - Le equazioni di stato - Equazione di Eulero e relazioni di Gibbs-Duhem - Problema generale dell'equilibrio di un sistema - Equilibrio termico - Temperatura - 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 - Descrizione dei sistemi di cui non si conosce la relazione fondamentale - Calori specifici e coefficienti di dilatazione isobara a temperatura zero - Depositi e serbatoi di lavoro e calore.

4) I potenziali termodinamici: Potenziali termodinamici.

5) Proprietà dei gas: Gas ideale monocomponente - Proprietà del gas ideale monocomponente - Calori specifici dei gas ideali - Gas reale monocomponente - Il gas ideale multicomponente (miscele di gas ideali).

6) Proprietà dei liquidi e dei solidi semplici: Proprietà generali.

7) Trasformazioni per i sistemi semplici: Le relazioni di Maxwell - Trasformazioni termodinamiche per i sistemi semplici - Trasformazione adiabatica isoentropica, isoterma, isoenergetica, isoentalpica (Effetto Joule-Thomson) - Trasformazioni politropiche per gas ideali.

8) Trasformazioni in un fluido con deflusso Generalità - Bilancio energetico - Applicazione alle trasformazioni chiuse (cicli) - Bilancio entropico.

9) Processi e macchine termodinamiche: Processi termodinamici di trasformazione di calore in lavoro (processo diretto) - Misurabilità della temperatura - Concetto di energia non disponibile e di energia non utilizzata - Frigoriferi e pompe di calore (processo inverso) - La macchina trasformatrice - Analisi entropica dei processi ciclici.

10) Cicli termodinamici a gas: Cicli termodinamici a gas.

11) Stabilità dell'equilibrio dei sistemi termodinamici: Stabilità intrinseca di un sistema monocomponente - Stabilità mutua di un sistema composto da più sottosistemi semplici monocomponenti.

12) 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.

13) Cicli termodinamici con cambiamenti di fase: Generalità sui cicli a vapore - Ciclo di Rankine a vapore d'acqua, calcolo delle sue caratteristiche energetiche - Cicli frigoriferi - Calcolo dei parametri energetici del ciclo frigorifero a compressione.

14) Exergia: Entalpia utilizzabile - Ambiente di riferimento e stato morto. Exergia - Rappresentazione grafica - Rendimenti exergetici - Diagrammi di flusso exergetico.

15) Miscele di gas e vapori. Aria umida - Miscele di gas e vapori - L'aria umida - Grandezze caratteristiche e stati di quilibrio dell'aria umida - Il diagramma di Mollier per l'aria umida - Le trasformazioni isobare dell'aria umida - Cenni di condizionamento.

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.

B) FENOMENI DI TRASPORTO

1) **Generalità sui fenomeni di trasporto:** Introduzione - Relazioni di bilancio - I meccanismi del trasporto - Struttura delle equazioni di bilancio - 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 del calore nei solidi e nei fluidi in quiete:** Relazione di bilancio energetico in un solido o in un fluido in quiete (equazione di Fourier) - Scrittura della equazione di Fourier in diversi sistemi di coordinate - Risoluzione dell'equazione di Fourier per alcuni casi pratici di regime stazionario - Conduzione con conducibilità variabile (esempio) - Risoluzione dell'equazione di Fourier nel caso di regime variabile - Problemi di conduzione.

3) **Moto di fluidi in condotti:** Generalità - Bilancio globale di massa - Bilancio globale della quantità di moto - Bilancio globale dell'energia - 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 - Coefficiente di trasmissione del calore in convezione forzata con gas e liquidi poco viscosi e di bassa conducibilità - Coefficienti di trasmissione del calore in convezione naturale con gas e liquidi poco viscosi e di bassa conducibilità - Profilo termico in regime stazionario di una barretta scaldata ad un estremo - Le alettature - La trasmissione del calore convettiva con i metalli liquidi - Coefficiente di trasmissione del calore per convezione forzata e naturale con i metalli liquidi.

5) **Trasmissione di calore per irraggiamento:** Generalità - Meccanismi dell'irraggiamento - Assorbimento ed emissione di energia raggiante - Dimostrazione della legge di Kirchhoff - Leggi di Planck, di Stephen-Boltzmann e di Wien - Calore scambiato per irraggiamento fra corpi neri - Calore scambiato per irraggiamento fra corpi grigi - Schermi antiradianti - L'irraggiamento solare.

6) **Scambiatori di calore:** generalità, classificazione, disposizione delle correnti fluide negli scambiatori a contatto indiretto - 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 di esame

L'esame è orale su due argomenti uno di termodinamica uno di fenomeni di trasporto.

Libri consigliati

Pedrocchi, M. Silvestri: *Introduzione alla Termodinamica Tecnica*, CLUP.
E. Pedrocchi, M. Silvestri: *Introduzione ai Fenomeni di Trasporto*, CLUP.
G. Giambelli, C. Magli: *Fisica Tecnica Esercizi*, CLUP.
Per ulteriori approfondimenti:
F. F. Huang: *Engineering Thermodynamics*, Mac Millan P. Co. Ine.
H. **B.** Callen: *Thermodynamics*, Wiley and Sons o edizione italiana Tamburini.
W. Zemansky: *Heat and Thermodynamics*, Me Graw-Hill o edizione italiana Zanichelli.
M. Jacob: Heat Transfer, Wiley and Sons.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

FISICA TECNICA **AK0003**

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Civile e della Difesa del Suolo)

Proff. Cesare Maria JOPPOLO, Salvatore MARTORANA

Programma di esame

A) **TERMODINAMICA**

1) Concetti base e postulati:

Sistemi termodinamici - Parametri estensivi - Stati di equilibrio - Postulati - Equazione fondamentale - Processi reversibili e irreversibili.

2) Equilibrio dei sistemi termodinamici:

Parametri intensivi - Equilibri termico, meccanico, chimico - Condizioni di equilibrio - Equazioni di stato.

3) Relazioni formali:

Equazione di Eulero - Equazione di Gibbs-Duhem - Gradi di libertà dei sistemi termodinamici.

4) Potenziali termodinamici:

Trasformazioni di Legendre - Potenziali termodinamici energetici ed entropici - Proprietà.

5) Coefficienti di particolare interesse:

Calori specifici - Coefficiente di dilatazione isobara - Coefficiente di comprimibilità isoterma.

6) Riduzione delle derivate termodinamiche:

Determinanti Jacobiani - Relazioni di Maxwell - Relazioni termodinamiche.

7) Stabilità dei sistemi termodinamici:

Stabilità intrinseca e mutua dei sistemi monocomponenti - Condizioni di stabilità - Cenni sulla stabilità dei sistemi multicomponenti.

8) Postulato di Nernst:

Principio di Thomsen e Berthelot, considerazioni critiche - Postulati di Nernst e di Planck - Irraggiungibilità dello zero assoluto.

9) Proprietà termodinamiche delle sostanze pure:

Gas, liquidi, solidi - Equazioni di stato - Calori specifici, coefficienti di dilatazione isobara, coefficienti di comprimibilità isoterma.

10) Transizioni di fase:

Sistemi omogenei ed eterogenei - Fasi - Regola delle fasi - Transizioni del primo ordine nei sistemi monocomponenti, discontinuità, equazione di Clapeyron-Clausius - Diagrammi di stato - Transizioni del primo ordine nei sistemi multicomponenti - Cenni sulle transizioni di ordine superiore.

11) Proprietà termodinamiche delle miscele gassose, aria umida:

Miscele di gas, di gas e vapori - Aria umida, processi isobari, diagrammi psicrometrici, cenni sul condizionamento dell'aria.

12) Conversione dell'energia termica: **v**

Processi di massimo rendimento - Motori, frigoriferi, pompe di calore - Cicli a gas e a vapore.

B) **FENOMENI DI TRASPORTO**

1) Generalità:

Equazioni di bilancio, loro struttura - Trasporti molecolare e turbolento - Leggi di Newton, Biot-Fourier, Fick, estensione formale alla componente turbolenta - Analisi dimensionale.

2) Moto dei fluidi monofase nei condotti:

Bilanci globali della massa, della quantità di moto, dell'energia - Perdite di carico, loro valutazione - Profili di velocità.

3) Conduzione del calore nei solidi e nei fluidi in quiete:

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.

Equazione indefinita della conduzione - Condizioni al contorno - Metodi di integrazione.

4) Trasferimento del calore nei fluidi monofase:

Convezione naturale e forzata - Valutazione dei coefficienti di convezione - Correlazione dei dati sperimentali.

5) Energia raggiante e trasferimento del calore per irraggiamento:

Emissione e assorbimento, propagazione - Leggi di Planck, Stephan-Boltzmann, Wien, KirchhofF, Lambert - Scambio di calore tra corpi comunque posizionati, neri e grigi.

6) Trasferimento del calore in geometrie semplici:

Strati piani, cilindrici e sferici, in regime stazionario condizioni al contorno adduttive - Strati piani irraggiati parzialmente assorbenti, in regime stazionario, con condizioni al contorno adduttive - Solido semi-infinito con temperatura superficiale variabile periodicamente.

7) Scambiatori di calore.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità di esame

L'esame è orale.

Libri consigliati

E. Pedrocchi, M. Silvestri: *Introduzione alla Termodinamica Tecnica*, CLUP.

E. Pedrocchi, M. Silvestri: *Introduzione ai Fenomeni di Trasporto*, CLUP.

G. Giambelli: *Trasmissione del Calore*, Tamburini. À

H. B. Callen: *Thermodynamics*, Wiley and Sons o edizione italiana Tamburini.

M.W. Zemansky, M.N. Abbott, H.C. Van Ness: *Fondamenti di Termodinamica per Ingegneri*, edizione italiana Zanichelli.

B.V. Karlekar, R.M. Desmond: *Engineering Heat Transfer*, West Pu. Co..

F. W. Schmidt, R.E. Henderson, C.H. Wolgemuth: *Introduction to Thermal Transfer*, J. Wiley.

Programma dell'insegnamento di

FISICA TECNICA AK0003

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria elettronica ed Elettrotecnica)

Proff. Ugo BIELLI, Giovanni DE GIORGIO, Adriano MUZZIO, Francesco STURLESE

Programma di 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, potenziale 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 convenzione. 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 raggiante. Leggi di Kirchhoff, Plank, Stefan-Boltzmann e Wien. Scambio termico radiativo tra corpi neri. Scambio termico radiativo tra corpi grigi. Flusso di energia raggiante in mezzi assorbenti. Irraggiamento solare.

5. Scambiatori di calore: Tipologia: Bilancio energetico globale. Relazioni di progetto. Efficienza. Considerazioni progettuali.

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.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e da complementi.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

- E. Pedrocchi, M. Silvestri: *Introduzione alla termodinamica,* CLUP.
- E. Pedrocchi, M. Silvestri: *Introduzione ai fenomeni di trasporto,* CLUP.
- H.B. Callen: *Termodinamica,* Tamburini.
- W. Zemansky: *Calore e termodinamica,* Zanichelli.
- M.N. Abbot, H.C. Van Ness: *Termodinamica,* ETAS Libri.
- F. Kreith: *Principi di trasmissione del calore,* Liguori.

Letture specifiche verranno segnalate durante il corso.

Programma delPinsegnamento di

FISICA TECNICA **AK0003**

per gli allievi dei Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale/delle Tecnologie Industriali)

ProfF. Sergio AROSIO, Grazia DASSÙ MARCHESI

Programma di 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 bifase.
- I diagrammi di stato per la sostanza pura: diagramma h,s per l'acqua; diagramma P,h per l'ammoniaca.
- Le tabelle termodinamiche: le tabelle per il vapore d'acqua.
- I cicli delle macchine a gas e a vapore: Otto, Diesel, Joule, Rankine, cicli frigoriferi.
- La pompa.
- Sviluppo del formalismo termodinamico: i potenziali termodinamici, le relazioni di Maxwell.
- La liquefazione dei gas.
- Gas perfetti e gas reali.
- Efflusso di gas a vapori.
- Miscele di gas perfetti. Miscele di gas a vapore: l'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). I metodi numerici e grafonumerici per la soluzione dei problemi di conduzione.
- Convezione: legge di Newton; il metodo di Buckingham pervia determinazione dei numeri adimensionali caratteristici; relazioni sperimentali e loro impiego. x>
- 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 di 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.

Le precedense 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 precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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.
A. Niro, G. Dassù: *Esercizi di Termodinamica*, CUSL, Milano.
Termodinamica (Prof. S. Arosio)
G. Giambelli, C. Magli: *Esercizi di Fisica Tecnica*, CLUP, Milano.
M.W. Zemansky: *Calore e Termodinamica*, Zanichelli, Bologna.
Trasmissione del calore (Prof. G. Dassù)
G. Dassù: *Appunti di Fisica Trasmissione del Calore*, CUSL, Milano.
Trasmissione del Calore (Prof. S. Arosio)
E. Pedrocchi, M. Silvestri: *Fenomeni di trasporto*, CLUP, Milano.

Programma delPinsegnamento di

FISICA TECNICA AK0003

(per gli allievi del Corso di laurea in Ingegneria Meccanica)

Prof. Giorgio SOTGIA

Programma di esame

A) **TERMODINAMICA**

1) Sistemi fisici:

Sistemi fisici, grandezze caratteristiche, contorno di un sistema e sue proprietà - Natura della termodinamica, grandezze estensive ed intensive - Equilibrio, vincoli. Grandezze di stato.

2) I principi della termodinamica:

Energia interna e sua misurabilità, lavoro meccanico, calore, convenzioni di segno, formulazione classica e postulatoria della termodinamica. Formulazione del *1°* principio della termodinamica le equazioni di stato. L'entropia e le sue proprietà generali (II principio). Il problema base della termodinamica, condizioni di equilibrio. Relazioni di Eulero e Gibbs-Duhem.

3) Processi e macchine termodinamiche

Processi termodinamici, processi quasi statici e reversibili - Sorgenti e depositi di calore e di lavoro, processi di massimo lavoro - Macchine termiche, cicli, rendimento termodinamico ideale. Proprietà generali dei cicli, bilanci energetici ed entalpici. Esempi. Cicli frigoriferi. Effetti della irreversibilità nei processi di conversione. Rendimento di un sistema reale.

4) I potenziali termodinamici

I potenziali termodinamici - I principi della termodinamica nel quadro dei potenziali. L'energia libera di Helmhotz - L'entalpia, il potenziale di Gibbs.

5) Le relazioni tra le derivate, le relazioni di Maxwell:

Relazioni formali fra le derivate, le relazioni di Maxwell nel quadro dei potenziali, applicazioni, analisi dei processi, effetto Joule-Thomson.

6) Proprietà termodinamiche delle sostanze:

Coefficienti di particolare interesse, equazione fondamentale per i gas ideali. Calori specifici per i gas ideali, gas ideale multicomponente - Trasformazioni politropiche per i gas ideali - Proprietà dei gas reali, dei liquidi (cenni).

7) Transizioni di fase e diagrammi di stato:

Stabilità intrinseca dei sistemi monocomponenti - Sistemi eterogenei, fasi, loro equilibrio, regola delle fasi, transizioni di fase in sistemi monocomponenti - L'equazione di Clausius-Clapeyron. Il punto triplo - Il punto critico. Diagrammi di stato delle sostanze pure - Superficie p-v-T, piani (p-v) e (T-s). Diagrammi di Mollier dell'acqua, altri diagrammi.

8) Le equazioni di conservazione dell'energia e della massa:

II concetto di bilancio. L'equazione di conservazione della massa, l'equazione dell'energia per i continui in moto - Macchina termica in regime stazionario, casi perticolari. Bilancio entropico.

9) Termodinamica degli efflussi aeriformi, rapporto critico, numero di Mach - condotti convergenti divergenti.

10) Generalità sui cicli a gas:

Il ciclo di Carnot, cicli reversibili e non - Cheli Stirling, Otto, Joule, Diesel, la rigenerazione, l'analisi entropica.

11) Generalità sui cicli a vapore:

Ciclo Rankine, surriscaldamento, per aumentare il rendimento - Rigenerazione - Bilancio del ciclo e calcolo del rendimento - Cicli frigoriferi a compressione - Schema dei componenti, valvola di laminazione, efficienza, bilancio del ciclo, bilanci ed analisi entropiche. Liquefazione dei gas.

Le precederne 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.

12) Miscele di gas e vapori:
Aria umida - Diagrammi psicrometrici - Trattamento dell'aria - Misure dell'umidità - cenni di condizionamento.

B) TRASMISSIONE DEL CALORE

1) Generalità su fenomeni di trasporto, bilanci, meccanismi:
Trasporto molecolare di calore, postulato di Fourier.

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 Fourier in forma adimensionale, numeri di Fourier e Biot. Regime non stazionario. Le alettature.

3) Trasmissione del calore per convezione:
Coefficiente di convezione, scambio tra fluidi e parete - Modalità nella convezione: convezione forzata, convezione naturale. Trattazione adimensionale. Teorema di Buckingham. Numeri di Nusselt, Reynolds, Prandtl e Grashof. Validità delle correlazioni, coefficienti di trasmissione in convezione forzata con gas e liquidi, coefficienti di convezione naturale (laminare e turbolenta).

4) **Trasmissione del calore per irraggiamento:** Generalità, meccanismi, assorbimento, emissione, corpo nero, legge di Kirchhoff - Leggi dell'emissione per il corpo nero: legge di Planck, di Stephan-Boltzman e di Wien - Calore scambiato per irraggiamento fra corpi neri - Calore scambiato fra corpi grigi, fattori di forma, schermi antiradianti - L'irraggiamento solare, superfici selettive.

5) **Scambiatori di calore:** tipi, bilancio di uno scambiatore a superficie, teoria degli scambiatori a flussi paralleli - Salto medio logaritmico, efficienza - Scambiatori a flussi non paralleli, metodi di calcolo.

6) Resistenze fiuidodinamiche:
II termine di degradazione energetica - Le resistenze al moto, regime laminare e turbolento (cenni) - Analisi dimensionale: numeri di Reynolds ed Eulero - fattore di attrito per flusso sviluppato in condotti, cenno alle dissipazioni nella singolarità.

Esercitazioni

Sono costituite da applicazioni numeriche e dalla illustrazione fino al risultato di brevi argomenti monografici riguardanti sistemi termotecnici.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale in cui si vuole accertare la conoscenza degli argomenti del corso e l'attitudine alla loro applicazione ai problemi tecnici. È indispensabile il corretto impiego di diagrammi e tabelle termodinamiche e il corretto impiego delle unità di misura.

Libri di testo

A. Muzzio, G. Sotgia: *Lezioni di Fisica Tecnica - Termodinamica* - SPIEGEL, Milano.
E. Pedrocchi, M. Silvestri: *Introduzione ai Fenomeni di Trasporto* - CLUP, Milano.

Libri consigliati

F. S. Huang: *Engineering Thermodynamics, Foundamentals and applications* - MAC Mlllan, New York.
G. Guglielmini, C. Pisoni: *Elementi di Trasmissione del calore* - Editoriale Veschi MASSON Spa, Milano.
G. Dassù: *Appunti di Fisica Tecnica: Termodinamica* - CUSL, Milano.
G. Dassù, F. Sturlese: / *principi della termodinamica* - CUSL, Milano.
G. Dassù: *Appunti di Fisica Tecnica: Trasmissione del calore* - CUSL, Milano.
G. Giambelli: *Lezioni di trasmissione del calore* - MASSON, Milano.
J.P. Holman: *Heat Transfer* - Me GRAW-HILL.
F. Kreith: *Principi di trasmissione del calore* - LIGUORI, Napoli.

Eserciziari consigliati

A. Niro, G. Dassù: *Esercizi di Termodinamica* - CUSL, Milano.
G. Guglielmini, E. Nannei, C. Pisoni: *Problemi di termodinamica tecnica e trasmissione del calore*
E. Bettanini, F. De Ponte: *Problemi di trasmissione del calore* - Ed. Universitaria PATRON, Padova.

Programma dell'insegnamento di

FISICA III AT0004

Prof. Lucio BRAICOVICH

Programma di 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 corpuscolari della radiazione elettromagnetica. Effetto fotoelettrico. Effetto Compton.

2. La crisi della meccanica classica e i fondamenti della meccanica quantistica.

Il principio di Heisemberg 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.

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*, voi. Ili, Addison Wesley Pubi. Co.

Allievi corso di laurea in Ingegneria Nucleare:

- Gasiorowitz: *Quantum Physics*, John Wiley.

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.

Programma dell'insegnamento di

FLUIDODINAMICA SPERIMENTALE AL0009

Prof. Arturo BARON

Programma di esame

Richiami sulle proprietà dei fluidi. Proprietà termodinamiche: densità, pressione, temperatura e viscosità. Proprietà cinematiche e vettoriali: velocità, vorticità, portata, flusso e circolazione, linee di corrente, linee di flusso, traettorie e fronti di avanzamento.

Principi fisici. Conservazione della massa, teorema della quantità di moto. Primo principio della termodinamica: dissipazione viscosa.

Leggi di similitudine. Quantità adimensionali: numeri di Reynolds, Prandtl, Mach, Froude, Nusselt, Strouhal, ecc.

Fenomenologia del moto dei fluidi. Moti conservativi. Moti non conservativi: laminari, transizionali e turbolenti. Aspetti qualitativi della turbolenza: scale, frequenze, intermittenza e trascinamento. Strati limite e scie. Separazione dello strato limite. Effetti della comprimibilità: espansione, compressione, onde d'urto.

Moto nei condotti. Perdite di carico distribuite e concentrate. Condotti a sezione costante, convergenti, gomiti. Condotti divergenti e recupero di pressione.

Cenni alle macchine fluidodinamiche. Macchine radiali e assiali: principi di funzionamento. Grandezze e parametri caratteristici: portata, prevalenza, potenza e rendimenti. Diagrammi caratteristici.

Impianti per la sperimentazione fluidodinamica. Gallerie a vento ed idrodinamiche: tipologia ed elementi essenziali, qualità di vena, interferenze, criteri di progettazione.

Tecniche di visualizzazione. Principi generali. Uso di traccianti liquidi, solidi e gassosi. Metodi ottici: shadowgraph, Schlieren, interferometria. L'analogia idraulica. Tecniche di registrazione e interpretazione delle immagini.

Misura delle grandezze fluidodinamiche. Misure dirette e indirette. Misure di pressione: sonde, trasduttori. Misure di velocità: tubo di Pitot, anemometria a filo caldo e velocimetria laser. Misure di sforzi e di forze. Catene di misura. Cenni all'acquisizione dei dati.

Prove fluidodinamiche. Prove di profili. Prove su modelli di velivoli. Cenni alle prove non aeronautiche.

Statica dei fluidi. Principi di Pascal e di Archimede. Legge di Stevino. Gradiente verticale di pressione.

L'atmosfera ed i suoi moti. Composizione dell'atmosfera. Gradienti verticali di temperatura, densità e pressione. Stabilità dell'equilibrio verticale e moti ascensionali, formazione delle nubi, fronti, venti, moti vorticosi e turbolenza nell'atmosfera. Cenno alle conseguenze dei moti dell'atmosfera sul volo.

Libri consigliati

M.Van Dyke: *An Album of Fluid Motion*, The Parabolic Press, Stanford, California, 1982.
Shapiro: *Profili veloci*, Zanichelli, Bologna.
J. E. Alien: *Aerodynamics: The Science of air motion*, Me Graw-Hill, 1982.
A.R. Paterson: *A First Course in Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, 1983.
E. Mattioli: *Aerodinamica*, Levrotto e Bella, Torintf, 1988.
K. Karamcheti: *Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics*, Krieger Pubi.Co, Malabar, Florida, 1980.
W. Merzkirch: *Flow Visualization*, Academic Press, 1974.
H.Rouse: *Elementary Mechanics of Fluids* - John Wiley &: Sons, New York, 1946.

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.

T. Cebeci, P. Bradshaw: *Momentum Transfer in Boundary Layers*, Hemisphere-Mc Graw-Hill, 1977.
P. Bradshaw: *An Introduction to Turbolence and its Measurements*, Pergamon Press, 1971.
R.Goldstein: *Fluid Mechanics Measurements*, Hemisphere Pubi. Co., Springer-Verlag, 1983.
I.E. Idel'cik: *Memento des pertes de charge*, Eyrolles Editeur, Parigi, 1960.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

FONDAMENTI DI INFORMATICA AG0200

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica)

Prof. Stefano CRESPI REGHIZZI

Programma di esame

1. Architettura hardware e software

Introduzione al corso. Sistemi di numerazione. Sistema binario. Periferiche. Memorie. Memoria centrale e unità centrale. Il sistema operativo, sue funzionalità. Concetto di processo e di sua esecuzione. Concetto di interruzione. Collegamento a distanza e trasmissione dati. Cenni alle reti di calcolatori.

Gli elaboratori personali. Il sistema operativo DOS ed i programmi di supporto. File System e comandi base. Introduzione all'uso editor e word processing. La catena di programmazione: compilazione, link, esecuzione.

2. Programmazione

CONCETTI GENERALI

Il concetto di algoritmo. Rappresentazione di algoritmi tramite diagrammi a blocchi. Rappresentazione e codifica delle istruzioni in un linguaggio formale. Strutture di controllo. Tipi semplici e tipi complessi. Ingresso ed uscita. Procedure e funzioni. Ricorsione. Metodi per il passaggio dei parametri. Metodologie per la costruzione e documentazione dei programmi; criteri di programmazione. Strutture dati dinamiche. Tecniche di progetto, debug e convalida dei programmi.

PASCAL

Concetti base: struttura di un programma. Variabili e tipi di dati semplici. Strutture di controllo. Tipi di dati complessi: array, record, variant, file, set. Procedure e funzioni. Passaggio di parametri a procedure e funzioni. Concetto ed esempi di ricoesione. Cenni alla modularietà (utilizzando come spunto il linguaggio Modula 2). Classiche strutture dati costruite tramite puntatori (liste, alberi). Allocazione dei dati e modello runtime di esecuzione. Tecniche tradizionali di debugging.

FORTRAN (Cenni)

Principali differenze rispetto al Pascal (allocazione statica, formati di ingresso/uscita, meccanismi di condivisione di aree dati fra procedure). Un semplice esempio.

3. BANCHE DATI E STRUMENTI DI PRODUTTIVITÀ

SQL come linguaggio standard di interrogazione. Fondamenti concettuali: l'algebra relazionale. Definizione dei dati. Il blocco SQL. Interrogazioni complesse. Collegamento con il linguaggi di programmazione. Interfacce utenti di facile interazione con le basi di dati. Uso di strumenti di produttività. Risoluzione di problemi concreti.

Modalità di esame

L'esame consiste in un progetto, assegnato di appello in appello, che dovrà essere svolto al centro di calcolo (aula Prometeus) su macchine tipo PC-IBM. Al momento dell'esame, oltre alla verifica dell'effettivo funzionamento del progetto (requisito essenziale), i candidati dovranno sostenere una prova orale sulle varie parti del programma.

Libri consigliati

Per lo studio della programmazione e del linguaggio Pascal:

Welsh e Elder: *Introduzione al Pascal*, Editoriale ESA, II ed., 1990.

Per le esercitazioni sullo sviluppo di progetti nel linguaggio Pascal è consigliato:

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.

Lanzerini e Atzeni: *Progetto di programmi in Pascal*, CLUP.
Per l'introduzione all'informatica e alla struttura del calcolatore:
S. Ceri: *Architettura dei sistemi informatici*, CLUP, 1991 (in preparazione),
oppure appunti del corso.
per lo studio del linguaggio Fortran, si consiglia: Lignelet: *FORTRAN 77* e *estensioni*, Masson.
oppure:
Metcalf and Reid: *FORTRAN 90 explained*, Oxford University Press, 1990.
Per lo studio dei sistemi di gestione delle basi-dati è consigliato:
Date: *Introduzione alle basi di dati*, Addison-Wesley.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

FONDAMENTI DI INFORMATICA AG0200

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Chimica, Elettrotecnica e Nucleare)

Prof. Lorenzo MEZZALIRA

Programma di 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) Cenni alla struttura e all'impiego di un sistema di calcolo.
4) Progetto di programmi con l'utilizzo di un linguaggio didattico (PASCAL) 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.
5) Struttura di un programma: organizzazione a sottoprogrammi esterni e interni.
6) Metodologie di progetto dei programmi: sviluppo "passo-passo" e progetto modulare.
7) Rappresentazione dei programmi durante l'esecuzione. Allocazione statica e dinamica della memoria. Trasmissione dei parametri fra differenti unità di un programma: modalità di trasmissione per valore e per indirizzo. Sottoprogrammi ricorsivi.
8) progetto di strutture di dati. Tabelle e liste non sequenziali. Rappresentazione di alberi e grafi.
9) 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.
10) Esame critico dei più noti linguaggi di programmazione: FORTRAN, COBOL, PASCAL.

Esercitazioni

Non esiste una separazione rigida fra lezioni ed esercitazioni, poiché gli argomenti del corso vengono spesso introdotti e motivati mediante esempi di programmi. È prevista e stimolata una notevole attività sperimentale su calcolatore.

Modalità di 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

P. Della Vigna, C. Ghezzi, R. Morpurgo *Fondamenti di Informatica*, CLUP Ed., Milano 1980.
A. Celentano *Fortran 77*, CLUP Ed., Milano 1983.
A. Celentano *Note di documentazione progetto e verifica dei programmi*, CLUP Ed., Milano 1981.
G. Cioni, S. Crespi Reghizzi, M. Moscarini *II Pascal*, CLUP Ed., Milano 1981.
A. Celentano *II progetto di un programma*, CLUP Ed., Milano 1981.
Manuali di programmazione FORTRAN e PASCAL per i calcolatori UNIVAC serie 1100, CLUP Ed.
M. Gini *Introduzione al sistema operativo EXEC8*, Ed. CLUP, Milano 1982.
W. Findlay, D.A. Watt *Introduzione al PASCAL*, ETAS Libri Ed., 1983.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

FONDAMENTI DI INFORMATICA I AG0200

(per gli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni)

ProfF. Fausto DISTANTE, Alfonso FUGGETTA, Giuseppe PELAGATTI

rogramma di 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.

La programmazione nei linguaggi MODULA 2 e PASCAL

Aspetti fondamentali della programmazione (numerici e non) utilizzando il linguaggio MODULA 2;
Il linguaggio PASCAL come sottoinsieme leggermente variato del MODULA 2 e la realizzazione di programmi effettivi in TurboPASCAL;
Aspetti fondamentali della ricorsione e dei dati ad allocazione dinamica, 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;
Utilizzazione dei servizi di un sistema operativo, in particolare dei servizi di gestione file;
Il modello di esecuzione di un programma PASCAL a livello assembler.

Applicazioni e altri aspetti dell'informatica

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta, nella realizzazione di un elaborato e nella sua discussione.
La realizzazione di un elaborato sufficiente costituisce condizione necessaria per il superamento dell'esame, ma non modifica il voto finale.
L'elaborato deve essere consegnato prima di presentarsi alla prova scritta.
Per ogni appello d'esame verrà fissato un diverso tema per l'elaborato e comunicato con sufficiente anticipo. Nel caso di elaborato sufficiente e scritto insufficiente è facoltà del docente decidere di mantenere valido l'elaborato per un altro appello.

Libri consigliati

1) D. Mandrioli: *Elementi di Informatica*, McGraw-Hill.
2) G. Pelagatti: *Sistemi di elaborazione: architetture Hardware e Software*, McGraw-Hill, (cap. 1 - 5) .
3) A. Morzenti: *Programmare in MODULA-2*, CLUP, (cap. 1, cap. 2 fino a pag. 65, cap. 3 fino a pag. 106).

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.

Programma dell'insegnamento di

FONDAMENTI DI INFORMATICA AG0200

(per allievi del corso in Ingegneria Gestionale)

Proff. Augusto CELENTANO, Valeria DE ANTONELLIS

Programma di esame

Introduzione

Natura e rappresentazione dell'informazione. La risoluzione automatica dei problemi.

Architettura di un calcolatore

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.

Programmazione

Il concetto di algoritmo. La rappresentazione degli algoritmi. La sintassi dei linguaggi di programmazione.

Il linguaggio PASCAL. Struttura di un programma. Tipi di dati: tipi semplici e tipi strutturati. Strutture di controllo, procedure e funzioni. La ricorsione. Le strutture di dati complesse.

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.

I sistemi distribuiti e le applicazioni transazionali.

Esemoi di applicazioni: automazione di ufficio, information retrieval, simulazione.

Architettura dei sistemi di elaborazione

Sistemi operativi: sistemi monoutente e multiutente.

Le interruzioni. La gestione dell'ingresso/uscita. Gestione delle risorse.

Multiprogrammazione. Gestione della memoria, paginazione.

Organizzazione di un sistema operativo: il nucleo, il file System, l'interfaccia utente.

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.

Libri consigliati

D. Mandrioli: *Elementi di Informatica*, McGraw-Hill.
S. Ceri: *Architettura dei Sistemi Informatici*, CittàStudi.
C.J.Date: *Database - Introduzione*, Addison Wesley/Masson
A. Celentano: *Il progetto di un programma*, CLUP

Per il linguaggio PASCAL si consiglia uno dei due seguenti libri:
J. Welsh, J. Elder: *Introduzione al PASCAL*, Editoriale ESA
P. Grogono: *Programmare in PASCAL (2ª ed.)*, Muzzio Editore

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di
FONDAMENTI DI INFORMATICA AG0200
(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)
Prof. Mariagrazia FUGINI

Programma di esame

(A) **Introduzione**
Concetti di base: problemi, algoritmi, esecutori. Architettura degli elaboratori individuali. Architettura del software: software di base e sotware applicativo. Il sistema operativo: ruolo e compiti. Linguaggi di programmazione: linguaggio macchina, assemblatore, linguaggi ad alto livello, traduttori. La catena di programmazione.

(B) Architettura dei calcolatori
La macchina di Von Neumann: moduli funzionali (memoria, unità centrale, registri). Il linguaggio macchina: istruzioni, ciclo di fetch, codici operativi, esecuzione, un semplice linguaggio assemblatore, esempi di programmi. Rappresentazione delPinforinazione: sistemi di numerazione e codici. Il codice ASCII.

(C) **Programmazione**
- Rappresentazione degli algoritmi. Pseudo-codifica. Fasi della programmazione. Sintassi dei linguaggi di programmazione: Forma di Backus-Naur. Introduzione al Pascal: sintassi in BNF, struttura di un programma Pascal (intestazione, definizione variabili, assegnamento, lettura, scrittura).
- Il Turbo-Pascal.
- Strutture di Controllo: esempi in pseudo-codice e in Pascal.
- Strutture Dati: tipi base, tipi definibili dall'utente, tipi aggregati; esempi in Pascal; il concetto di tipo di dato astratto. Il tipo "file" e modalità di accesso a file.
- Procedure e Funzioni: modalità di passaggio parametri, struttura della memoria durante l'esecuzione di un programma, variabili locali e globali, regole di scopo.
- Programmazione Avanzata: strutture dati dinamiche, ricorsione.
- Esempi in Pascal.
- Elementi del linguaggio Fortran.
- Gestione degli archivi: i sistemi informativi e le basi di dati.

(D) **Algoritmi e Metodi di programmazione**
- Algoritmi per la gestione di strutture dati complesse (grafi, alberi).
- Algoritmi di ordinamento.
- Cenni all'implementazione dei meccanismi ricorsivi.
- Il ciclo di vita del software. Tecniche di analisi, progetto e verifica del software: Strumenti di produttività: produzione di testi, basi di dati, spreadsheet, posta elettronica.

(E) **Architettura dei sistemi informatici**
- Il sistema operativo: compito, struttura a livelli, sistemi mono-utente, sistemi4rnulti-utente, i processi, le interruzioni, la gestione della memoria, scheduling. Modalità di elaborazione (a lotti, interattiva, in tempo reale, sistemi distribuiti). Il sistema DOS, cenni al sistema Unix.
- Impianti di elaborazione: dispositivi, tipi di collegamento, sistemi distribuiti, reti di calcolatori locali e geografiche.

Esercitazioni

Verranno tenute esercitazioni dedicate all'approfondimento e all'ampliamento di argomenti svolti durante il corso. 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 di esame

L'esame consta di una prova scritta, della presentazione di un elaborato e di una prova orale.
Prima di presentersi a una prova scritta, lo studente deve aver presentato l'elaborato.
L'elaborato riguarda uno degli argomenti proposti. L'ambiente deve essere: Personal Computer, MS-DOS, Turbo Pascal.
L'orale concerne la discussione della prova scritta e dell'elaborato, integrata da domande di cultura generale.

Libri consigliati

1) D. Mandrioli: *Elementi di Informatica*, Me Graw Hill Italiana, Milano, 1988.
2) S. Ceri: *Architettura dei Sistemi Informatici*, CLUP, Aprile 1991.
3) W. Findlay, D.A. Watt: *Introduzione al Pascal*, ETAS Libri, Milano, 1983.
4) A. Celentano: *FORTRAN 77*, CLUP, Milano, 1983.
5) C. Batini e al.: *Fondamenti di Programmazione dei calcolatori elettronici*, Franco Angeli.

Testi di consultazione

1) Lippiat, Wright: *Architettura dei piccoli calcolatori*, Masson.
2) Calzarossa, Scarabottolo: *Architettura degli Impianti di elaborazione*, CLUP.
3) K. Jensen, N. Wirth: *Pascal User Manual and Report*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1978.

Programma dell'insegnamento di

FONDAMENTI DI INFORMATICA I AG0201

(per allievi delle Telecomunicazioni - 2° Anno Ordin. Annuale)

Proff. Dino MANDRIOLI, Pierluigi DELLA VIGNA

Programma di esame

1. Che cose'l'informatica. Breve panoramica storica.
2. Rappresentazione ed elaborazione dell'informazione. Il concetto di algoritmo.
3. Il calcolatore come esecutore meccanico di algoritmi. Un primo, semplice schema di calcolatore: la macchina di von Neumann.
4. La descrizione degli algoritmi in un linguaggio più adatto di quello della macchina di von Neumann. Lo " pseudoco dice" Pascal-like.
5. Primi elementi e modalità d'uso di macchine reali. Sistemi operativi editors, compilatori. Costruzione ed esecuzione di alcuni programmi in MODULA-2 su un calcolatore reale.
6. Gli aspetti fondamentali della programmazione, con riferimento al MODULA-2.

6.1. Il linguaggio di programmazione e le esigenze di astrazione.

6.2. L'astrazione sui dati mediante la dichiarazione dei tipi di dato.

6.3. I meccanismi strutturati per il controllo della sequenza di esecuzione delle operazioni in un programma.

6.4. 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.

6.5. La realizzazione di tipo di dato astratti mediante i moduli. Compilazione separata dei moduli e costruzione di programmi di grandi dimensioni.

7. Gli strumenti di produttività per l'utente finale. Spreadsheet o "fogli elettronici" con particolare riferimento a LOTUS 1-2-3; database: - con particolare riferimento a dBase III; strumenti integrati - con particolare riferimento a Framework.
8. Techniche di programmazione.

8.1. La struttura e blocchi dei programmi e le regole di visibilità.

8.2. Programmazione ricorsiva. Il concetto di ricorsione. L'uso della ricorsione nelle chiamate di sottoprogrammi. Cenni all'implementazione dei meccanismi ricorsivi.

8.3. Strutture dati dinamiche. Puntatori. Liste ed altre strutture basate sull'uso dei puntatori in particolare, alberi. Programmazione ricorsiva ed uso delle strutture dati dinamiche.

8.4. Valutazione della complessità dei programmi. Fattori di costo di un prodotto software. L'efficienza esecutiva e la sua valutazione.

9. I vari settori applicativi dell'informatica e le loro prospettive.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni in aula dedicate all'illustrazione dei concetti esposti a lezione ed esercitazioni sperimentali al calcolatore, rivolte all'apprendimento pratico sia del linguaggio MODULA-2 che degli strumenti di produttività.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova scritta, della preparazione di un elaborato, e di una prova orale. L'elaborato è a completa scelta dell'allievo, sia per quanto riguarda l'argomento che per quanto concerne lo strumento (HW e SW) adoperato. L'orale concerne la discussione della prova scritta e dell'elaborato integrata da domande di cultura generale.

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.

Libri consigliati

D. Mandrioli, *Elementi di Informatica*, McGraw-Hill Italiana, Milano, 1988.
P. Della Vigna, C. Ghezzi, R. Morpurgo, *Fondamenti di Informatica*, CLUP, Milano, 1980.
P. Della Vigna, F. Mercalli, N. Scarabottolo: *TIP, Ti invito a Programmare, Un ambiente didattico integrato basato su Modula-2*, McGraw-Hill Italiana, Milano, 1989.

Testi di consultazione

S. Alagio, M. Arbio, *The Design of Well-Structured and Correct Programs*, Springer-Verlag, New York, 1978.
F. Luccio, *Progetto ed Analisi di Algoritmi*, Boringhieri, 1982.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

FONDAMENTI DI INFORMATICA I AG0200

(per allievi delle Telecomunicazioni - 2° Anno Ordin. Annuale)

Prof. Rosamaria MORPURGO MARENA

Programma di 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) Cenni alla struttura e all'impiego di un sistema di calcolo.
4) Progetto di programmi con l'utilizzo di un linguaggio didattico (PASCAL) 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.
5) Struttura di un programma: organizzazione a sottoprogrammi esterni e interni.
6) Metodologie di progetto dei programmi: sviluppo "passo-passo" e progetto modulare.
7) Rappresentazione dei programmi durante l'esecuzione. Allocazione statica e dinamica della memoria. Trasmissione dei parametri fra differenti unità di un programma: modalità di trasmissione per valore e per indirizzo. Sottoprogrammi ricorsivi.
8) progetto di strutture di dati. Tabelle e liste non sequenziali. Rappresentazione di alberi e grafi.
9) 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.
10) Esame critico dei più noti linguaggi di programmazione: FORTRAN, COBOL, PASCAL.

Esercitazioni

Non esiste una separazione rigida fra lezioni ed esercitazioni, poiché gli argomenti del corso vengono spesso introdotti e motivati mediante esempi di programmi. È prevista e stimolata una notevole attività sperimentale su calcolatore.

Modalità di 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

P. Della Vigna, C. Ghezzi, R. Morpurgo *Fondamenti di Informatica*, CLUP Ed., Milano 1980.
A. Celentano *Fortran* 77, CLUP Ed., Milano 1983.
A. Celentano *Note di documentazione progetto e verifica dei programmi*, CLUP Ed., Milano 1981.
G. Cioni, S. Crespi Reghizzi, M. Moscarini *II Pascal*, CLUP Ed., Milano 1981.
A. Celentano *II progetto di un programma*, CLUP Ed., Milano 1981.
Manuali di programmazione FORTRAN e PASCAL per i calcolatori UNIVAC serie 1100, CLUP Ed.
M. Gini *Introduzione al sistema operativo EXEC8*, Ed. CLUP, Milano 1982.
W. Findlay, D.A. Watt *Introduzione al PASCAL*, ETAS Libri Ed., 1983.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

Programma dell'insegnamento di

FOTOGRAMMETRIA AX0006

Prof. Riccardo GALETTO

Programma di esame

1. INTRODUZIONE: TELERILEVAMENTO E FOTOGRAMMETRIA

Telerilevamento.
Fotogrammetria.
Fotointerpretazione.

2. RIPRESE

Radiazione elettromagnetica.
Tecnica dei sensori: ottica gemetrica; fotografie; camere aerofotogrammetiche; scanners; immagini radar.
Qualità dell'immagine.
La geometria delle presse: equazioni di proiettività; equazioni di prospettività.
I voli: il progetto del volo; navigazione; registrazione dei dati di orientamento.

3. INTERPRETAZIONE E MISURE DELLE IMMAGINI

II procedimento visivo.
Immagini stereoscopiche.
Raggi nucleari.
Misura di coordinate su fotogrammi singoli.
Stereomicrometro.
Stereocomparatori.
Puntinatori.

4. ELABORAZIONE DI MISURE FOTOGRAMMETRICHE PER PUNTI

Impostazione matematica: algebra matriciale; calcoli di compensazione.
Trasformazione di coordinate: sistemi di coordinate terreno e immagine; trasformazioni geodetiche; correzioni delle coordinate lastra.
Formazione di modelli stereoscopici con intersezione in avanti spaziale.
Orientamento analitico di fotogrammi isolati con vertice di piramide.
Orientamento analitico di blocchi di fotogrammi con compensazione per stelle proiettive; equazioni agli errori generalizzate; esempio di equazioni agli errori ed equazioni normali; punti di passaggio e punti di appoggio; parametri aggiuntivi; compensazione di blocchi con condizioni.
Orientamento relativo di una coppia di fotogrammi consecutivi.
Concatenamenti.
Orientamento assoluto.
Compensazione di un blocco dii modelli.
Interpolazioni di strisciate.

5. MISURE SU MODELLI STEREOSCOPICI

Strumenti analogici: restitutori a proiezione ottica; restitutori a proiezione ottico-meccanica; restitutori a proiezione meccanica; stereomicrometri cartografici.
Strumenti analitici: restitutori analitici; comparatori; stereocomparatori.
Orientamento con strumenti analogici: orientamento interno; orientamento relativo; cilindro critico; deformazione dei modelli; orientamento assoluto.
Rettifiche strumentali.
Orientamento con strumenti analitici; orientamento interno; orientamento relativo; orientamento assoluto.

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.

6. RESTITUZIONE AL TRATTO
Restituzione analogica: il grafico pianimetrico; la rappresentazione altimetrica.
Restituzione digitale: restituzione pianimetrica codificata; acquisizione dati per modelli digitali.
7. RESTITUZIONE DI TIPO FOTOGRAFICO
Raddrizzamento ottico: raddrizzamento con camera chiara; raddrizzatori (soluzione ottico-meccanica); raddrizzatori con dispositivi numerici e controllo automatico del punto di fuga.
Orto fotoproiezione: raddrizzamento differenziale con strumenti analogici di tipo ottico; strumenti per l'ortoproiezione on-line a proiettore singolo; strumenti per l'ortoproiezione off-line a proiettore singolo; ortoproiettori on-line a proiezione frontale; ortoproiettori analitici; stereortofoto.
Correlazione automatica delle immagini: stereomat;
Correlatori elettronici per restitutori analogici;
Correlatori elettronici sul principio di Helava;
Correlazione digitale on-line su raggi nucleali;
Correlazione digitale off-line;
Elaborazione digitale delle immagini: digitalizzazione e restituzione digitale delle immagini; manipolazione dei toni grigio; raddrizzamento digitale; fotointerpretazione automatizzata; applicazioni dell'elaborazione digitale in fotogrammetria.
8. APPLICAZIONE DEL RILEVAMENTO AEREO-FOTOGRAMMETRICO
Sommario delle pratiche operative e comparazione dei costi.
Determinazione di punti.
Redazione di carte topografiche: fabbisogno; entità economica dei lavori forogrammetrici; situazione della produzione cartografica; riprese spazio.
9. FOTOGRAMMETRIA TERRESTRE
Strumenti per la presa: fototeodoliti; stereocamere.
Modalità di ripresa: la forogrammetria delle origine; la stereofotogrammetria.
Restituzione: orientamenti; restituzione per punti; restituzione per linee.
Applicazioni della fotogrammetria terrestre: rilevamento topografico; applicazioni nella conservazione e restauro dei monumenti; applicaziono ingegneristiche; applicazioni infortunistiche e giudiziarie.
10. SVILUPPO STORICO
Fotogrammetria con stereoscopica.
Fotogrammetria analogica.
Fotogrammetria analitica.
Fotogrammetria digitale.
Applicazioni speciali.

libri consigliati

B.Astori, L.Soiaini: *Lezioni di fotogrammetria*, ed.CLUP.
G. Konecny, G.Lehmann: *Photogrammetrie*, Ed.De Gruyter, Berlin.
P. Wolf: *Photogrammetry* Ed. McGrawHill, New York.
K.Kraus: *Photogrammetrie*, Ed. Uemmler, Bonn.
Manual of Photogrammetry, ed. American Society of Photogrammetry, Falls Church.
P.H. Moffitt: *Photogrammetry*, ed. International Textbook Co., Scranton.
B. Hallert: *Photogrammetry*, ed. Me. Graw-Hill, New York.
M. Bonneval: *Photogrammetrie`Generàle,`* ed. Eyrolles, Paris.

Esercitazioni

Durante l'anno sono previste una ventina di esercitazioni sia numeriche sia agli strumenti.

Programma dell'insegnamento

GARANZIA DELLA QUALITÀ NELLA COSTRUZIONE DELLE MACCHINE AR0103

Prof. Attilio COSTA

Programma di esame

1) Tecnologia della lavorazione dei metalli per asportazione di truciolo

Moti utensile-pezzo nelle m.u. Materiali e geometria dell'utensile monotagliente. 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;

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.

2) elaborazione di studi di fabbricazione e cicli di lavorazione;
3) studio di casi industriali.

Modalità di 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 8000 sulla terminologia e i concetti dell'affidabilità.
G. Spur, T. Stoeferle: *Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche*, Voi. 3 e 4 Asportazione del Truciolo. Tecniche nuove 1980.
S.M.E.: *Tool and Manufacturing Engineers Handbook*, 4a ediz., Voi. 10, McGraw-Hill 1983.
Si consiglia inoltre di consultare, in relazione alle varie parti del programma dell'insegnamento:
G.F. Micheletti: *Tecnologia meccanica*, Voi. 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. Koening: *Fertigungsverfahren*, Voi. 1 e 2, VDI-Verlag 1981 e 1980.
D. H. Bruins, H.J. Draeger: *Utensili e macchine utensili ad asportazione di truciolo*, Voi. 1, Utensili. Tecniche nuove 1981.
G. **F.** Micheletti: *Tecnologia meccanica*, Voi. II, Le macchine utensili. 2a ediz., UTET 1979.
M. Weck: *Handbook of Machine Tools*, Voi. 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 fabbrication mecanique*, Dunod 1970.
C. Chang, M. Melkanqff: A/C *Machine programming and software design*, Prentice 1989.
M. Sava, J. Pusztai: *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: note Group Technology, Springer-Verlag 1975.
A. Kusiak: *Intellligent 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 Pubi. 1989.
J.R. Ross: Taguchi tecniques for quality engineering, McGraw 1988.

Programma dell'insegnamento di

GASDIN AMICA AL0005

Prof. Bartolomeo TODESCHINI

Programma di esame

Correnti stazionarie mono dimensionali: equazioni globali e indefinite - correnti isentropiche - onde d'urto normali - cenni sulle correnti con apporto di calore - combustioni 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; corrente termica di conduzione e legge di Fourier - equazione dell'entropia - schema delle equazioni della gasdinamica, globali e di bilancio, indefinite - equazioni del moto turbolento - equazioni per un miscuglio binario di gas reagenti.

Correnti ideali: equazioni indefinite e correnti irrotazionali - piccoli moti, onde piane e sferiche - piccole perturbazioni stazionarie di correnti uniformi: flusso su profilo alare sottile (richiami), su solido di rotazione allungato, su ala finita sottile - regole di similitudine per i profili, per i solidi di rotazione investiti assialmente, per i solidi piatti - disgressione sulle varietà caratteristiche e la propagazione ondosa - applicazione del metodo delle caratteristiche allo studio delle correnti variabili monodimensionali e delle correnti stazionarie piane irrotazionali; estensione del metodo alle correnti e simmetria assiale e alle correnti rotazionali - onde d'urto oblique e relativi diagrammi; riflessione e intersezione di onde d'urto - cenni sul metodo delle onde deboli - determinazione della resistenza d'onda - correnti transoniche su profili alari, regola di similitudine transonica, trasformazione odografica, caratteristiche sul piano odografico, caratteri del passaggio attraverso il regime transonico, cenni sulle correnti transoniche su cono - cenni sulle correnti ipersoniche e sulla regola di similitudine ipersonica.

Correnti viscose e conduttrici del calore: corrente rettilinea alla Couette - strato limite laminare comprimibile, trasmissione del calore attraverso lo strato limite - 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 n. 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.

Esercitazioni

Il corso è completato da esercitazioni teoriche, numeriche e grafiche.

Libri consigliati

Dispense del Corso reperibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale.

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.

Programma dell'insegnamento di

GENERATORI DI POTENZA MECCANICA AK0019

Prof. Ennio MACCHI

Programma di esame

1. Analisi entropica dei cicli di potenza

Metodo per il calcolo delle perdite di rendimento dei cicli reali nei confronti dei cicli ideali - Principi generali dell'analisi entropica - Produzioni di entropia nei componeneti statici e dinamici - Suddivisione delle perdite di rendimento rispetto al ciclo di Carnot nei cicli Rankine e Brayton.

2. Fluidi di lavoro

Gas perfetti: calcolo delle porprietà termodinamiche per molecole mono, bi, tri, e poliatomiche - Gas reali: influenza della pressione sui calori specifici, entropia, entalpia - Trasformazioni isentropiche per un gas reale - Fluidi puri allo stato di vapori e di liquidi: curva di Andrews, teorema degli stati corrispondenti, metodi pratici per il calcolo delle proprietà termodinamiche - Applicazione dell'elaboratore elettronico alla ricerca di equazioni di stato - Trasformazioni isentropiche in un liquido - Metodi pratici per il calcolo delle proprietà termodinamiche di un liquido - Fluidi in condizioni ipercritiche.

3. Cicli a vapore

Centrali ipercritiche a vapore d'acqua: caratteristiche termodinamiche del ciclo, generatori di vapore, turbine, surriscaldatori, scelta dei materiali per i componenti statici e le macchine rotanti - Centrali a vapore saturo o leggermente surriscaldato: problemi termodinamici e problemi tecnologici. Cicli a vapore per centrali nucleari di potenza; cicli per reattori ad acqua pressurizzata, ad acqua bollente, refrigerati a gas, refrigerati a liquido organico, a metalli liquidi. Cicli binari o ternari: scelta del fluido di lavoro per il ciclo superiore; caratteristiche termodinamiche dei cicli a fluido organico, mercurio, metalli alcalini. Cicli semplici a vapori metallici per uso spaziale: configurazione generale dell'impianto, sorgente di calore, macchine rotanti, radiatore.

4. Cicli a gas

Ciclo Brayton rigenerativo: scelta del gas di lavoro chiuso; configurazione ed estensione della superficie degli scambiatori; gas perfetti e gas reali nello scambio termico. Cicli a gas per reattori nucleari: scelta dei gas di lavoro, configurazione generale dell'impianto, degli scambiatori, delle macchine rotanti. Limiti di convenienza del ciclo a gas nei confronti del ciclo a vapore.

5. Cicli combinati gas-vapore

Possibili schemi di accoppiamento del circuito dei gas e di quello del vapore. Configurazione d'impianto per i vari casi. Caratteristiche di funzionamento. Rendimenti. Considerazioni economiche. Cicli combinati gas-vapore nelle centrali di recupero. Generatori di vapore nelle centrali di recupero. Generatori di vapore in pressione. Centrali combinate in vista della risoluzione di problemi particolari. La dissalazione dell'acqua marina. Il riscaldamento urbano. Utilizzazione del calore di scarto dei motori alternativi a combustione interna.

6. Dimensionamento turbomacchine

Criteri generali di dimensionamento delle turbomacchine; legami fra le caratteristiche del fluido di lavoro e le dimensioni delle turbomacchine; legame fra rendimento delle macchine e caratteristiche geometriche e fluidodinamiche; scelta del numero di stadi, dei triangoli delle velocità, del regime di rotazione e della geometria della turbomacchina. Turbine di bassa pressione per cicli a vapore saturo o quasi saturo: problemi fluidodinamici e tecnologici.

Esercitazioni

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.

Il corso non comprende esercitazioni; saranno effettuate alcune visite a centrali termoelettriche, nucleari e ad industrie del settore. È offerta la possibilità di svolgere tesine e progetti su argomenti attinenti al Corso a carattere teorico e/o sperimentale; in tale attività gli Allievi saranno direttamente seguiti dal Docente o dal personale interno del Dipartimento di Energetica.

Libri consigliati

Dispense del Corso.
M.M. E1 Wakil *Nuclear power engineering*, McGraw-Hill, New York;
G.A. Gafferet *Steam power stations*, McGraw-Hill, New York;
E.F. Church *Steam Turbines*, McGraw-Hill, New York.

Programma dell'insegnamento di

GENERATORI DI VAPORE AK0033

Prof. Donatello ANN ARATONE

Programma di 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 ricuperatore di calore. Confronto fra la disposizione in fila e la disposizione a quiconce.
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.

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 di esame

L'esame consta di una prova orale

Libri di testo

D. Annaratone - *Generatori di vapore* (2 volumi) - Ed. CLUP.

Programma dell'insegnamento di

GEOFISICA APPLICATA AX0012

Prof. Giuseppe DRUFUCA

Programma di 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; idrofoni; 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 prospezioni in corrente continua.

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.

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 propagatesi 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 dal docente.

Programma dell'insegnamento di

GEOLOGIA APPLICATA **AY0010**

Prof. Vincenzo FRANCANI

Programma di 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

---

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.

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 di 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.

Programma dell'insegnamento di

GEOMETRIA { \ U.D.) AP0100

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Aeronautica, Gestionale e Meccanica)

ProfF. Eziamaria ARAGNO, Alessandra CHERUBINI SPOLETINI, Ernesto DEDÒ, Umberto GASAPINA, Maria Luisa VERONESI BERNASCONI.

Programma di 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 dei 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 di 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, Ed. Masson, Milano.
U. Gasapina: *Algebra delle matrici.* Ed. Masson, Milano.
E. Dedó, A. Varisco: *Algebra lineare,* II ed., CLUP, Milano.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

GEOMETRIA AP0008

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il territorio, Civile, Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni)

Proff. Jolanda GALBIATI, Livio PORCU, Rodolfo TALAMO, Ada VARISCO, Norma ZAGAGLIA SALVI.

Programma di esame

Elementi di calcolo combinatorio.

Matrici, determinanti e loro principali proprietà: sistemi di equazioni lineari: teoremi di Cramer e di Rouchè-Capelli. Algebra delle matrici: somma e prodotto di matrici, inversa e trasposta di una matrice; equazione caratteristica, autovalori ed autovettori di una matrice quadrata; matrici simili, diagonalizzabili, ortogonali, reali e simmetriche; trasformazioni ortogonali, forme quadratiche. Teorema di Cayley-Hamilton.

Spazi vettoriali.

Coordinate cartesiane e polari nel piano. Equazione delle retta e questioni relative. Trasformazioni di assi. Curve piane e loro rappresentazione analitiche. Curve algebriche. Piano complesso. Intersezione di curve. Esempi di curve trascendenti. Equazioni e proprietà di circonferenze, ellissi, iperboli, parabole. Forma canonica per l'equazione di una conica. Polarità piana.

Coordinate cartesiane, polari e cilindriche nello spazio. Equazione del piano, equazioni della retta e questioni relative. Superfici, curve e loro rappresentazioni analitiche. Spazio complesso. Superfici algebriche. Sfere, cilindri, coni. Superfici di rotazione. Quadriche; forma canonica per l'equazione di una quadrica.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta non eliminatoria. Le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

E. Marchionna, U. Gasapina: *Appunti ed esercizi di Geometria.* Voli. I e II, Ed. Viscontea, Milano.
O. Chisini: *Lezioni di Geometria analitica e proiettiva.* - Ed. Zanichelli, Bologna.
L. Amerio: *Analisi algebrica.* - Ed. Di Stefano, Genova.
U. Gasapina: *Algebra delle matrici.* Ed. Masson, Milano.
E. Dedó, A. Varisco: *Algebra lineare,* II ed., CLUP, Milano.

Le precedense 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 precedense comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

GEOMETRIA E ALGEBRA AP0101

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Chimica, Elettrica e Nucleare)

Prof. Gabriella CANTALUPI TAZZI.

Programma di esame

GEOMETRIA ANALITICA DEL PIANO E DELLO SPAZIO: segmenti orientati; relazioni segmentane. 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. 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. 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 di esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta.

Libri consigliati

B. Ricetti Zucchetti, G. Tazzi Cantalupi: *Lezioni di Geometria per gli studenti di Ingegneria*, Ed. La Goliardica Pavese, Pavia.

B. Ricetti Zucchetti, G. Tazzi Cantalupi: *Esercizi di Geometria per gli studenti di Ingegneria*, Ed. La Goliardica Pavese, Pavia.

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.

Programma dell'insegnamento di

GEOTECNICA AN0047

(per allievi non strutturisti)

Prof. Annamaria CIVIDINI

Programma di 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 sito.

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 di esame

Per essere ammessi all'esame orale è necessario aver superato una prova scritta da sostenersi nel medesimo appello.

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.

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 Pratice - J. Wiley, 1967).

T.W. Lambe e R.V. Whitman: *Soil Mechanics.* J. Wiley, 1980.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

GEOTECNICA AN0016

(per allievi strutturisti)

Prof. Roberto NOVA

Programma di esame

1. Osservazioni introduttive: formazione e classificazione delle terre, trasmissione dello sforzo, principio degli sforzi efficaci, ridistribuzione 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 $K\backslash o$, 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 misurazione 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_{Ui} e in sito. Φ^{I},

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 standarde 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; suoli 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

Le precedente 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.

Per essere ammesso all'esame orale il candidato deve superare una prova scritta, il cui tema sarà in distribuzione presso la segreteria didattica del Dipartimento di Ingegneria Strutturale **a partire da una settimana prima della data di appello;** l'elaborato dovrà essere consegnato al docente il giorno prima dell'esame.

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.
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.

Programma dell'insegnamento di

GEOTECNICA APPLICATA ALLA DIFESA DEL SUOLO AN0048

Prof. Andrea CANCELLI

Programma di esame

- Stabilità dei pendii in terra ed in roccia. Richiami dei metodi di calcolo tradizionali. Metodi di calcolo automatico per problemi bi- e tri-dimensionali. 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.
- Comportamento meccanico della neve. Fenomeni di valanga. Valutazione del rischio e opere di difesa dalle valanghe.
- Analisi 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.
- 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.
- 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.

Progetto di opere geotecniche per la protezione dell'ambiente. Cenni sulle dighe in terra e sulle dighe foranee, argini, diaframmi plastici, opere di stabilizzazione.

- 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.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni verranno ripresi alcuni argomenti tratti nel corso delle lezioni e verrà sviluppata una tesina a carattere progettuale.

Libri consigliati

Durante il corso verranno forniti appunti nonché indicazioni bibliografiche sui singoli argomenti.

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.

Programma dell'insegnamento di

GESTIONE AZIENDALE AQ0006

(per allievi Elettronici, Elettrotecnici, Nucleari)

Prof. Emilio BARTEZZAGHI

Programma di esame

PARTE PRIMA: **L'APPROCCIO INTEGRATO AI PROBLEMI GESTIONALI**

1. La modellazione dei problemi gestionali

Il processo di modellizzazione: richiami alle teorie del processo decisionale; razionalità completa e limitata; la modellazione e la tipologia dei modelli; l'utilizzo dello schema del processo decisionale come metodologia di analisi dei problemi gestionali.

Modelli e tecniche di previsione: tipologia dei metodi di previsione; metodi di previsione "quantitativi" (serie temporali e regressione), metodi di previsione tecnologica.

2. La pianificazione strategica e le pianificazioni funzionali

Richiami e sviluppi di argomenti trattati nei corsi precedenti: obiettivi e linee strategiche dell'impresa; metodi e strumenti analitici per l'analisi e la definizione delle scelte strategiche.

Il processo di pianificazione strategica: natura e caratteristiche del processo di pianificazione; analisi di alcuni dei principali modelli di processo.

Pianificazioni funzionali: variabili e decisioni rilevanti relative ai sottosistemi finanza, marketing, tecnologia, produzione e logistica, personale; loro connessione nel quadro strategico. Analisi di un caso.

PARTE SECONDA: **SVILUPPO DI TEMI FUNZIONALI**

3. Finanza

Scelta degli investimenti (capitai budgeting): il concetto di investimento; l'attualizzazione e le formule per il calcolo degli interessi; gli indicatori nei progetti di investimento; i criteri di valutazione; l'analisi del rischio; gli investimenti di sostituzione; teoria del portafoglio e costo del capitale.

Politiche finanziarie e forme di finanziamento: la struttura del capitale e le forme di finanziamento.

4. Marketing

Il processo di pianificazione di marketing: concetti introduttivi; fasi del processo di pianificazione di marketing.

Analisi delle opportunità di mercato: misura e previsione della domanda; modelli delle vendite e del mercato.

Ricerca e selezione dei mercati obiettivo: segmentazione; definizione dei mercati obiettivo; posizionamento del prodotto.

Sviluppo della strategia di marketing: variabili di marketing mix; modelli di decisione per il marketing.

5. La gestione della tecnologia

La pianificazione dell'Innovazione tecnologica: la rilevanza strategica della tecnologia; i metodi per la pianificazione dell'innovazione tecnologica.

La ricerca e sviluppo: la pianificazione della ricerca e sviluppo; criteri di selezione e valutazione dei progetti di ricerca e sviluppo.

L 'industrializzazione: il processo di industrializzazione; i cicli di lavorazione; la definizione dei tempi e dei metodi.

6. Produzione e logistica

Inquadramento generale: tipologia dei sistemi produttivi; natura delle scorte e degli immobilizzi; il ciclo logistico; approvigionamenti - produzione - distribuzione; le prestazioni del sistema produttivo; la progettazione e la gestione del sistema produttivo.

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.

La progettazione del sistema produttivo: le decisioni di dimensionamento, processo, impianto; la manutenzione.
Gestione dei materiali: metodi di gestione a domanda indipendente e a domanda dipendente.
Programmazione e controllo della produzione: livelli temporali e stadi della programmazione; schema generale della programmazione (MPR II); programmazione aggregata e piano principale di produzione; pianificazione dei fabbisogni di capacità; programmazione operativa e controllo della produzione; programmazione e controllo dei progetti (PERT).
Distribuzione fisica: problemi di progettazione e dimensionamento del sistema di distribuzione fisica; criteri di dislocazione e gestione delle scorte; programmazione e controllo della distribuzione e dei trasporti.
Qualità: concetto e analisi economica della qualità; l'approccio del total quality control; tecniche e strumenti per il controllo della qualità.
L'approccio just in time: la filosofia just in time; metodi e strumenti di intervento; criteri di applicabilità.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono considerate come il naturale complemento delle lezioni e tratteranno di studi di caso specifici.

Modalità di 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. È 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 - *Gestione Aziendale*, CLUP
E.S. Buffa, J.G. Miller - *Production Inventory Systems. Planning and Control*, Irwin, 1979.
J.J. Clark, T.J. Hindelang, R.E. Pritchard - *Capital Budgeting. Planning and Control of Capital Expenditures*, Prentice Hall, 1982.
R.W. Hall - *Obiettivo scorte zero* Isedi, 1985.
C.W. Hofer, D. Schendel - *La formulazione della strategia aziendale*, Angeli, 1984.
P. Kotler - *Marketing Management*, Isedi, 1986.
P. Lorange - *Corporate Planning*, Prentice Hall, 1980.
M. Porter - *Il vantaggio competitivo*, Edizioni Comunità, 1987.
R.W. Schmenner - *Produzione scelte strategiche e gestione operativa*, Ed. Sole 24 Ore, 1987.
Si veda inoltre la bibliografia citata durante il corso.

Programma dell'insegnamento di

GESTIONE AZIENDALE AQ0006

(Per allievi Gestionali/delle Tecnologie industriali)

Prof. Adriano DE MAIO

Programma di esame

1 II processo decisionale.
- passi logici e problemi principali
- il processo decisionale a più attori
- metodi e tecniche di previsione. La previsione tecnologica.

2 La differenziazione e l'integrazione organizzativa.
- la delega. Il coordinamento e il controllo
- i meccanismi organizzativi

3 Modelli di pianificazione strategica
- modelli interpretativi
- modelli normativi
- le fasi logiche
- i metodi e gli strumenti di supporto.

4 La gestione dell'innovazione tecnologica
- l'integrazione fra tecnologia e strategia
- la progettazione di una strategia tecnologica
- lo sviluppo di nuovi prodotti e di nuovi business
- la progettazione e la gestione di sistemi innovativi.

5 La valutazione degli investimenti tecnologici
- limiti di applicabilità e critiche alle tecniche tradizionali di capitai budgeting
- i nuovi criteri di valutazione.

6 II Project Management
- il ciclo di vita di un progetto
- tecniche e metodi di P.M. e loro campi di applicabilità
- la gestione di molti progetti
- i progetti a più livelli.

7 I sistemi di supporto alle decisioni (DSS)
- il livello di strutturazione delle decisioni
- le caratteristiche principali dei DSS
- modalità d'uso.

Modalità di esame

Saranno svolti due compiti scritti: uno a metà anno e l'altro alla fine del corso. Gli alunni che avranno svolto entrambe le prove e che accetteranno il giudizio dovranno sostenere solo una prova orale. Per tutti gli altri vi sarà una prova scritta e una orale. La validità dei compiti sarà di un anno. Verrà svolto nell'ultima parte del corso, un gioco basato su una simulazione di strategia, facoltativa e che verrà tenuto in conto ai fini della valutazione finale.

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.

Libri consigliati

Dispense e fotocopie di articoli e di libri verranno utilizzate per i punti l - 2 - 3 - 5 - 6 - 7 e per parte del punto 3.

Per la restante parte del punto 3 si adotterà:

I. AnsofF *Management Strategico*, ETAS.

Per il punto 4 si seguirà:

R.A. Burgelman e M.A. Maidique *Strategie Management of Technology and Innovation*, IRWIN 1988 (probabilmente sarà pronta l'edizione italiana per la primavera 1989).

Programma dell'insegnamento di

GESTIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI AQ0007

Prof. Antonio ROVERSI

Programma di 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) La gestione delle scorte nel caso di domanda indipendente: lotto economico di acquisto, scorta di sicurezza, punto di riordino. Criteri previsionali.

c) Tipologia produttiva: produzione a catalogo, produzione su specifica commessa del cliente.

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.

f) Il sistema informativo nell'area tecnico-operativa. Criteri di progettazione e di gestione.

g) 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.

h) L'organizzazione del lavoro, la struttura organizzativa del Sistema Operativo.

Esercitazioni

Le esercitazioni verranno svolte in stretto coordinamento con quelle degli altri corsi obbligatori dell'indirizzo impiantistico.

Modalità di 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.

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.

Libri consigliati

Dispense del corso

- A. Roversi e altri: *Manuale delle manutenzioni degli impianti industriali* - F. Angeli Ed.
- De Angeli e altri: *La programmazione dei prodotti di serie* - F. Angeli Ed.
- AckofF: *A concept of corporate planning* Wiley
- Skinner: *Manufacturing in thè corporate strategy* Wiley.

Programma dell'insegnamento di

GESTIONE DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE AQ0008

Prof. Armando BRANDOLESE

Programma di 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; criteri di ottimizzazione delle scorte globali nel sistema logistico;
- il concetto di just-in-time nella gestione dei materiali dai fornitori ai clienti.

Libri consigliati

Lezioni:
Dispense del corso.
Esercitazioni:
A. Grando, A. Sianesi: *Casi di Gestione della Produzione Industriale*, EGEA.

Esercitazioni

Verranno svolte alcune esercitazioni pratiche di formulazione e gestione di piani di produzione. **Nota:** per gli studenti che **frequentano le esercitazioni nell'anno accademico 1990-91** il testo di riferimento è:
A. Grando - A. Sianesi: "Casi della Gestione della produzione industriale", **Edizioni EGEA**
per gli studenti che hanno frequentato in **anni precedenti** il testo di riferimento *e:*
A. Grando - M. Perona - A. Sianesi - F. Turco: " Esercitazioni di gestione della produzione industriale" **edizioni CUSL**

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

GESTIONE DELLE RISORSE NATURALI AG0080

Prof. Rodolfo SONCINI SESSA

Programma di 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 ridistribuzione 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-Voi terra. 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.

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.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

GESTIONE DELL'INFORMAZIONE AZIENDALE AQ0102

Prof. Piercarlo MAGGIOLINI

Programma di esame

I. I sistemi informativi

1. La "risorsa dati" e il ruolo dell'informazione nelle imprese
2. Tipologia dei sistemi informativi
3. I sistemi informativi nelle imprese: caratteristiche generali e criteri di progettazione e integrazione
4. La progettazione congiunta di sistemi informativi e organizzativi

II. Progetto di sistemi informativi

1. Pianificazione dei sistemi informativi
- L'evoluzione pianificata dell'informatica nell'impresa
- Strategie di informatizzazione
- Metodologie di pianificazione
2. Il ciclo di vita dei sistemi informativi
3. Determinazione dei requisiti informativi e studio di fattibilità
4. Tecniche di analisi e progetto dei sistemi informativi
- Tecniche orientate ai processi
- Tecniche orientate ai dati
- Tecniche miste
5. Realizzazione, esercizio e manutenzione dei sistemi informativi automatizzati
6. Rapporti tra informatica e organizzazione

III. Sviluppo e gestione dei progetti di sistemi informativi

1. Valutazione del rischio dei progetti e scelta degli strumenti di pianificazione, gestione e controllo dei progetti
2. Composizione dei gruppi di progettazione: ruoli, compiti e attività
3. Metodologie per lo sviluppo dei sistemi informativi (casi concreti)
4. Il ruolo degli utilizzatori: metodologie e strumenti per il coinvolgimento degli utilizzatori

IV. Valutazione economica dei sistemi informativi

1. Tecniche d'analisi dei costi e dei benefici
2. L'analisi degli investimenti in informatica
3. Casi aziendali di valutazione economica di sistemi informativi

V. **Le applicazioni delPinformatica aziendale**

1. L'informatica per gestire la produzione: sistemi e casi aziendali
2. L'informatica per gestire la manutenzione: sistemi e casi aziendali
3. L'informatica per la Pubblica Amministrazione
- La situazione dell'applicazione dell'informatica nella Pubblica Amministrazione
- Il caso della Pubblica Amministrazione locale e regionale: criteri di automazione, approcci ed esempi

VI. L'automazione d'ufficio

1. Le tecnologie e i sistemi hardware e software per l'automazione d'ufficio
2. Metodologie di modellizzazione del lavoro d'ufficio
3. Progettazione di sistemi informativi d'ufficio
4. Costi e benefici delle tecnologie d'automazione d'ufficio
5. Casi d'automazione d'ufficio

VII. **Le implicazioni sociali ed economiche dell'informatica**

Le precederne 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.

Alcuni casi aziendali e l'illustrazione di specifici sistemi automatizzati (specie nell'area produttiva) e l'esemplificazione di alcune tecniche d'analisi e progetto verranno trattati in esercitazioni, anche col contributo di persone esterne.

Libri consigliati

P.C. Maggiolini, *Costi e benefici di un sistema informativo*, ETAS Libri, 1981
G. Bracchi, G.M. Motta: *Sistemi informativi e imprese*, F. Angeli, 1985.
G. Bracchi (a cura di): *Automazione del lavoro d'ufficio*, ETAS Libri, 1984.
X. Castellani: *Metodo generale di analisi di un'applicazione informatica*, ed. it. a cura di P. Maggiolini, Masson Italia, 1985.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

GESTIONE INDUSTRIALE DELLA QUALITÀ AR0102

Prof. Vincenzo TAGLIAFERRI

Programma di esame

1. Richiami di statistica e probabilità. Raccolta, classificazione, rappresentazione dei dati. Misure descrittive delle distribuzioni di frequenza. Probabilità, variabili aleatorie e distribuzioni di probabilità. Modelli probabilistici. Problemi e metodi dell'induzione statistica.

2. Affidabilità. Tipi di guasto. Funzione affidabilità e sue proprietà. Vita media. Tasso di guasto. Modello Esponenziale, Weibull, Gamma, Normale, Lognormale. Affidabilità di sottosistemi e componenti: metodo statistico parametrico e non, istogrammi e carte di probabilità, metodo probabilistico, guasti per deriva e per sollecitazione eccessiva, affidabilità e coefficiente di sicurezza. Affidabilità dei sistemi: soluzione mediante simulazione, equazioni integrali dell'affidabilità dei sistemi, sistemi Markoviani e Semimarkoviani, sistemi riparabili, disponibilità, teoria del rinnovo.

3. Controllo di qualità. Concetti e definizioni delle qualità. Valore e costo della qualità. Struttura del sistema di controllo di qualità. Problemi del controllo e strumenti statistici: specifiche nominali e tolleranze del prodotto, variabilità e tolleranza naturale del processo. Controllo di qualità nel processo: introduzione alle carte di controllo, carte per l'analisi e l'impostazione delle condizioni di controllo, carte di controllo per caratteristiche esprimibili come variabili e come attributi, carte per l'analisi del processo e dello stato controllo, le curve operative delle carte di controllo. La scelta della numerosità e della frequenza del controllo campionario. Controllo di accettazione: generalità, tecniche di campionamento, norme standard.

4. Manutenzione. Fondamenti teorici. Politiche di manutenzione. Criteri di scelta delle politiche di manutenzione. Programmazione dinamica nei problemi di manutenzione.

Libri consigliati

M.L. Shooman: *Probabilistic reliability: ari engineering approach,* Me Graw-Hill.
Fausto Gaietto: *Affidabilità,* voli. I e II ed. CLEUP
Manuale di controllo di qualità e affidabilità, ISEDI Milano. Appunti del corso.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

IDENTIFICAZIONE DEI MODELLI ED ANALISI DEI DATI AG0208

(per allievi Gestionali)

Prof. Sergio BITTANTI

Programma di esame

1. Introduzione

Modelli per la predizione, il controllo, la simulazione, la gestione e l'interpretazione.

2. Modelli dinamici di processi stazionari, analisi spettrale e predizione

Modelli ingresso/uscita per serie temporali e sistemi stazionari (modelli a tempo continuo e a tempo discreto, modelli AR, MA, ARMA, ARX, ARMAX). Analisi di correlazione e analisi spettrale. Scomposizione di Wold. Teoria della predizione alla Kolmogorov-Wiener.

3. Identificazione di modelli lineari a parametri costanti

Dai dati al modello: 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 recursiva (RLS, ELS, RML, LMS, ecc.). Scelta della complessità (AIC, MDL, ecc.). Equazioni di Yule-Walker e algoritmo di Durbin-Levinson. Identificazione dello spettro.

4. Predizione e controllo adattativi

Predizione adattativa e a multimodello. Tecniche di controllo predittivo. Controllo a minima varianza e a minima varianza generalizzata. Controllo ad autosintonia.

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 tempo varianti e non lineari.

6. Applicazioni

Identificazione di modelli per la valutazione delle affidabilità del software. Identificazione in tempo reale e controllo adattativo di impianti da laboratorio. Identificazione di modelli per controllo attivo di vibrazioni e rumore. Modelli stocastici per la simulazione del moto ondoso. Identificazione di serie temporali econometriche, biologiche, naturali.

7. Esercitazioni al calcolatore Sarà disponibile un package con cui gli allievi potranno familiarizzarsi con gli algoritmi di identificazione, predizione e filtraggio.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale. Durante l'anno verranno proposte due 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, 1990.

Per uno studio di caso, l'allievo interessato può inoltre consultare:

S. Bittanti: *Simulazione, Identificazione, Controllo*, Pitagora Editrice, Bologna, 1985.

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.

Programma dell'insegnamento di

IDENTIFICAZIONE E OTTIMIZZAZIONE AG0067

Prof. Sergio BITTANTI

Programma di esame

1. Introduzione

Modelli per la predizione, il controllo, la simulazione, la gestione e l'interpretazione.

2. Modelli dinamici di processi stazionari, analisi spettrale e predizione

Modelli ingresso/uscita per serie temporali e sistemi stazionari (modelli a tempo continuo e a tempo discreto, modelli AR, MA, ARMA, ARX, ARMAX). Analisi di correlazione e analisi spettrale. Scomposizione di Wold. Teoria della predizione alla Kolmogorov-Wiener.

3. Identificazione di modelli lineari a parametri costanti

Dai dati al modello: 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 recursiva (RLS, ELS, RML, LMS, ecc.). Scelta della complessità (AIC, MDL, ecc.). Equazioni di Yule-Walker e algoritmo di Durbin-Levinson. Identificazione dello spettro.

4. Predizione e controllo adattativi

Predizione adattativa e a multimodello. Tecniche di controllo predittivo. Controllo a minima varianza e a minima varianza generalizzata. Controllo ad autosintonia.

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 tempo varianti e non lineari.

6. Applicazioni

Identificazione di modelli per la valutazione delle affidabilità del software. Identificazione in tempo reale e controllo adattativo di impianti da laboratorio. Identificazione di modelli per controllo attivo di vibrazioni e rumore. Modelli stocastici per la simulazione del moto ondoso. Identificazione di serie temporali econometriche, biologiche, naturali.

7. **Esercitazioni al calcolatore** Sarà disponibile un package con cui gli allievi potranno familiarizzarsi con gli algoritmi di identificazione, predizione e filtraggio.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale. Durante l'anno verranno proposte due 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, 1990.
Per uno studio di caso, l'allievo interessato può inoltre consultare:
S. Bittanti: *Simulazione, Identificazione, Controllo*, Pitagora Editrice, Bologna, 1985.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

IDRAULICA **AU0002**

(per allievi civili, civili per la difesa del suolo)

ProfF. Enrico LARCAN, Domenico ZAMPAGLIONE

Programma di 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 incomprimibili - 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 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 - 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.

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.

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 di 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. Noseda: *Idraulica* - Ed. CEA, Milano.
D. Zampagliene: *Strato limite: appunti dalle lezioni*, (per il capitolo 13).
G. Alfonsi, E. Orsi: *Problemi di idraulica e meccanica dei fluidi* - Ed. CEA, Milano.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

IDRAULICA AU0004

(per allievi elettrotecnici)

Prof. Enrico ORSI

Programma di 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 incomprimibili.
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.

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.

Libri consigliati

D. Citrini, G. Noseda: *Idraulica* - Ed. CEA, Milano.
G. Alfonsi, E. Orsi: *Problemi di idraulica e meccanica dei fluidi* - Ed. CEA, Milano.
Appunti delle lezioni.

Programma dell'insegnamento di

IDRAULICA AU0003

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

ProfF. Giovanni MENDUNI, Maria Giovanna TANDA

Programma di 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. Quiete 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 agenti 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 isotermi, 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 sull'energia usando il teorema di Bernoulli. Applicazioni del teorema di Bernoulli: venturimetro, 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 Rutta e Jukowski.

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

---

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.

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, spinte 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: strato 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 A. 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 ed 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 Jukowski e formula di Michaud.

Esercitazioni

Le esercitazioni, non obbligatorie ma vivamente consigliate, riguardano lo sviluppo di esercizi sulla materia svolta nelle lezioni.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da una prova scritta non eliminatoria: le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

E. Marchi, A. Rubatta: *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1981.
D. Citrini, A. Noseda: *Idraulica*, CEA, Milano, 1987.
A. Ghetti: *Idraulica*, Cortina, Padova, 1977.

Programma dell'insegnamento di

IDRAULICA FLUVIALE AU0010

Prof. Alessandro PAOLETTI

Programma di esame

1. Richiami di idrologia generale

Bacino idrografico superficiale e sotterraneo, carsismo. Bilancio idrologico: equazione generale. Precipitazioni: misura ed elaborazioni preliminari; regimi pluviometrici tipici italiani; 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 delPidrogramma 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 sospensione. 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.

Le precederne 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.

Libri di testo e materiale didattico

Dispense di Istituto e testi di esercitazione

U. Maione: *Appunti di Idrologia,* Voi. 1 e 3, Ed. La Goliardica Pavese.

E. Larcan, A. Paoletti: *Introduzione al trasporto solido ed alla morfologia degli alvei.* Istituto di Idraulica del Politecnico di Milano.

Benini: *Sistemazioni idraulico-forestali.* Ed. CLUED, Padova.

Ministero Agricoltura e Foreste: *Opere per la correzione dei torrenti.*

Moderne tecniche costruttive e nuovi procedimenti di calcolo. Pubblicazione a cura della Cattedra di Sistemazioni Idrauliche-Forestali dell'Università di Padova.

Libri consigliati per la consultazione

P. Ph. Jansen, L. van Bendegom, 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.

Programma delPinsegnamento di

IDROLOGIA TECNICA AU0007

(per allievi civili)

Prof. Baldassare BACCHI

Programma di esame

A. **Idrologia dinamica**

a.l *Nozioni introduttive-* Definizioni, origine e sviluppo dell'idrologia; il ciclo idrologico; metodologie d'approccio allo studio dell'idrologia.

a.2 *II bacino idrografico-* Caratteristiche geomorfoclimatiche del bacino idrografico,

a.3 *Clima, suolo, vegetazione-* Precipitazioni: misure ed elaborazioni elementari; regimi pluviometrici. Infiltrazioni: misure e modelli matematici rappresentativi del fenomeno. Evaporazione, traspirazione ed evapotraspir azione: misure e loro interpretazioni.

a.4 *Deflussi-* Misure di portata ed elaborazioni elementari delle osservazioni idrometriche; i regimi idrometrici e loro relazioni con i regimi pluviometrici.

a. 5 *Bilancio idrologico-* Equazione del bilancio idrologico e metodi semplificati di valutazione del bilancio stesso.

B. **Metodologie di analisi e sintesi idrologica**

b. l *Interpretazione delle variabili idrologiche come variabili casuali-* Rappresentazione delle serie empiriche; misure di tendenza centrale e di dispersione dei campioni di variabili aleatorie.

b.2 *Calcolo delle probabilità-* Definizioni e teoremi fondamentali del calcolo delle probabilità: probabilità totale, condizionata e teorema di Bayes.

b.3 *Distribuzioni di probabilità-* Variabili casuali discrete e continue: distribuzione binomiale, di Poisson, normale, log-normale, esponenziale, di Pearson, etc. Valori attesi e momenti di una variabile casuale. Distribuzini derivate. Distribuzioni multidimensionali con particolare riferimento alla distribuzione multinormale; distribuzioni marginali e condizionate. Regressione lineare. Il Teorema di Bernoulli. Il Teorema del limite centrale.

b.4 *Stima dei parametri-* Il metodo dei momenti, il metodo della massima verosomiglianza ed il metodo dei minimi quadrati.

b.5 *Verifica delle ipotesi statistiche-* Tests parametrici non parametrici; rappresentazione dei campioni di osservazioni sperimentali sulle carte probabilistiche.

b. 6 *Le variabili idrologiche come processi stocastici-* Definizioni e parametri utili per l'analisi dei processi idrologici nel tempo. Processi ARMA stazionari e ciclici. Idrologia sintetica.

C. **Idrologia applicata**

c. l *Le piene fluviali-* Genesi e cause delle piene; analisi deH'idrogramma di piena; modellazione matematica della trasformazione afflussi-deflussi; l'idrogramma unitario istantaneo: definizione e metodologie di stima.

c.2 *Propagazione delle piene-* Equazioni di De Saint Venant e loro semplificazione; metodi idrologici per lo studio della propagazione.

c.3 *Stima delle portate di massima piena-* Metodologie statistiche e tecniche di regionalizzazione; metodologie basate sulla trasformazione afflussi-deflussi; le formule empiriche.

c.4 *Cenni di gestione delle risorse idriche-* Progettazione di un'opera idraulica in ambiente stocastico; il controllo delle piene.

Libri consigliati

U. Maione, U. Moisello: *Appunti di idrologia vol.l,* Ed. La Goliardica Pavese, 1974

U. Maione: *Appunti di idrologia voi.Ili Le piene fluviali,* Ed. La Goliardica Pavese, 1980.

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.

Appunti e dispense distribuiti nel corso delle lezioni.

Ulteriori testi di consultazione

A. S. Raudkivi: *Hydrology*, Pergamon Press, Oxford, 1979.
Yen Te Chow: *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book comp., 1965.

Programma dell'insegnamento di

IDROLOGIA TECNICA AU0007

(per allievi civili per la difesa del suolo)

Prof. Ugo MAIONE

Programma di esame

1. **Nozioni introduttive:** definizioni; origine e sviluppo dell'idrologia; le metodologie d'approccio; il ciclo idrologico.
2. **La metodologia statistica applicata alle indagini idrologiche.** - Rappresentazioni delle serie empiriche - Definizioni ed assiomi del calcolo delle porbabilità - Distribuzioni probabilistiche (distribuzione normale; log-normale; binominale; Gumbell, etc.) - Teorema limite centrale; distribuzione del X^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 causali - 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: *Appunti di Idrologia*, ed. La Goliardica Pavese, 1974.
U. Maione: *Appunti di ldrologia*, Voi. 3, Le piene fluviali, Ed. La Goliardica Pavese, 1980.
Ven Te Chow: *Handbook of Applied Hydrology*, Me Graw-Hill Book Company.
G. Remenieras: *L'hidrologie de l'ingènieur*, Eyrolles Editeur, Paris 1965.
M. Roche: *Hydrologie de surface*, Gauthier-Villars Editeur, Paris 1963.
Durante le lezioni verranno distribuiti appunti.

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.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI CHIMICI AF0032

Prof. Giuseppe BIARDI

Programma di 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, unita mixer-set tler 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

---

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.

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, obbiettivi 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.

Modalità di 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.

Libri consigliati

G. Biardi, S. Pierucci: *Operazioni unitarie di impianti chimici*, Voi. 1, CLUP (1984).

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).

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI CHIMICI II AF0012

Prof. Sauro PIERUCCI

Programma di 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 essicamento 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

ì 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.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

IMPIANTI CHIMICI NUCLEARI AV0017

Prof. Alessandro FACCHINI

Programma di 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. **Purificazione dell'uranio** mediante estrazione liquido-liquido, preparazione del "sale verde" (*UF*|4), produzione dell'uranio metallico o dell'esafluoruro.

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 carbo-nitruri di uranio e plutonio.

1.2. d. **Gestione del combustibile irraggiato.** 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. **Ritrattamento del combustibile irraggiato.** 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 massa 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: "diluisci 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[4]" 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.

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.

2.4. **Sistema di purificazione dello scarico per la separazione delle impurezze** (C, **O, N,..., He) dall'idrogeno.**

2.5. **Sistema di separazione isotopica per la rimozione di** H^l **e per il ripristino della miscela D/T.**

2.6. **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 irraggianti;
- Determinazione del numero di stadi o di unità di trasferimento di apparecchiature di estrazione liquido-liquido;
- Calcolo degli spessori di schermature gamma.

Modalità di 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).

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 Pubi. 1967.

Jean Sauteron: *Les Combustibles Nuclèaires.* Herman, Pari, 1965.

Voci *Combustibili Nucleari* e *Scorie e Rifiuti Radioattivi* della Enciclopedia della Scienza e della Tecnica. V Edizione.

I suddetti testi sono consultabili nelle biblioteche centrale e del CESNEF.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI DI BORDO AL0006

Prof. Luigi PUCCINELLI

Programma di 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.

ibri 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.*

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO AK0024

Prof. Lorenzo CASSITTO

Programma di esame

1. **Aria Umida** - Concetti e leggi fondamentali.
11diagramma 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'accumulo - 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 la legge 373/76 sul risparmio energetico.

4. **La produzione e la distribuzione del calore** - Combustibili, bruciatori, camini, caldaie. Le centrali termiche, impianti ad acqua calda, ad acqua surriscaldata, a vapore. Il calcolo delle tubazioni. L'utilizzazione del calore.

5. I **sistemi di riscaldamento urbano** - Termodinamica dei sistemi a energia totale - Classificazione - Tipologia (turbine a vapore, turbina a gas, diesel) - Sistemi di accumulo termico - Tipologie e funzioni.

6. **Reti cittadine di distribuzione del calore** - Schemi ad albero e ad anello - regolazione della potenza trasmessa mediante variazione della portata della temperatura del fluido in circolazione.

7. **L'energia solare** - Utilizzazione dell'energia solare come sorgente di calore negli impianti di climatizzazione - Tipologia e prestazioni dei pannelli solari a bassa temperatura.

8. **Il ciclo frigorifero** - Concetti e leggi fondamentali. Il ciclo inverso di Carnot. Il ciclo reale. La pompa di calore. I refrigeranti.

9. **Gli impianti frigoriferi e loro principali componenti** - Compressori alternativi, condensatori, torri evaporative, evaporatori. Calcolo meccanico dei componenti e loro interdipendenze funzionali. Centrali frigorifere con compressori centrifughi e con macchine ad assorbimento. La scelta della centrale frigorifera negli impianti di condizionamento dell'aria.

10. 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.

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 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.

14 **II funzionamento a carico parziale degli impianti di condizionamento dell'aria** - La suddivisione in zone. Suddivisione in zone e tipo di impianto.

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.

15. Caratteristiche e dimensionamento dei diversi tipi di impianti di condizionamento dell'aria - Impianti. Classifica degli impianti di condizionamento dell'aria. Impianti a sola aria, ad aria/acqua, a sola acqua, a fluido refrigerante. Impianti multizone, 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 condizionamento dell'aria e criteri di applicazione.

16 **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.

17 I recuperatori di calore dell'aria di espulsione

18 **Impianti di condizionamento industriale** - Principi e tipologie.

19. **Impianti di condizionamento specifici:** per i veicoli, aerei, containers ecc.

Esercitazioni

Le esercitazioni comporteranno l'applicazione numerica delle nozioni apprese durante il corso e verranno integrate da seminari riguardanti varie fasi progettuali degli impianti di condizionamento come pure da alcune visite a importanti impianti in funzione.

Libri consigliati

C. Pizzetti: *Condizionamento dell'aria e refrigerazione. Teoria e calcolo degli impianti*, Tamburini 1980.

Ashrae Guide &; Data Book: *Fundamentals and Equipment.* American Society of Heating. Refrigerating and Air Conditioning engineers.

New York Carrier Air Conditioning Company, *System Design Manual*, McGraw-Hill, New York 1967 e sucess. aggiornamenti.

E. Pedrocchi, M. Silvestri: note Introduzione alla termodinamica, CLUP, Milano 1986.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI DI ELABORAZIONE AG0203

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale)

Prof. Nello SCARABOTTOLO

Programma di esame

1. **Architettura dei sistemi di elaborazione.** Evoluzione della struttura di Von Neumann. Multiprogrammazione e time sharing. Parallelismo a livello di unità centrale: strutture pipeline e array di processori. Ottimizzazione della memoria centrale: tecniche di gestione della memoria virtuale e uso di gerarchie di memoria. Il parallelismo a livello di gestione dell'ingresso/uscita: diverse modalità di trasferimento delle informazioni e uso dei canali. Parallelismo a livello di processore: strutture multiprocessore, supporti di interconnessione, gradi di accoppiamento. Esempi.
2. **Periferiche dei sistemi di elaborazione.** Struttura e tecnologie dei supporti di memoria di massa. Dispositivi di presentazione dei dati. Dispositivi di stampa delle informazioni. Esempi.
3. **Architettura degli impianti di elaborazione.** Le reti di calcolatori: dimensioni, topologie, modello di riferimento ISO-OSI. Mezzi e tecniche di trasmissione: supporti fisici, modulazione dei segnali, condivisione dei canali di comunicazione, tecniche di commutazione, protezione da errori di trasmissione. Problematiche relative alle comunicazioni in reti punto-a-punto: protocolli, tecniche di routing, controllo delle congestioni. Le reti via satellite: caratteristiche e protocolli usati. Le reti locali: caratteristiche, protocolli CSM A, protocolli per reti ad anello. Tecniche di interconnessione fra reti. Sicurezza e protezione dei dati. Esempi.
4. **Progettazione degli impianti di elaborazione.** Criteri di scelta dei sistemi di elaborazione e dei dispositivi periferici più idonei ai diversi contesti applicativi. Criteri di scelta fra soluzioni accentrate e soluzioni distribuite. Elementi di teoria delle code e loro utilizzo nell'analisi e nel dimensionamento di sistemi e impianti di elaborazione. Metodi di analisi delle prestazioni.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni di integrazione degli argomenti trattati nel corso e di applicazione pratica delle tecniche di analisi delle prestazioni e di dimensionamento dei sistemi di elaborazione.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta sulla risoluzione di un problema di analisi e dimensionamento e in una prova orale.

Libri consigliati

M.C. Calzarossa, N.Scarabottolo: *Architettura degli impianti di elaborazione.* CLUP, 1988.
5. Mainetti, F. Barbic: / *modelli di reti di code per l'analisi di sistemi di calcolatori.* CLUP fotocopie, 1988.
K.Hwang, F.A. Briggs: *Computer architecture and parallel processing.* McGraw-Hill, 1984.
A.S. Tanenbaum: *Computer networks.* Prentice-Hall, 1981.

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.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI DI TRASPORTO AY0007

Prof. Pietro MENGOLI

Programma di esame

A) **GENERALITÀ** - 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. 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; richiami di trazione endotermica; 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 e loro calcolo (impostazione).

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:** caratteristiche e moti. I porti, le vie d'acqua naturali, i canali. Le conche e altri sistemi per il superamento dei dislivelli, i bacini di carenaggio. 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

Impianti e mezzi di trazione; visite ad impianti.

Modalità di 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 l'Istituto di Vie e Trasporti.

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.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI ELETTRICI AH0004

Prof. Andrea SILVESTRI

Programma di esame

1) Struttura dei sistemi elettrici di potenza e 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.

Cortocircuiti simmetrici e dissimmetrici: impedenze di sequenza dei vari componenti, reti di sequenza, guasti in derivazione e in serie.

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 esafloruro, a celle dejonizzanti, 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, 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 di 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-Vaitorta: *Trasmissione ed interconnessione*, CEDAM, Padova.
Marconato: *Sistemi elettrici di potenza*, CLUP, Milano.
Faletti: *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.

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.

/

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI ELETTRICI II AH0005

Prof. Enrico TIRONI

Programma di 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 semisferico 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 delPisolamento

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.

Le precedenze d'esame sono affisse all'Albo della Presidenza della Facoltà.

II. rispetto delle precedenze d'esame costituisce condizione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedenze comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

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 di 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. Iliceto *Impianti elettrici* voi. I, ed. Pàtron Bologna.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI INDUSTRIALI AR0108

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale)

Prof. Renato WEGNER

Programma di 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 delPiniziativa.
- **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

Verranno svolte in stretto collegamento con i corsi di Tecnologie Industriali e Gestione degli Impianti Industriali. Nell'ambito di tali esercitazioni verrà impostato il progetto di laurea dell'indirizzo impiantistico.

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 di esame

Per essere ammesso all'esame l'allievo deve avere svolto in misura sufficiente il tema di impianto assegnatogli per il progetto. L'esame consiste in una interrogazione 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.

Libri consigliati

- Dispense del corso su: *Analisi economica, layout, magazzini.*
- B. Martinoli: *La simulazione* - F. Angeli Editore.
- R. Raimondi: *Collana di impiantistica* - F. Angeli Editore.
- R. Baroggi, M. Malavolti, G. Raimondi, G. Vignati, G. Zecchini: *Imballaggio, magazzinaggio, trasporti.*
- V. Zignoli: *Tecnica ed economia della produzione* - Hoepli
- Hillier, Lieberman: *Introduzione alla ricerca operativa* - F. Angeli Editore.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI MECCANICI AQ0009

Prof. Francesco TURCO

Programma di esame

1) 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.

II 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; criteri da adottare per la protezione contro i contatti accidentali.

2.2) Produzione e distribuzione dell'energia termica

Criteri di scelta del fluido intermediario per la distribuzione di calore; 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: perdite di calcolo e di calore; 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.

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.

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: 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 deH'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 sospése, 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 di 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*, CLUP, 1990.

C.F. Marcolli: *Impianti Industriali Meccanici - Servizio Elettrico, Servizio Illuminazione*, CLUP, 1990.

P. Parolini: *Impianti Industriali Meccanici - Produzione e distribuzione del calore, Trasporto dei fluidi*, CLUP, 1990.

AA. VV.: *Impianti Meccanici - Estratto* (Dispense integrative), CLUP Fotocopie.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI MECCANICI II AR0050

Prof. Renato WEGNER

Programma di 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

Verranno svolte in stretto collegamento con i corsi di Tecnologie Industriali e Gestione degli Impianti Industriali. Nell'ambito di tali esercitazioni verrà impostato il progetto di laurea dell'indirizzo impiantistico.

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 di esame

Per essere ammesso all'esame l'allievo deve avere svolto in misura sufficiente il tema di impianto assegnatogli per il progetto. L'esame consiste in una interrogazione 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.

Libri consigliati

- Dispense del corso su: *Analisi economica, layout, magazzini.*
- B. Martinoli: *La simulazione* - F. Angeli Editore.
- R. Raimondi: *Collana di impiantistica* - F. Angeli Editore.
- R. Baroggi, M. Malavolti, G. Raimondi, G. Vignati, G. Zecchini: *Imballaggio, magazzinaggio, trasporti.*
- V. Zignoli: *Tecnica ed economia della produzione* - Hoepli
- Hillier, Lieberman: *Introduzione alla ricerca operativa* - F. Angeli Editore.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI NUCLEARI AV0011

Prof. Carlo LOMBARDI

Programma di esame

1. Generalità.

Risorse e consumi energetici. Richiami di fisica nucleare e neutronica. Schema di principio di un reattore nucleare. Descrizione sintetica dei vari tipi di reattori di potenza, industrialmente affermati. Reattori veloci. Fattori che influenzano il ruolo dell'energia nucleare. Situazione attuale dei programmi elettronucleari. Ciclo del combustibile nucleare. 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.

2. Cicli termodinamici associati ai reattori nucleari.

Cicli a vapor saturo e surriscaldato, rigenerazione. Generatori termici nucleari. Turbine a vapore. Ciclo diretto. Metodi di calcolo delle grandezze caratteristiche del ciclo. Cicli a gas.

3. Effetti termici di impianti termoelettrici.

Aspetti quantitativi del problema. Alterazione termica dei corpi d'acqua naturali. Effetti sull'ecosistema. Norme di protezione. Soluzioni alternative. Utilizzi del calore di scarico.

4. Termoidraulica del fluido termo vettore.

Moto dei fluidi monofasi. Equazioni di conservazione. Cadute di pressione. Trasferimento del calore. Fluidi a bassa ed alta conducibilità. Alettature. Miscele bifase. Il canale bollente. Idrodinamica e densità delle miscele. Cadute di pressione. Crisi della trasmissione del calore. Instabilità termoidrauliche.

5. Progettazione termomeccanica.

Distribuzione di temperatura in solidi. Progetto termico di barrette ad ossido. Sforzi di origine termica. Metodo degli elementi finiti.

6. Protezione dalle radiazioni.

Sorgenti radioattive di un reattore. Attenuazione dei raggi gamma e dei neutroni nella materia. Schermi per reattori. Attivazione dei fluidi termovettori. Irradiazione interna.

7. Ingegneria dei circuiti.

Tipici circuiti di un impianto elettronucleare. Progetto dei circuiti. Normativa nucleare. Tubazione. Valvole. Pompe.

8. Sistemi nucleari a fusione.

Principi di funzionamento. Possibili soluzioni per un impianto di potenza. Cenni sulle problematiche impiantistiche. Programmi di ricerca e sviluppo.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni saranno sviluppati complementi alle lezioni ed esercizi.

Libri consigliati

C. Lombardi: *Impianti Nucleari,* ed. CLUP.

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.

Programma delPinsegnamento di

IMPIANTI PER L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE

- (Sez. A) AG0069

Prof. Giampio BRACCHI

Programma di esame

1. Analisi e progettazione dei sistemi informativi basati su elaboratore. I sistemi informativi basati su elaboratore. Struttura, gerarchia ed integrazione dei sistemi informativi. Il ciclo vitale delle applicazioni di informatica. Aspetti economici ed organizzativi dei sistemi informativi. Criteri e tecniche di pianificazione dei sistemi informativi. Le fasi dell'analisi, della progettazione e della realizzazione dei sistemi informativi. Tecniche di conduzione e di controllo dei progetti di sistemi informativi. Studio di fattibilità, analisi funzionale, specifiche tecniche degli impianti di elaborazione, progettazione dettagliata del sistema, realizzazione e prova, installazione ed avviamento del sistema e sua valutazione. Le metodologie standard di analisi, progettazione e realizzazione; metodologie ISAC, BSP, SADT, PSL/PSA. Il progetto dell'impianto di elaborazione nell'ambito del progetto del sistema informativo.

2. La struttura degli impianti di elaborazione. Configurazioni: collegamenti tra componenti e coordinamento delle loro attività. Modalità di elaborazione. Sistemi distribuiti, reti locali e reti geografiche. Reti di comunicazioni e relativo software. Il modello ISO-OSI. Sistemi per l'automazione dell'ufficio.

3. **Progettazione degli impianti di elaborazione.** Criteri di scelta fra soluzioni accentrate e distribuite. Progetto e dimensionamento della rete di trasmissione dati, dell'impianto centrale, dei terminali e delle memorie di massa. L'uso della teoria delle code nella progettazione dell'impianto di elaborazione.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche e verrà sviluppato un progetto di sistema informativo.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da esercizi scritti. Durante l'anno verranno proposte due prove scritte facoltative che, se svolte con esito favorevole, costituiranno elementi di giudizio per l'assegnazione del voto.

Libri consigliati

G. Bracchi, G. Motta: *Sistemi informativi e imprese*, Franco Angeli, Collana di informatica, 1986.
G. Motta: *Il metodo ISAC*, CLUP, 1987.
G. Le Moli: *Telematica*, ISEDI, 1986.
F. Barbic, S. Mainetti: / *modelli di reti di code per l'analisi di sistemi di calcolatore*, CLUP, 1988.
M.C. Calzarossa, N. Scarabottolo: *Architettura degli impianti di elaborazione*, CLUP, 1988.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

IMPIANTI PER L'ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI

- (Sez. B) AG0069

Prof. Nello SCARABOTTOLO

Programma di esame

1. **Architettura dei sistemi di elaborazione.** Evoluzione della struttura di Von Neumann. Multiprogrammazione e time sharing. Parallelismo a livello di unità centrale: strutture pipeline e array di processori. Ottimizzazione della memoria centrale: tecniche di gestione della memoria virtuale e uso di gerarchie di memoria. Il parallelismo a livello di gestione dell'ingresso/uscita: diverse modalità di trasferimento delle informazioni e uso dei canali. Parallelismo a livello di processore: strutture multiprocessore, supporti di interconnessione, gradi di accoppiamento. Esempi.
2. **Periferiche dei sistemi di elaborazione.** Struttura e tecnologie dei supporti di memoria di massa. Dispositivi di presentazione dei dati. Dispositivi di stampa delle informazioni. Esempi.
3. **Architettura degli impianti di elaborazione.** Le reti di calcolatori: dimensioni, topologie, modello di riferimento ISO-OSI. Mezzi e tecniche di trasmissione: supporti fisici, modulazione dei segnali, condivisione dei canali di comunicazione, tecniche di commutazione, protezione da errori di trasmissione. Problematiche relative alle comunicazioni in reti punto-a-punto: protocolli, tecniche di routing, controllo delle congestioni. Le reti via satellite: caratteristiche e protocolli usati. Le reti locali: caratteristiche, protocolli CSMA, protocolli per reti ad anello. Tecniche di interconnessione fra reti. Sicurezza e protezione dei dati. Esempi.
4. **Progettazione degli impianti di elaborazione.** Criteri di scelta dei sistemi di elaborazione e dei dispositivi periferici più idonei ai diversi contesti applicativi. Criteri di scelta fra soluzioni accentrate e soluzioni distribuite. Elementi di teoria delle code e loro utilizzo nell'analisi e nel dimensionamento di sistemi e impianti di elaborazione. Metodi di analisi delle prestazioni.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni di integrazione degli argomenti trattati nel corso e di applicazione pratica delle tecniche di analisi delle prestazioni e di dimensionamento dei sistemi di elaborazione.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta sulla risoluzione di un problema di analisi e dimensionamento e in una prova orale.

Libri consigliati

M.C. Calzarossa, N.Scarabottolo: *Architettura degli impianti di elaborazione.* CLUP, 1988.
5. Mainetti, F. Barbic: / *modelli di reti di code per l'analisi di sistemi di calcolatori.* CLUP fotocopie, 1988.
K.Hwang, F.A. Briggs: *Computer architecture and parallel processing.* McGraw-Hill, 1984.
A.S. Tanenbaum: *Computer networks.* Prentice-Hall, 1981.

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.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI PETROLIFERI (Sez. A) AF0013

Prof. Renato DEL ROSSO

Programma di 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. Cocking. Processi termici. Reforming catalitico. Isometrizzazione. 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-conto.

Modalità di 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).

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.

Programma delPinsegnamento di

IMPIANTI PETROLIFERI (Sez. B) AF0037

Prof. Gianfranco GUERRERI

Programma di esame

Elementi fondamentali di ingegneria mineraria. Recupero del petrolio, sfruttamento dei giacimenti, previsioni delle riserve.

Caratterizzazione e composizione del petrolio.

Serie idrocarburiche presenti, impurezze, composti chimici non idrocarburici. Moderni metodi di indagine per una dettagliata descrizione chimica. Procedimenti empirici di caratterizzazione. Criteri per l'impiego dei differenti procedimenti di caratterizzazione. Curve ASTM, TBP, FLASH. Fattore di caratterizzazione, Peso molecolare medio, Temperature medie di ebollizione. Loro impiego per caratterizzare le grandezze termodinamiche dei tagli petroliferi.

Prodotti di raffineria e loro specifiche.

Legame tra le specifiche dei prodotti ed i macchinari in cui trovano impiego. Benzine, loro volatilità, campi di ebollizione, numero di ottano, correlazioni tra numero di ottano e composizione chimica. Differenti definizioni del numero di ottano. Effetto degli inquinanti e degli additivi sul valore delle specifiche. Cheroseni, gasoli leggeri e pesanti, combustibili per jets, nafte per la petrolchimica, coke, peci, asfalti, oli combustibili, cere, oli lubrificanti. Loro specifiche.

Processi di raffineria.

Criteri che determinano la formazione, l'ubicazione e la crescita di una raffineria. Capacità tipiche di ogni processo a soddisfare le specifiche dei prodotti. Alimentazioni per i vari processi, loro pretrattamenti e purificazioni. Distillazione primaria, distillazione sottovuoto. Predistillazione. Reforming catalitico. Cracking catalitico, Hydrocracking, Visbreaking, Coking, Idrogenazioni, Dimerizzazione, Alchilazione, Isomerizzazione, Deasfaltazione con propano, Generazione di idrogeno; bilancio dell'idrogeno in raffineria. Trattamento con la linea di lubrificanti: lavaggi per separare aromatici e impurezze, eliminazione delle cere, purificazione. Recuperi aromatici per la petrolchimica. Dimensionamenti di massima. Discussione ed analisi critiche. Valutazioni economiche.

Applicazione di discipline fondamentali al progetto di impianti chimici(Esercitazioni)

Esempi di progetti di combustioni, di separazioni (equilibrio liquido- vapore, distillazione frazionata, ecc.) di trasporto di fluidi, di impiego di pompe, turbine e compressori, esempi di strumentazioni, problemi di termodinamica, di catalisi, di scambio termico, criteri di sicurezza, laboratorio di stabilimento, problemi meccanici inerenti agli impianti.

Progetti di impianti petroliferi, chimici, e petrolchimici(Esercitazioni)

Analisi critica e scelta delle condizioni operative, scelta delle apparechiature, loro dimensionamento, stima dei consumi energetici per impianti di: Distillazione primaria del petrolio greggio, 2) Reforming catalitico della nafta, 3) Recupero di benzene- toluene-etilbenzenexileni da riformati, mediante estrazione con Formilmorfolina, 4) Cracking catalitico di gasoli pesanti in letto fluido, 5) Idrodesolforazione di gasoli pesanti su un letto catalitico fisso, 6) Ciclo frigorifero in cascata per impianto produzione etilene da steam-cracking di nafta, 7) Dealchilazione del toluene, 8) Polimerizzazione dello stirene, 9) Steam reforming (primario e secondario) per produzione idrogeno, 10) Shift conversion della CO a C02, 11) Assorbimento della C02 con etanolammina, 12) Metanazione del CO residuo, 13) Sintesi della ammoniaca, 14) Fabbricazione e separazione dei glicoli etilenici da ossido di etilene.

Modalità di esame

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.

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. Guerreri *Impianti petroliferi* Ed. CLUP (1980);
G. Pastonesi, M. Avanzi, A. Morpurgo *Impianti Petroliferi* APE Mursia (1962);
W.L. Nelson *Petroleum rafinery engineering* McGraw-Hill (1968);
J.H. Gary, G.E. Handwerk *Petroleum refining. Technology and economics* M. Dekker (1975).
R. J. Hengstebeck *Petroleum Processing*, McGraw Hill, (1959)
R. H. Perry, Don Green *Perry's Chemical Engineers' Handhook* McGraw Hill,VI Ed. (1984)
I. Pasquon, G. Guerreri *Principi della chimica industriale voi. Ili* Ed. CLUP (1985)
M. Dente, E. Ranzi *Principi di ingegneria chimica* Ed. CLUP (1979)
G. Natta, I. Pasquon *Principi della chimica industriale voi.I* Ed. CLUP (1966)
O. A. Hougen, K. M. Watson, R. A. Ragatz *Chemical Process Principles Vol.l e II* John Wiley (1962)
F. I. Incropera, D. P. De Witt *Fundamental of Heat Transfer* John Wiley 1960)
G. Biardi, S. Pierucci *Impianti chimici* Ed. CLUP (1984)
D. Q. Kern *Process Heat Transfer* McGrawHill (1950)
R. O. Traybal *Mass Transfer opera tion* McGrawHill (1980)
W. L. Badger, J. T. Banchero *Ontroduction to Chemical Engineering* McGrawHill (1955)
C. J. King *Separation Processes* McGrawHill (1978)
G. G. Brown *Unit Operations* John Wiley (1950)
E. E. Ludwig *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant* Voi. I, II, III, Gulf Publishing Co. (1979)
F. L. Evans, Jr *Equipment Design Handbook* Voi. I, II Gulf Publishing Co. (1971)
L. E. Brownell, E. H. Young *Process Equipment design* John Wiley (1959)
Riviste: *Hydrocarbon Processing, Chemical Engineering, Chemical Engineering Progress, Industriai Engineering Chemistry.* Research, La Rivista dei Combustibili, Tecnologie Chimiche, ICP, Chemical Engineering Science, A.I.Ch.E.Journal, International Chemical Engineering, The Canadian Journal of Chemical Engineering The Canadian Journal of Chemical Engineering, The Chemical Engineering of Japan, Chemical Engineering Research and Design (Trans.Inst.Chem.Eng.), Oil and Gas Journal, German Chemical Engineering.

Programma dell'insegnamento di

IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI AU0005

Prof. Alberto BIANCHI

Programma di 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
- richiami ai metodi grafici
- tipi di pozzi piezometrici
- cenni al dimensionamento 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, motori, avviamento, dispositivo stella-triangolo
- 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: effetto di singolarità nelle condotte, risoluzione col metodo delle caratteristiche
- dispositivi di protezione dal colpo di ariete (casse d'aria, volani, by-pass, valvole di sicurezza)
- riempimento di una condotta

Impianti di bonifica e irrigazione
- problemi 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 udometrico, calcolo idraulico delle reti di bonifica
- drenaggio del terreno

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.

- 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, ottimazione 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

KSB - *Pompe - Manuale* - KSB, 1962.
Chaudhry: *Applied Hydraulic Transients* - Van Nostrand Reinolds Company, 1975.
D. Citrini, G. Noseda: *Idraulica* - CEA, Milano, 1975.
G. Evangelisti: *Impianti idroelettrici* voi. I e II, Patron, Bologna, 1964.
M. Fanelli: / *transistori idraulici nei circuiti industriali a bassa pressione (incluso il distacco e riattacco di vena),* CLUP, Milano, 1983.
Istituto di Idraulica: *Sistemi di drenaggio urbano,* 1985.
W. Lederman: *Handbook of applicable mathematics* - Voi. Ili - Wiley & Sons, 1981.
G. Noseda: *Problemi di moto vario,* Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Milano.
A. J. Stepanoff: *Centrifugai and axial flow pumps,* Wiley &; Sons, 1957.
G. Supino: *Le reti idrauliche,* Patron, Bologna, 1965.
Watters: *Analysis and control of unsteady flow in pipelines,* Butterworrths, 1984.
Wylie and Streeter: *Fluid transients,* Feb Press, 1983.

Programma dell'insegnamento di
IMPIEGO INDUSTRIALE DEI MATERIALI AE0013

Prof. Alberto CIGADA

Programma di 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 anche organizzate alcune visite ad impianti e eleboratori industriali.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale, che potrà essere preceduta da una prova scritta orientativa.

Libri consigliati

Dispense del corso:
A. Cigada: *Struttura proprietà ed applicazioni dei materiali metallici. Principali classi di materiali metallici*
M.C. Tanzi: *Struttura proprietà ed applicazioni dei materiali polimerici e compositi*
A. Cigada, P. Pedeferri: *Elementi di corrosione e protezione dei materiali metallici*

Le precederne 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

IMPIEGO INDUSTRIALE DELL'ENERGIA AK0034

Prof. Gianfranco ANGELINO

Programma di esame

- Il problema energetico. Generalità.
- Consumi energetici industriali e loro incidenza sul bilancio energetico nazionale.
- Parametri di merito per la qualità della gestione energetica nell'industria. I rendimenti legati ai vincoli insiti nel 2° principio della termodinamica.
- Principi di funzionamento delle macchine a fluido.
- La generazione industriale di energia meccanica o elettrica. Cicli termodinamici e motori primi.
- La generazione industriale di calore: problematiche relative a produzione, trasporto e accumulo. Tecnologie emergenti: la pompa di calore.
- Principi e applicazioni di generazione combinata di energia meccanica e termica. Metodi di valutazione della convenienza economica della cogenerazione: a) per la singola industria; b) per la comunità nazionale.
- La tariffazione elettrica nei suoi riflessi sulle scelte energetiche industriali.
- Combustibili tradizionali e di futura disponibilità per gli impieghi industriali.
- Attività energetiche e inquinamento ambientale chimico e termico.
- Prospettive future di sviluppo delle attività energetiche industriali alla luce dei sempre più stringenti vincoli di salvaguardia ambientale.
- Razionalizzazione dei consumi: ruolo del risparmio energetico.

Esercitazioni

Il corso prevede esercitazioni consistenti nello sviluppo di una tesina riguardante la realizzabilità tecnica e le valutazioni economiche di un intervento di risparmio energetico.

Modalità di esame

L'esame consisterà in una prova orale.

Libri consigliati

Enea - Autori vari: "*Metodologie di risparmio energetico*" - Ed. Hoepli
CNR-PFE: Libro bianco *:Sui risparmi energetici negli stabilimenti industriali*"
Luciano Silveri: "*Cogenerazione e gestione del calore in Italia"* - Franco Angeli Editore
Pierre Le Goff: *"Energetique industrielle"* - Technique et documentation (Parigi)

Le precederne 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.

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 1'annulla.mento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di
INFORMATICA INDUSTRIALE AG0205
(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale)
Prof. Riccardo CASSINIS

Programma di esame

1) **Processi discreti semplici.** Concetti di input output digitali, esempi; programmatori a camme, logiche a relais; reti combinatorie e sequenziali, metodi di analisi e di sintesi.
Realizzazione di reti logiche con semiconduttori; utilizzo di controlli a logica programmabile (PLC): linguaggi di programmazione. Introduzione ai calcolatori digitali.
Macchine automatiche industriali a stati finiti: segmentazione in macchine elementari, modello informatico della macchina, modalità operative; analisi dei flussi informatici. Problemi derivanti da comportamenti non nominali. Esempi industriali.
Macchine con gradi di libertà continui, cenni al controllo di movimenti; coordinamento tra movimenti; il controllo numerico delle macchine utensili e delle macchine automatiche; linguaggi per la programmazione delle macchine utensili.
2) Il flusso di informazioni verso le macchine automatiche: specifiche funzionali dei sistemi di distribuzione e raccolta delle informazioni. Le reti locali di trasmissione dati: principali tipologie e standard industriali.
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.
4) Sistemi assistiti dal calcolatore (CAD) per il disegno ed il progetto meccanico ed impiantistico: modelli e sistemi per la descrizione geometrica degli oggetti a due ed a tre dimensioni; tecniche di simulazione per la presentazione di componenti singoli e dei sistemi aggregati; interfacce verso i sistemi di produzione e controllo.
Sistemi per la sintesi ed analisi dei progetti meccanici (CAE) ed interfacce con i sistemi CAD.
Utilizzo di sistemi CAD per il progetto, la simulazione e la documentazione di progetti elettrici ed elettronici; interfacce verso i sistemi di collaudo.
Apparati automatici di controllo e collaudo; tecniche di analisi dei parametri rilevati e la diagnosi dei guasti.
Sistemi per la programmazione automatica delle macchine operatrici automatiche ed in particolare dei robot e delle macchine utensili. Integrazione con la fase di progetto e con la gestione della composizione del prodotto. Utilizzo delle tecniche di group technology e di codifica morfologica.
5) **Integrazione delle attività di progettazione,** di preventivazione, di acquisto e di programmazione e controllo della produzione. Definizione dei relativi data base. Strutture accentrate e distribuite; utilizzo di reti geografiche di trasmissione delle informazioni.
6) **Introduzione delle tecniche di intelligenza artificiale;** utilizzo di sistemi esperti nella fabbrica del futuro per il progetto, la scelta del ciclo di lavorazione, la pianificazione e la schedulazione del processo produttivo.
Impiego dei sistemi esperti per la diagnosi dei guasti e per la manutenzione degli impianti di produzione integrati.

Esercitazioni

Le esercitazioni consisteranno in sviluppi di problemi di controllo di sistemi produttivi e nella stesura di rapporti relativi alle visite effettuate.

Libri consigliati

Testi di elettronica
M.G. Sami: *Sistemi Digitali*, Ed. CLUP
Testi relativi al CAD CAM
C.S.Knox: *CAD CAM System id.*, pubblicato da Marcel Dekker Ine. New York.
Testi riguardanti gli aspetti di integrazione
Integrated Manufacture Ingersoll Engineers, edito da IFS. Publication Ltd., UK 1985.
A program Guide for CIM IMPLEMENTATIO, pubblicato da CASA-SME, USA 1985.
Atti di Convegno AUTOGACT 1984, 85,86, pubblicati da SME USA.
The Strategie benefits of Computer Integrated Manufacturing pubblicato da Arthur D. Little - USA
Design Rules for a CIM System pubblicato da R. W. Yeomans, A. Choudry, P. J. W. ten Hagen, ed. North Holland Press.

Testi relativi all'Intelligenza Artificiale

Harmon & King: *Expert Systems* ed. Wiley Press
Davies and Lenat: *Knowledge based systems in A. C.* Me Graw-Hill.

Programma dell'insegnamento di

INFRASTRUTTURE ED ORGANIZZAZIONE DEI TRASPORTI AY0011

Prof. Giuseppe MOESCH

Programma di 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)

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.

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.

Programma dell'insegnamento di

INFRASTRUTTURE IDRAULICHE AU0009

Prof. Renzo ROSSO

Programma di 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 approvigionamento 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. 4) Il problema del preannuncio: reti di monitoraggio, identificazione e taratura adattativa dei modelli afflusso-deflusso.

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 del 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. **Protezione idraulica del territorio. 1)** Controllo delle piene: identificazione delle aree soggette a rischio idrologico; valutazione del rischio idraulico; interventi strutturali e non-strutturali. 2) Misure di tipo strutturale: interventi di regimazione alla scala del bacino di formazione della piena (opere longitudinali, opere trasversali, invasi di laminazione); interventi di protezione a scala locale

---

Le precederne 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.

(strutture longitudinali, strutture trasversali, zone di espansione, effetti sulle aree non protette). 3) Misure di tipo non-strutturale: sistemi di monitoraggio e preannuncio; piani di protezione civile (procedure di allarme, predisposizione delle vie di fuga e di soccorso, procedure di salvaguardia); copertura assicurativa del rischio.

G. **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 piovane. 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.

H. Sistemi di approvigionamento 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 approvigionamento: 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 di 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 di 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.*

D. Citrini, G. Noseda: Idraulica - Ed. CE A, Milano, 1970.

G. Evangelisti: Impianti idroelettrici - Voli. 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 - Voli. 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 - Voli. I e III - La Goliardica Pavese, Pavia, 1974.

G. Supino: Le reti idrauliche - Patron, Bologna, 1965.

Programma dell'insegnamento di

INGEGNERIA DEI MATERIALI MACROMOLECOLARI AF0020

Prof. Andrea PAVAN

Programma di esame

1. Generalità Descrizione del ciclo tecnologico di un materiale. Analisi del sistema produzione-trasformazione-utilizzazione- recupero di un materiale: individuazione di variabili di processo e variabili di prodotto. Finalizzazione del materiale. Missione del manufatto.

2. Fondamenti di scienza dei materiali macromolecolari

Principi metodologici nello studio del comportamento dei materiali. Definizione di struttura e concetto integrale di proprietà. Classificazione dei materiali in base alla struttura ed in base alle proprietà. Relazioni proprietà-struttura ed equazioni costitutive. Modelli empirici, strutturali e analogici. Equazioni costitutive reologiche, di tipo differenziale e di tipo integrale; funzioni di memoria; numero di Deborah. Reologia dei materiali macromolecolari solidi. Elasticità lineare e non-lineare. Plasticità. Viscoelasticità lineare e non-lineare. Termoviscoelasticità. Proprietà meccaniche limiti dei materiali macromolecolari solidi: snervamento, danneggiamento e frattura. Reologia dei materiali macromolecolari fluidi. Fluidi viscosi ed elastoviscosi. Flussi isotermi e non isotermi. Proprietà meccaniche limiti dei materiali macromolecolari fluidi. Trasporto di calore in materiali Teologicamente complessi. Diffusione. Fenomeni superficiali. Adesione. Proprietà elettriche: conducibilità e comportamento dielettrico.

3. Principi di ingegneria della trasformazione dei materiali macromolecolari

Analisi degli sforzi e delle deformazioni in materiali viscoelastici, in caso isotermo ed in caso non-isotermo. Analisi termoreologica di processi di flusso in stato stazionario ed in caso non-stazionario. Analisi termocinetica dei trattamenti termici di massa e di superficie. 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

Criteri di selezione di un 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 (riciclaggio terziario e quaternario).

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:

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.

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 Economie Value*, M. Dekker AG, Basel, 1981.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

INGEGNERIA DEL SOFTWARE AG0089

Prof. Carlo GHEZZI

Programma di 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 II modello entità-relazioni (ER) per la specifica dei dati.

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 Cenni alla logica temporale per la specifica di sistemi concorrenti e real-time.

2.10 Cenni ai metodi industriali di specifica.

2.11 Strumenti disponibili per la specifica secondo i metodi esposti.

3. Progettazione

3.1 Criteri generali metodologici e metriche per la struttura del software.

3.2 II principio di "information hiding": interfacce dei moduli e corpi dei moduli; criteri di "information hiding".

3.3 Pseudolinguaggio per la modularizzazione.

3.4 Cenni ai metodi industriali di progettazione: il metodo Jackson e lo "structured design".

3.5 La progettazione "object-oriented".

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 operazionale 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 "Ìn 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 FP.

4.8 Caratteristiche fondamentali della programmazione logica: il linguaggio Prolog.

5. Metodi formali nella specifica del software

5.1 Ruolo e vantaggio dei metodi formali

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

5.2 Specifiche formali basate su macchine a stati: il caso di ASLAN.
5.3 Specifiche formali di tipo algebrico.
5.4 Illustrazione di alcuni strumenti di supporto alle specifiche in ASLAN e alle specifiche algebriche.

6. H controllo della qualità

6.1 Aspetti generali
6.2 Tecniche sociali di controllo della qualità: ” walkthroughs” e ispezioni.
6.3 Analisi statica dei programmi.
6.4 Testing: limiti; criteri; metodi.
6.4 Esecuzione simbolica.
6.5 Verifica formale della correttezza: cenni.
6.6 Modelli analitici per l’affidabilità del software.

7. **Strumenti e ambienti per lo sviluppo del software**

7.1 Principali strumenti di supporto alle singole fasi dello sviluppo.
7.2 II sistema UNIX come ambiente di sviluppo e suoi derivati.
7.3 Gli ambienti per Ada (APSE).
7.4 Tendenze moderne.

Modalità di 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; le seconda è sempre orale. Il progetto deve essere concordato con il docente e deve essere sviluppato a gruppi; il suo obbiettivo 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

C. Ghezzi, M. Jazayeri, *Programming Language Concepts*, J. Wiley & Sons, New York, NY, II Edizione, 1987 (l’edizione italiana è in corso di pubblicazione).

R. Fairley, *Software Engineering Concepts*, McGraw-Hill, New York, NY, 1985.

R.S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, McGraw-Hill, New York, NY, II Edizione, 1987.

D. A. Lamb, *Software Engineering: Planning for Change*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988.

B. Ratcliff, *Software Engineering: Principles and Methods*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 1988.

E. Dameri, C. Simonelli, *Validazione del Software*, F. Angeli Ed., Milano, 1986.

W.A. Babich, *Software Configuration Manegement*, Addison Wesley, Reading, MA, 1986.

Verranno distribuite fotocopie di articoli di particolare interesse a cura del docente.

Programma dell'insegnamento di

INGEGNERIA DEL TERRITORIO AJ0006

Prof. Secondo Francesco LUCCHINI

Programma di esame

1 - Il fenomeno urbanistico. Contenuti culturali, aspetti operativi e compiti dell'Ingegneria del territorio. IL processo urbanistico storico e l'evoluzione degli insediamenti umani. Il sistema territoriale ecologico, 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. In particolare verrà elaborato, attraverso contributi individuali, uno schema di piano urbanistico, integrato da piani attuativi di settore, dell'impianto territoriale assegnato all'inizio del corso.

Modalità di 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
S. F. Lucchini - *Territorio e normativa urbanistica,* CUEP, Pavia. 1977
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. Albori, V. Fuggini - *La formazione dei piani territoriali,* Marsilio. 1984
S. F. Lucchini - *Argomenti di urbanistica: Tecniche di ricerca,* SEAG, Pavia. 1986
S.F. Lucchini - *Argomenti di ingegneria del territorio: Ambiente e pianificazione urbanistica,* CUSL, Milano, 1988.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

INGEGNERIA SANITARIA (Sez. A) AW0002

Prof. Eugenio DE FRAJA FRANGIPANE

Programma di esame

1. GENERALITÀ. 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 dolci e saline. Acque di falda e profonde - Caratteristiche delle acque naturali. Acque aggressive. Acque incrostanti. Acque torbide. Acque con composizione chimica particolare - 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.

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** - Legge 13 luglio 1966, n. 615 - Regolamenti di applicazione.

5. TRATTAMENTI E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI. Impostazione del problema - Conferimento - Raccolta - Allontanamento - Sistemi di conferimento; raffronto comparativo - Raccolta con sacchi a perdere - Automezzi di raccolta - Automezzi per l'allontamento a breve ed a lunga distanza - Spazzamento stradale - Costi dei servizi di nettezza urbana - **Caratteristiche** - Evoluzione delle quantità - Evoluzione delle caratteristiche qualitative - **Smaltimento** - Lo scarico controllato. 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 - Possibilità e limiti della applicazione dei tritarifiuti da cucina

- **Centralizzazione** - Organizzazione comprensori ale dei servizi di nettezza urbana - Normativa - Legislazione attuale.

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.

Esercitazioni

Il Corso prevede una serie di esercitazioni, visite tecniche, conferenze, seminari, sugli argomenti del programma di insegnamento. Sono previste esercitazioni specifiche per gli allievi dell'indirizzo "sanitario" del corso di laurea in Ingegneria Civile sez. Idraulica e del corso di laurea in Ingegneria Civile per la Difesa del Suolo e la Pianificazione Territoriale (indirizzo Difesa del suolo).

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

INGEGNERIA SANITARIA (Sez. B) AW0007

(Per allievi civili, sezione idraulica, civili per la difesa del suolo, indirizzo ambientale.)

Prof. Alberto ROZZI

Programma di esame

1. **Generalità.** Fenomeni di inquinamento in acqua, aria suolo.
2. **Caratterizzazione** dell'ambiente e dell'inquinamento. Richiami di chimica inorganica e organica applicata all'ingegneria sanitaria. Richiami di chimica-fisica. **IL** ciclo dell'acqua. Equilibri dei sistemi liquido/gas/solidi. Caratterizzazione delle acque naturali ed inquinate, dei gas (arie e scarichi), del suolo e dei rifiuti solidi.
3. **Fenomeni di trasporto applicati alPingegneria sanitaria.** Richiami sul trasferimento di energia e di massa. Esempi di risoluzione di problemi di trasporto nell'ingegneria sanitaria.
4. **Reattori chimici e biologici.** Modelli cinetici per sistemi chimici e biologici. Sistemi ideali. Reattori omogenei ed eterogenei. Esempi di applicazione.
5. **Rilevazione e gestione dei dati ambientali.** Metodi analitici, manuali e strumentali. Criteri di valutazione delle misure e degli errori. Sistemi e metologie di acquisizione ed elaborazione dei dati ambientali.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni saranno sviluppati complementi alle lezioni ed esercizi. Sono previste visite tecniche presso impianti e centri di ricerca del settore.

Libri consigliati

Dispense e materiale bibliografico distribuito durante il corso.

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.

Programma dell'insegnamento di

INGEGNERIA SANITARIA-AMBIENTALE AW0002

Prof. Eugenio DE FRAJA FRANGIPANE

Programma di esame

1. **GENERALITÀ.** L'igiene e la tecnica - L'ingegneria ambientale: l'aria, l'acqua, il suolo.

2. **LE ACQUE DI APPROVVIGIONAMENTO II**. ciclo dell'acqua. Acque meteoriche. Acque superficiali dolci e saline. Acque di falda e profonde - Caratteristiche delle acque naturali. Acque aggressive. Acque incrostanti. Acque torbide. Acque con composizione chimica particolare - 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.

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** - Legge 13 luglio 1966, n. 615 - Regolamenti di applicazione.

5. **TRATTAMENTI E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI. Impostazione del problema - Conferimento - Raccolta - Allontanamento** - Sistemi di conferimento; raffronto comparativo - Raccolta con sacchi a perdere - Automezzi di raccolta - Automezzi per l'allontamento a breve ed a lunga distanza - Spazzamento stradale - Costi dei servizi di nettezza urbana - **Caratteristiche** - Evoluzione delle quantità - Evoluzione delle caratteristiche qualitative - **Smaltimento** - Lo scarico controllato. 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 - Possibilità e limiti della applicazione dei tritarifiuti da cucina

- **Centralizzazione** - Organizzazione comprensoriale dei servizi di nettezza urbana - Normativa - Legislazione attuale.

Le precederne 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.

Esercitazioni

Il Corso prevede una serie di esercitazioni, visite tecniche, conferenze, seminari, sugli argomenti del programma di insegnamento. Sono previste esercitazioni specifiche per gli allievi dell'indirizzo "sanitario" del corso di laurea in Ingegneria Civile sez. Idraulica e del corso di laurea in Ingegneria Civile per la Difesa del Suolo e la Pianificazione Territoriale (indirizzo Difesa del suolo).

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.

Programma dell'insegnamento di

INGEGNERIA SISMICA APPLICATA AL TERRITORIO AN0049

Prof. Ezio FACCIOLI

Programma di esame

1. **Concetti Fondamentali:** Origine dei terremoti. Zone sismogenetiche e caratterizzazione della sorgente sismica. Grandezze tipiche di un evento sismico: Magnitudo, intensità Mercalli ed altre. Registrazione dei moti sismici del terreno, accelerometria. Cenno al problema dei fenomeni precursori.
2. **Zonazione sismica, pericolosità e rischio.** Azioni sismiche di progetto. Macrozonazione, analisi della sismicità storica e metodologie probabilistiche. Cataloghi di terremoti, studio di grandi terremoti del passato. Definizione probabilistica degli eventi attesi in una zona sismogenetica, relazioni di attenuazione, moti del terreno attesi in un sito. Zonazione sismica del territorio italiano. Microzonazione: scala del problema, analisi dei fattori che influenzano la risposta sismica locale, dinamica dei terreni.
Tecniche di calcolo della risposta sismica locale, parametri di microzonazione. Studio di casi, con particolare riferimento al territorio italiano.
3. **Problemi relativi all'analisi costi-benefici in ingegneria sismica.** Extra-costo di costruzione; costo monetario dei danni attesi; sicurezza delle persone; distribuzione territoriale ottimale delle risorse dedicate alla prevenzione del rischio sismico; scelta del rischio residuo accettabile. Studio di casi.

Esercitazioni

Le esercitazioni fanno parte integrante del corso, ed il loro contenuto non viene rigidamente separato da quello delle lezioni. Verranno proposti e discussi problemi concreti della disciplina, assegnando agli studenti sia lo svolgimento di progetti specifici che l'esecuzione di prove pratiche.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale, e nella valutazione sarà tenuto conto dell'esito delle prove pratiche sostenute durante l'anno e dello svolgimento di eventuali progetti.

Libri consigliati

Per alcune delle tematiche svolte nella prima parte del programma (Concetti fondamentali), possono essere utilizzati:
B.A. Bolt: / *terremoti*, Zanichelli, Bologna.
R. Solbiati e A. Marcellini: *Terremoto e società*, Garzanti, Milano.
Per la rimanente parte del programma, verrà distribuito direttamente dal docente il materiale necessario.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

INGEGNERIA SISMICA E PROBLEMI DINAMICI SPECIALI AN0017

Prof. Alberto CASTELLANI

Programma di esame

Il corso si articola in due parti: 1) l'analisi degli edifici multipiano, per i quali sono determinati in sede di progetto le forze orizzontali dovute al vento od ai sismi o le forze che vengono di norma messe in conto per salvaguardare la struttura dei fenomeni di instabilità; 2) l'analisi delle fondazioni di impianti industriali, in particolare per gli effetti delle vibrazioni sugli impianti stessi e sulle strutture limitrofe.

Argomenti della prima parte sono: tipologie dei sistemi di controvento, calcolo delle rigidezze per azioni laterali di un telaio con pareti di taglio^istruzipni per l'applicazione del programma di calcolo di Clough, Wilson e King (ASCE) depositato presso il Centro di Calcolo; ciminiere, strutture prefabbricate.

Analisi delle sollecitazioni sismiche: definizione del "terremoto di progetto" come intensità e spettro di frequenza dell'accelerazione del terreno; interazione struttura-fondazione-terreno; applicazione dell'analisi modale al comportamento degli edifici sotto azioni sismiche; 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, norme.

Analisi degli effetti del vento: 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 Karmah.

Fondazioni di macchine: proprietà elastiche del suolo, effetto delle vibrazioni dell'assestamento del suolo; limiti di ampiezza delle vibrazioni tollerabili da strutture o dall'uomo. Calcolo ad elementi finiti del cavalletto di un alternatore; calcolo della fondazione di un maglio. Si accennerà inoltre ai criteri per lo studio sperimentale della distribuzione di sforzi e deformazioni in una struttura; condizioni di similitudine per lo studio mediante modelli; esempi per strutture sollecitate dal vento ed altre cause.

Si effettuerà una visita ai laboratori dell'ISMES, alla Galleria del Vento del Politecnico ed al Laboratorio Prove Materiali.

Modalità di esame

L'esame consiste nell'impostare correttamente lo schema di calcolo di un edificio multipiano o di una fondazione di macchine, generalmente nell'ipotesi di poter ricorrere ai programmi di calcolo (tipo ASCE 2) 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.

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.

Programma dell'insegnamento di

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E DEPURAZIONE AW0005

Prof. Michele GIUGLIANO

Programma di esame

1. Problemi d'inquinamento atmosferico.

Scala spaziale e temporale delle alterazioni della qualità dell'aria. Meccanismi generali di produzione, trasformazione e rimozione di sostanze nell'atmosfera.

2. Valutazioni delle grandi fonti di inquinamento.

Le emissioni da processi di combustione stazionaria: utenze civili e industriali, centrali termoelettriche, inceneritori di rifiuti e combustibili derivati. Le emissioni da combustioni mobili: motori a benzina e diesel, turbojet e turbine a gas. Le emissioni da processi industriali: chimica e petrolchimica, ^iderurgiaT-materiali da costruzione, altri processi industriali.

3. Il trasporto e la diffusione degli inquinanti.

Elementi di meteorologia e climatologia. Il modello gaussiano del trasporto e della diffusione da sorgenti puntiformi, lineari ed aerali. Versione climatologica e per atmosfere non omogenee. Cenni ad altri tipi di modelli.

4. Tecniche di controllo delle emissioni inquinanti.

Generalità dei sistemi di depurazione. Granulometria del particolato ed efficienza dei polveratori. Modelli elementari di captazione del particolato. Camere di sedimentazione. Cicloni. Filtri elettrostatici. Filtri a manica. Depolveratori ad umido. Confronto fra depoiveratori.

Sistemi di assorbimento ad umido, semisecco e secco delle emissioni gassose. Sistemi di adsorbimento. La combustione diretta, termica e catalitica delle emissioni organiche. Sistemi combinati. Confronto fra tecniche di depurazione e cenni ai costi d'impianto e di esercizio.

5. Le filosofie del controllo.

Criteri e standards di qualità dell'aria. Cenni alla legislazione nazionale e internazionale.

Esercitazioni

Le esercitazioni si svolgono presso l'aula personal del Centro di calcolo ed utilizzano software appositamente messo a punto per il Corso o acquisito dalla " Environmental Protection Agency" degli USA. Si svolgono temi di impatto sulla qualità dell'aria di grandi fonti di emissioni ed esercizi di dimensionamento dei sistemi di controllo.

Libri consigliati

- Dispense e materiale bibliografico distribuito durante il corso.
- A.C. Stern Ed. *Air Pollution* Academic Press (III Edition), 1977

J. H. Seinfeld: *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution* John Wiley and Sons, 1986

K. Wark, C. F. Warner: *Air Pollution* Harper and Row Publishers, 1981

S. Calvert, H. M. Englund (Ed.): *Handhook of Air Pollution Tecnology* 1984

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.

Programma dell'insegnamento di

INSTABILITÀ DELLE STRUTTURE AN0039

Prof. Leone CORRADI DELL'ACQUA

Programma di 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 biforcativo. 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 flesso-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 di 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

Gli argomenti del programma sono coperti dalle dispense del corso, edite dalla CLUP. Si possono inoltre consultare i seguenti testi:

- V. Franciosi: *Scienza delle Costruzioni*, voi. V, Liguori.
- H.L. Langhaar: *Energy methods in applies mechanics*, John Wiley and sons.
- H. Ziegler: *Principles of structural stability*, Blaisdell Publishing Company.
- A. Chajes: *Principles of structural stability theory*, Prentice-Hall.
- F. Bleich: *Buckling strength of metal structures*, McGraw-Hill.

Le precederne 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ISTITUZIONI DI AERONAUTICA ~~ AL0007

ProfF. Cesare CARDANI, Teodoro MERLINI

Programma di esame

1 - Le macchine volanti -
Classificazione in base ai principi di sostentazione e di propulsione. Descrizione e funzionamento delle diverse parti delle più comuni macchine volanti: il velivolo e l'elicottero. Cenni alle macchine a sostentazione aerostatica. Elementi fondamentali della ruttura del velivolo.

2 - Elementi di fluidodinamica applicata -
Le caratteristiche essenziali dell'atmosfera. Flusso"subsonico attorno ai corpi. La forza aerodinamica e le sue componenti. I profili alari: caratteristiche e classificazione. Cenni al flusso transonico e supersonico.

3 - Elementi di propulsione -
Descrizione dei vari tipi di propulsori impiegati. Caratteristiche specifiche. Funzionamento dell'elica.

4 - Elementi di meccanica di volo -
Descrizione delle varie fasi di volo. Il volo orizzontale rettilineo uniforme. Prestazioni essenziali di un velivolo. Cenni alla navigazione e alle infrastrutture.

5 - Elementi di tecnologia meccanica -
Caratteristiche meccaniche e prove tecnologiche. Classificazione, caratteristiche meccaniche, trattamenti termici e principali lavorazioni dei più importanti materiali impiegati nelle costruzioni aeronautiche. Scelta del materiale in funzione dell' impiego. Le giunzioni: incollaggio, saldatura, chiodatura. Cenni alle attrezzature di montaggio e ai metodi di controllo.

Esercitazioni

Le esercitazioni comprendono esercizi di aerodinamica applicata, partecipazione a prove tecnologiche, visite a stabilimenti ed impianti aeronautici.

Libri consigliati

Fay: *The Elicopter: History piloting and how it files*
G. Gabrielli: *Lezioni sulla scienza del progetto degli aeromobili Voi. I*
Kermode: *Mechanics of flight*
Kermode: *The aeroplane structure*
Lausetti: *Aeroplani*
Lausetti, Filippi: *Meccanica del volo*
Rosolino: *Macchine utensili per la lavorazione dei metalli*
Thomson: *Thrust for flight*
Veschi: *L 'alluminio e le sue leghe*
Veschi: *Materie plastiche*
T. Von Karman: *Aerodinamica*
K. Wood: *Tecnica! Aerodynamics*

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.

Programma dell'insegnamento di
ISTITUZIONI DI ECONOMIA AQ0010
(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica)
Prof. Giangiacomo NARDOZZI TONIELLI

Programma di 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 II monopolio.
3.5 L'oligopolio e la teoria della grande impresa.
3.6 II 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 II 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 La politica economica in un'economia aperta
4.9 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, II*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.

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.

Programma dell'insegnamento di

ISTITUZIONI DI ECONOMIA **AQ0010**

ProfF. Salvatore BALDONE, Giorgio FODOR, Michele SALVATI

Programma di esame

1. La stilizzazione del sistema economico e la contabilità nazionale.
2. **Aspetti microeconomici dell'attività di produzione e scambio.**
2.1 La teoria della domanda.
2.2 La teoria della produzione.
2.3 I costi di produzione.
3. **Forme di mercato e teoria dell'impresa.**
3.1 L'equilibrio dell'impresa in concorrenza perfetta.
3.2 II monopolio.
3.3 La discriminazione del prezzo.
3.4 L'equilibrio dell'impresa in concorrenza monopolistica.
3.5 L'oligopolio non collusivo.
3.6 La teoria del mark-up.
3.7 Prezzo ed impiego dei fattori in concorrenza perfetta.
3.8 II mutamento tecnico.
4. Aspetti macroeconomici dell'attività economica.
4.1 Lo schema aggregato keynesiano e la teoria della domanda effettiva.
4.2 II consumo, l'investimento ed il mercato della moneta.
4.3 La determinazione del livello di equilibrio del reddito nazionale ed il controllo dell'attività economica nel breve periodo.
4.4 Problemi macroeconomici in un'economia aperta.

Libri consigliati

Per i punti 1 e 4 si veda:
R. Dornbusch e S. Fisher, *Macroeconomia*, Il Mulino, Bologna, edizione 1985.
capp. I, II, III, IV, V;
cap. VII parr. 1, 2, 4, 8;
capp. Vili, IX;
capp. XI, XII, XIII;
capp. XV, XVI;
cap. XVIII;
cap. XIX par. 1, 2.
Per i punti 2 e 3 si veda (sezioni dei Proff. Antonelli e Baldone):
A. Koutsoyiannis, *Microeconomia*, ETAS Libri, Milano, 1981;
capp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9;
capp. 11, 12, 14, 21 ad esclusione dei seguenti paragrafi:
cap. 14 parr. 14.2, 14.3, 14.4;
cap. 21 sezione 21.1.2 del par. 21.1 e par. 21.3;
Per la sezione del Prof.Sai vati:
A. Koutsoyiannis, *Microeconomia*, ETAS Libri, Milano, 1981;
5. Zamagni, *Economia Politica* NIS, Roma, Ultima Ed. capp. II, XV;
A. Asimakopoulos, *Mlcroeconomia*, Il Mulino, Bologna, Ultima Ed., capp.II, III, e dal V, al XVII; A. Asimakopoulos, *Microeconononomia*, Il Mulino, Bologna, Ultimo Ed., capp. II, III, e dal V, al XVII;

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ISTITUZIONI DI SCIENZE ECONOMICHE E SOCIALI I

(Macroeconomia) AJ0018

Prof. Angelo CALOIA

Programma di esame

Parte I: Alcune nozioni di economia generale. La natura dei problemi economici - Teoria della domanda e dell'offerta - Produttività e costi - Determinazione del prezzo - Produzione ottima dell'impresa nelle principali forme di mercato - Il prodotto nazionale e la sua misurazione - Domanda globale ed offerta globale - Teoria elementare della determinazione del reddito - Cenni alla teoria del ciclo economico e della crescita economica - Inflazione e politiche antinflazionistiche -

Parte II: Introduzione all'economia del territorio:

- Elementi propedeutici di economia spaziale.
- Teoria della localizzazione delle attività economiche e delle residenze.
- Alcuni semplici strumenti di analisi regionale.
- Modelli di previsione a livello regionale.
- Commento ai più recenti studi territoriali.

Esercitazioni

Eventuali argomenti:

- Il dualismo economico-territoriale in Italia (problematica Nord-Sud alla luce di indagini storiche e teorico-economiche).
- Ambiti e modalità della programmazione regionale.
- Il mercato dei suoli e dell'abitazione nel quadro dello sviluppo economico italiano.
- L'esperienza delle città nuove.
- Il settore edilizio ed i problemi della congiuntura e dello sviluppo del nostro sistema.
- Discussione di alcuni problemi direttamente legati alla più recente politica economica italiana.

Libri consigliati

R. Schultze: *Il reddito nazionale.* Il Mulino, Bologna, 1970.
A. Caves: *Economia industriale.* Il Mulino, Bologna, 1970 (prime 100 pp.)
P. Derycke: *Economia urbana.* Il Mulino, Bologna, 1972 (parti da concordare a lezione).
I primi due testi sono validi per tutti. L'ultimo vale soprattutto per quanti, frequentando, potranno sviluppare la parte seminariale ed economica del territorio.

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.

Programma dell'insegnamento di

ISTITUZIONI DI SCIENZE ECONOMICHE E SOCIALI II (Economia Aziendale) AJ0019

Prof. Adriano PROPERSI

Programma di 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: 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 di "engineering: aspetti giuridici e amministrativi - Gli aspetti fiscali nelle imprese edili (cenni).

Libri consigliati

Propersi A.: *Il controllo di gestione delle imprese edilizie*, Ed. Giuffrè 1983
Sciarelli S.: *Il sistema d'impresa*, Ed. CEDAM, 1987.

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.

Programma dell'insegnamento di

LINGUAGGI E TRADUTTORI AG0039

Prof. Stefano CRESPI REGHIZZI

Programma di 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;
- Semantica denotazionale.

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;
- Strumenti di progetto: metacompilatori.
- Studio di casi: Pascal, Prolog,...

Esercitazioni

Esercizi sulla sintassi e sulla semantica.

È prevista la presentazione del progetto di un linguaggio e del suo compilatore, in modo da fornire una visione complessiva e pratica delle diverse tecniche esposte.

Modalità di esame

L'esame è scritto (parti **I** e **II)** e orale (parte **III)** e verte sul programma sopra descritto. Nel corso dell'anno sarà organizzata una prova scritta sulle parti **I** e **II.**

Libri consigliati

S. Crespi-Reghizzi: *Sintassi, semantica e tecniche di compilazione,* voi. 1, 2 CLUP, Milano 1990.

S. Crespi-Reghizzi: *Compilatori, interpreti e tecniche di traduzione,* Masson, Milano 1990.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

LOGISTICA INDUSTRIALE AR0064

Prof. Remigio RUGGERI

Programma di esame

1. Il sistema logistico

La logistica come visione integrata del processo: approvvigionamento, produzione, distribuzione. Ruolo delle logistica nelle diverse-fasi del ciclo di vita del prodotto. La logistica dei sistemi riparabili (RAM LOGISTICS) (cenni).

2. Il servizio al cliente

Evoluzione del concetto di "servizio al cliente". I tre livelli del servizio: operativo; sopporto vendite; supporto marketing. Indicatori quantitativi. La matrice: costi-livello di servizio.

3. Le strutture gestionali

a) **Approvvigionamenti.** Tecniche di previsione dei fabbisogni (richiami). Ottimizzazione delle scorte globali. Strategia degli acquisti. La matrice rischio cliente. Evoluzione dei rapporti con i fornitori. Criteri quantitativi di valutazione/selezione dei fornitori, (vendor's rating).

b) **Produzione.** Interfaccia: produzione-sistema logistico. Sistemi integrati di produzione (richiami) .

c) **Distribuzione.** Canali commerciali e canali distributivi. Le scorte nel sistema distributivo. Politiche di allocazione e gestione delle scorte. 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 e metodi euristici. La terziarizzazione dei servizi logisitici. La gestione dei punti di vendita. La tecnica DPP.

4. Le strutture fisiche

a) **Confezionamento e imballaggio.** - Esigenze, requisiti, normative delle confezioni e degli imballi. Unitizzazione dei carichi. Criteri di dimensionamento e ottimizzazione delle U.C.

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 alle decisioni. Protezione delle merci.

d) **Trasporti esterni.** Modalità di resa delle merci. Tipologie, costi, criteri di scelta dei mezzi e dei sistemi di trasporto.

5. Il sistema informativo

I flussi informativi nel sistema logistico. L'identificazione automatica dei prodotti. Electronic Data Interchange (EDI). Sistema informativo e struttura logistica.

6. Organizzazione della struttura logistica

Aspetti strategici ed operativi. La collocazione della " Logistica" nella organizzazione aziendale. L'intervento logistico per il miglioramento dell'efficienza aziendale. La logistica in ambiente JIT e TQC.

7. 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.

Esercitazioni

Oltre allo sviluppo dei casi applicativi, verranno organizzate conferenze di approfondimento dei temi trattati a lezione e visite presso realizzazioni particolarmente significative.

Le precederne 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 di esame

L'esame consiste in una prova orale, eventualmente preceduta da una prova scritta di carattere applicativo.

Libri consigliati

R. Ruggeri, F. Caron, O. Rumi: *Elementi di logistica industriale*, (Parte I e Parte II), CLUP.
Bibliografia citata nelle dispense e durante il corso.

Programma dell'insegnamento di

MACCHINARI PER L'EDILIZIA AR0035

Prof. Silvio MATTEAZZI

Programma di esame

Argomenti a carattere generale

Materiali, loro trattamenti, resistenza statica, a fatica, a urto, usura. Motore diesel, impiego del cambio meccanico. Motori elettrici in generale, motori asincroni, a corrente continua. Discussione delle curve *M*|n, *71* per i diversi tipi di motori. Trasmissioni meccaniche in generale. Alberi, perni, cuscinetti a strisciamento ed a rotolamento, loro verifiche. Innesti meccanici, vari tipi e verifiche. Cenno sugli innesti elettrici. Giunto idraulico, sua modalità di funzionamento. Vari tipi di giunti per alberi. Ingranaggi, catene, trasmissioni a cinghie. Funi metalliche, tipologia, resistenza, scelta; tamburi e taglie. Convertitore di coppia, sua descrizione e modalità di funzionamento, vari tipi. Impiego con frizione modulatrice. Rotismi epicicloidali, differenziale di autoveicolo. Trasmissioni oleodinamiche, proprietà, vari componenti, relazioni fra le grandezze caratteristiche, schemi di funzionamento. Pneumatici, ruote, cingoli, vari dispositivi di sterzatura. Impianti per l'aria compressa e compressori; perforatori. Vibrazioni meccaniche libere, smorzate, forzate; vibrodine, fondazioni, vibrazioni libere a due gradi. Considerazioni generali sulla scelta, impiego e manutenzione delle macchine.

Macchine per il movimento terre

Escavatori in generale. Escavatore universale, macchine ed utensili di vari tipi, vari tipi di comando e di traslazione; prestazioni e caratteristiche. Altri escavatori mobili e fissi, draghe. Trattore, descrizione, componenti, trasmissioni. Impieghi con utensili portati, bulldozer, angledozer, ripper, ecc., e con utensili spinti o trainati, ruspe, motoruspe. Pala caricatrice. Livellatore. Prestazioni. Macchine per il costipamento delle terre.

Macchine per la preparazione del calcestruzzo e dei suoi componenti

Generalità. Macchine ed impianto per il mescolamento del calcestruzzo, vari tipi di betoniere fisse e mobili, vari tipi di impianti, dispositivi di misure nel dosaggio: silos, alimentatori, dosatori. Calcestruzzo preconfezionato e suoi mezzi di trasporto. Macchine per la preparazione e classificazione degli inerti: frantoi e mulini, vari tipi, confronti; classificatori, vari tipi; vagli, applicazione delle vibrazioni meccaniche nei vagli; separatori, ciclone. Lavatrici e sfangatrici. Vibratori e finitori per calcestruzzo.

Mezzi di sollevamento e trasporto

Gru nelle diverse forme: a ponte, a portale, a torre, derrick, blondins, ecc.; gru mobili ed autogru; mezzi per la presa del carico. Trasportatori continui; trasportatori a nastro. Pompe ed iniettori per il calcestruzzo. Trasporti su rotaie. Autotrasporti, norme, descrizione, impieghi, prestazioni.

Macchinari per la prefabbricazione

Generalità sulla prefabbricazione industrializzata, elementi prefabbricati, metodi e officine di prefabbricazione, fabbricazione, trasporto, immagazzinamento. Macchine per la prefabbricazione, vari tipi. Impianti per la prefabbricazione. Prefabbricazione a piè d'opera. Trattamenti superficiali. Scostamenti e tolleranze. Macchine per la fabbricazione di manufatti particolari.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni per esemplificare ed illustrare maggiormente gli argomenti svolti a lezione su: Materiali e verifiche a resistenza. Scelta di elementi delle macchine. Scelta e prestazioni dei motori. Prestazioni delle macchine per le diverse lavorazioni. Prestazioni dei mezzi per il sollevamento e trasporto di materiale. Trasmissioni meccaniche, oleodinamiche, pneumatiche. Impianti di betonaggio, frantumazione, vagliatura. Vibratori. Prestazione di veicoli.

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 di esame

L'esame, solo orale, consisterà nella esposizione e discussione degli argomenti svolti durante le lezioni ed esercitazioni e nello svolgimento di esercizi relativi agli argomenti stessi.

Libri consigliati

Dispense disponibili presso il Dipartimento di Meccanica.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

MACCHINE AK0030

(per allievi aeronautici e meccanici ind. costr./energ.)

Prof. Gianfranco ANGELINO

Programma di 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 irriversibilità 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 Lavai. 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 frigorigene.** Termodinamica del ciclo di Rankine inverso (frigorigeno). 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: ottimimazione 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

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

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 di 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

Termodinamica applicata - Ed. CLUP (a cura dell'Istituto di Macchine)
C. Casci: *Appunti delle lezioni sulla teoria delle macchine idrauliche* Ed. Tamburini
C. Casci: *Macchine a fluido bifase* Ed. Tamburini
Appunti delle lezioni sui compressori di gas Ed. Tamburini (a cura dell'Istituto di Macchine - FR.
Monte vecchi: *Turbine a gas.* Ed. CLUP
C. Casci: *Macchine a fluido monofase* Ed. Tamburini.

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE AK0029/AK0011

(per allievi chimici, elettrotecnici)

Prof. Gustavo GIGLIOLI

Programma di 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 incomprimibili; esplicitazioni degli effetti delle irreversibilità nella equazione di conservazione dell'energia.

2. **Macchine operatrici a fluido incomprimibile.** 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.

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 risurriscaldamento; 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 Lavai. 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 frigorigeni:** 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.

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.

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 di 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* Tamburini Ed.
- *Compressori di gas. Appunti alle lezioni* Tamburini Ed.
- C. Casci *Macchine a fluido bifase* Tamburini Ed.
- E. Macchi *Termodinamica applicata* Ed. CLUP.

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE AK0031

Prof. Pietro FERRARI

Programma di 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 irriversibilità 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. Cicli binari e ternari. Turbine a vapore a recupero parziale. Accumulatore di vapore. Teoria dell'ugello di De Lavai. 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 frigorigene.** Termodinamica del ciclo di Rankine inverso. Fluidi di lavoro organici. Il ciclo frigorigeno. 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 ottimazione, problemi meccanici e problemi di materiali. La refrigerazione delle palette. Generalità sui cicli chiusi. Cicli combinati turbina a gas - turbina a vapore. Ottimazione 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

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.

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 di 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: *Termofluidodinamica 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. Montevecchi: *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

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE DI SOLLEVAMENTO E TRASPORTO AR0012

Prof. Silvio MATTEAZZI

Programma di 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 speciali. 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'assieme 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.

Le precederne 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 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.

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE ELETTRICHE AH0006

(per allievi elettrotecnici)

Prof. Sergio CREPAZ

Programma di 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.

- H 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 sincrono.

- 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

---

Le precederne 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.

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 sincrona; operazione di parallelo;
d) collaudo della macchina asincrona;
e) collaudo della macchina a corrente continua e caratteristiche di velocità.

Modalità di 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. Crepaz: *Macchine elettriche* ed. CLUP 1976.

Programma dell'insegnamento di
MACCHINE ELETTRICHE AH0013
(per allievi non elettrotecnici)
Prof. Mario UBALDINI

Programma di esame

1. NOZIONI INTRODUTTIVE:
- richiami sui sistemi monofasi e trifasi;
- leggi fondamentali dei circuiti magneticamente accoppiati;
- principali nozioni sui materiali: conduttori, magnetici, dielettrici.

2. TRASFORMATORI:
- usi e cenni costruttivi;
- trasformatore ideale;
- trasformatore reale e circuiti equivalenti;
- funzionamento a vuoto; in corto circuito; a carico;
- trasformatori trifasi;
- funzionamento in parallelo;
- trasformatore adattatore di impedenza;
- risposta in frequenza di due avvolgimenti mutuamente accoppiati.

3. CONVERSIONE ELETTROMAGNETICA DI ENERGIA:

3.1. Generalità
- trasduttore elementare: leggi generali di conversione elettromeccanica;
- coppia di riluttanza;
- il campo ruotante.

3.2. Macchine a induzione:
- funzionamento con indotto; aperto; chiuso in corto circuito;
- diagramma circolare; caratteristica meccanica, regolazione della velocità;
- motori monofase; macchine a induzione come componenti di sistemi di regolazione;
- equazioni della macchina asincrona trifase in regime dinamico;
- equazioni della macchina a collettore equivalente; la trasformazione del collettore.

3.3. Macchina sincrona:
- funzionamento a vuoto; con solo indotto percorso da corrente;
- reazione di indotto: diagrammi vettoriali;
- funzionamento in parallelo: caratteristiche principali; autoeccitazione;
- caratteristiche meccanichwe, stabilità;
- motori passo-passo;
- equazioni delle macchine sincrone in regime dinamico.

3.4. Macchine a corrente continua:
- funzionamento a vuoto; coppia elettromagnetica; reazione di indotto;
- equazioni fondamentali delle macchine a collettore;
- caratteristiche in regime permanente; schemi a blocchi e funzioni di trasferimento;
- costante di tempo;
- amplificatori rotanti.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nelle applicazioni sotto forma numerica o pratica della teoria svolta.

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 di esame

L'esame consiste in una prova orale. Durante l'anno potranno essere tenute prove scritte facoltative che, se svolte con esito favorevole, costituiranno elemento di giudizio per l'assegnazione del voto. Il calendario e le informazioni relative saranno tempestivamente esposte all'albo nell'atrio del Dipartimento di Elettrotecnica.

Libri consigliati

M. Ubaldini: *Macchine Elettriche*, parte I, II Ed. CUSL.
I. Vistoli: *Macchine Elettriche*, Ed. CLUP.
Fitzgerald, Kingsley: *Electric Maghinery*, Ed. McGraw-Hill, 1971.
C. V. Jones: *The Unified Theory Of Alternating Electrical Machines*, Ed. Butterworths, 1967.
B. Adkins, R. Harley: *The generai Theory of Alternating Electrical Machines*, Ed. Chapman of Hall, 1975.
M. G. Say: *Introduction to thè Unified Theory of Electromagnetic Machines*, Ed. Pitman, 1971.
Richard H. Engelmann: *Static and Rotating Electromagnetic Devices*, Ed. Marcel Dekker ine, New York, 1982.

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE ELETTRICHE SPECIALI AH0007

Prof. Alfredo CAZZANI

Programma di esame

1) Trasformatori.

Trasformatori e autotrasformatori a rapporto variabile: disposizioni e particolarità costruttive degli avvolgimenti; disposizioni delle prese; cenni sui commutatori.

Trasformatori e autotrasformatori a tre avvolgimenti: circuito equivalente; caratteristiche di funzionamento. Cenni ai trasformatori a quattro e più avvolgimenti.

Trasformatori di fase: per l'alimentazione di forni elettrici; per l'alimentazione di raddrizzatori statici, schema dei collegamenti; disposizione degli avvolgimenti; particolari costruttivi. Reattori: caratteristiche costruttive; campo di impiego.

2) Macchine sincrone.

Alternatori con eccitazione a magneti permanenti: generalità; caratteristiche costruttive; campo di impiego. Magneti permanenti: materiali e forme costruttive; caratteristiche funzionali; criteri di utilizzazione. Calcolo di verifica del circuito magnetico. Stabilizzazione dei magneti.

Alternatori omopolari: generalità; campo di impiego. Caratteristiche costruttive dei tipi a struttura magnetica statorica e rotorica: semplice; doppia. Funzionamento a vuoto; funzionamento a carico.

Tachimetri sincroni: generalità; caratteristiche costruttive; campo di impiego.

Motori passo-passo.

3) Macchine asincrone e macchine con collettore a lamelle a corrente alternata.

Regolatori di tensione a induzione: generalità. Regolatori trifasi: funzionamento a vuoto; funzionamento a carico. Regolatori monofasi: funzionamento a vuoto, funzionamento a carico; particolarità costruttive.

Motori a induzione lineari: caratteristiche costruttive; campo di impiego.

Motori monofasi a induzione: generalità; caratteristiche costruttive; campo di impiego. Teoria di funzionamento. Metodi di avviamento. Motori a polo schermato.

Motori monofasi a collettore: generalità; caratteristiche costruttive; campo di impiego. Caratteristiche di funzionamento. Avviamento; regolazione di velocità.

Tachimetri a induzione; modalità di funzionamento; tipi costruttivi; campo di impiego.

4) Macchine a corrente continua.

Metadinamo; generalità; caratteristiche costruttive. Metageneratrici: teoria di funzionamento; caratteristiche di funzionamento: teoriche e reali; macchine con avvolgimento stabilizzatore. Metadinamo amplificatrici e altri amplificatori rotanti: particolarità costruttive; caratteristiche di funzionamento. Amplificazione di potenza; amplificazione dinamica e sua dipendenza dai parametri costruttivi.

Motori per trazione: particolari costruttivi; regolazione di velocità; commutazione; comportamento termico.

Motori con eccitazione a magneti permanenti, con rotore cilindrico: campo di impiego; particolari costruttivi; regolazione di velocità. Stabilizzazione dei magneti; registrazione della velocità nominale.

Motori con eccitazione a magneti permanenti, con rotore privo di pacco lamiere e traferro piano: campo di impiego; particolari costruttivi; caratteristiche di funzionamento.

Tachimetri a corrente continua: tipi costruttivi; campo di impiego.

Motori senza spazzole.

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.

Esercitazioni

Le esercitazioni sono in parte numeriche ed in parte di laboratorio.
Gli allievi sono divisi in gruppi e le esercitazioni si svolgono secondo un programma che viene tempestivamente comunicato agli interessati.

Modalità di esame

Per essere ammessi all'esame gli allievi dovranno aver frequentato con profitto le esercitazioni presentando, entro i termini che verranno stabiliti, le relazioni redatte in modo corretto e regolarmente vistate. L'ammissione all'esame, per gli allievi che non siano in regola con le suddette disposizioni, è subordinata al superamento di una prova scritta.
L'esame consisterà in una prova orale sugli argomenti delle lezioni e delle esercitazioni.

Libri consigliati

Fitzgerald, Kingsley, Kusko *Macchine Elettriche* - Franco Angeli Editore, Milano
G. R. Slemon, A. Straughen *Electric Machines* - Addison- Wesley Publishing Company - London - Amsterdam
Blume, Boyajian, Camilli, Lennox, Minneci, Montsinger: *Trasformer Engineering* John Wiley e Sons, New York.
Pestarini: *Metadyne Static* John Wiley e Sons, New York.
Tustin: *Direct current machines for control System* Spon, London.
Dispense del corso in elaborazione.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE FLUIDODINAMICHE AK0018

Prof. Carlo OSNAGHI

Programma di 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 coordiate 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. Materiali e problemi meccanici relativi alle turbomacchine idrauliche - Fenomeni meccanici e chimici relativi ai materiali - Fénomeno della cavitazione.

7. Turbomacchine termiche. Compressori centrifughi - Fondamenti e studio monodimensionale - Influenza del numero delle pale - Perdite - Determinazione dei parametri di ottimo fuzionameto
- Disegno dei canali, del diffusore e della voluta - Compressori multistadi - Compressori avanzati.

8. 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.

9. Generalità sulla progettazione meccaica. Problemi relativi ai dischi e alle pale.

10. 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.

11. Complementi su problemi meccanici. Giochi - tenute - Equilibrature delle spinte - Perdite meccaniche..

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.

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.

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE PER L'ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI AG0035

Prof. Renato STEFANELLI

Programma di esame

1. **Memorie.** Memorie ad accesso spaziale e temporale: schema logico; principio di funzionamento dei principali tipi; varie strutture; caratteristiche. Metodi di indirizzamento diretto ed indiretto; registri indice; pagine; blocchi di memoria. Metodi di protezione. Memorie ROM. Memorie associative. Memorie di massa (descrizione, principio di funzionamento, accesso).
2. **Struttura elementare di un calcolatore.** Registri principali. Bus e porte per il trasferimento di informazioni tra registri e organi funzionali. Unità di controllo non microprogrammata.
3. Microprogrammazione. Richiamo ai principi di microprogrammazione. Diverse strutture di unità di controllo microprogrammate. Firmware.
4. **Sistemi di entrata e uscita.** A controllo da programma. A interruzione; controllo e gestione; priorità nella gestione della memoria. Accesso diretto alla memoria; priorità nella gestione della memoria. Canali, principio di funzionamento e loro gestione.
5. **Unità aritmetica.** Metodi per operazioni veloci. Sommatori, moltiplicatori, divisori. Accumulatore. Aritmetica in virgola mobile. Strutture ad elevato parallelismo.
6. **Linguaggi di descrizione e di simulazione di sistemi digitali**
7. **Architettura della macchine.** Analisi di alcuni sistemi esistenti, considerazioni generali di progetto, scelta dell'insieme delle istruzioni. Metodi per accelerare il funzionamento di un calcolatore: interallacciamento di più banchi di memorie, memorie Scratch-pad e Cache. Metodi per migliorare l'efficienza di un calcolatore: multiprogrammazione e relativa gestione della memoria; sistemi multiprocessore; sistemi pipeline.

Esercitazioni

Il corso sarà affiancato da alcune esercitazioni.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale. Durante lo svolgimento del corso verranno proposte prove scritte facoltative che, se svolte con esito favorevole, costituiranno elemento di giudizio per l'assegnazione del voto.

Libri consigliati

Bell and Newel, *Computer Structures: Readings and Examples.*
Husson, *Microprogramming: Principles and Practice.*
Watson, *Timesharing System Design Concept.*
Boulaye, *Microprogramming*, MacMillan Press.
Hill e Peterson, *Digital Systems: Hardware, Organization and Design*, J. Wiley.
Appunti delle lezioni.

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.

Programma dell'insegnamento di

MACCHINE II AK0021

Prof. Evandro SACCHI

Programma di 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. I 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 calore, calore 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).

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 frigorigeni (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. LE CELLE A COMBUSTIBILE

5. I SISTEMI DI RISCALDAMENTO URBANO

6. L'UTILIZZAZIONE DI ENERGIE RINNOVABILI

L'idro-elettricità minore, l'energia solare (usi termici, conversione termodinamica, conversione fotovoltaica), energetica geotermica ad alta ed a bassa entalpia, energia eolica, energia dei mari, incenerimento dei rifiuti solidi urbani.

7. Criteri di valutazione economico-finanziaria degli investimenti pluriennali in progetti energetici su mercati ad elevata dinamica.

Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale.

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.

Libri consigliati

E. Macchi, P. M. Pellò, E. Sacchi: *Cogenerazione e teleriscaldamento.* Edizione CLUP Milano.
C. Casci, C. Piemonte: *Energia solare* - 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

MAGNETOFLUIDODINAMICA AK0025

Prof. Carlo OSNAGHI

Programma di esame

1. Elettromagnetismo classico (richiami)

1.1. Il campo elettromagnetico; onde elettromagnetiche, leggi di trasformazione dei campi.

1.2. Applicazioni: condizioni al contorno; schermi elettrostatici; schermi magnetici; propagazione di un impulso in un mezzo dispersivo; guida d'onda rettangolare; radiazione da cariche in moto.

2. **Moto di particelle cariche**

Moto in campo magnetico uniforme/non uniforme; con o senza campo elettrico; equazioni del centro di guida; invarianti adiabatici; velocità di deriva.

3. **Descrizione statistica del fluido ionizzato**

3.1. Funzioni di distribuzione, teoremi di Liouville; quantità macroscopiche; equazioni di Boltzmann; equazione di Vlasov; equazioni di Fokker-Planck (cenni).

3.2. Applicazioni: proprietà della funzione di distribuzione ridotta ad una particella; flusso di Knudsen; funzione di distribuzione all'equilibrio in presenza di campo elettrico.

4. **Equazioni della magnetofluidodinamica (mfd)**

4.1. Equazioni di conservazione: varie forme; l'approssimazione magnetofluidodinamica; i parametri significativi.

4.2. Applicazioni: moto di Hartmann; moto di Couette.

5. Configurazioni magnetiche

5.1. Superfici magnetiche; superfici magnetiche "medie"; campi magnetici di correnti anulari e rettilinee; cuspidi; specchi magnetici.

5.2. Applicazioni: configurazioni "Tokamak", "Stellarator"; impianto lineare a confinamento magnetico ("magnetic mirror").

6. Il fluido ionizzato e le proprietà mfd

6.1. Generalità, la lunghezza di Debye, la frequenza di plasma; proprietà mfd: diffusione del campo magnetico, viscosità, pressione magnetica.

6.2. Applicazioni: effetto di magnetostrizione (pinch lineare) quasi-statico e dinamico.

7. **Trasporto nei gas ionizzati**

7.1. Teoria dell'urto coulombiano nei plasmi. Il modello di Lorentz: conducibilità elettrica, diffusione, conduzione termica.

Diffusione ambipolare; elettroni runaway.

7.2. Applicazioni: calcolo del calore in presenza di campo elettrico; calcolo della conducibilità elettrica (Fokker-Planck).

8. Onde nei gas ionizzati

8.1. Generalità, onde cinetiche e onde magnetofluidodinamiche. Oscillazioni forzate, risonanze e cut-off. Onde elettrostatiche ed elettromagnetiche.

8.2. Onde magnetofluidodinamiche: generalità, superfici d'onda; invarianti di Riemann. Le discontinuità magnetofluidodinamiche; le onde d'urto; le equazioni di Rankine-Hugoniot e di Friedrichs.

8.3. Applicazioni: onde di Alfven, onde magnetoacustiche; i diagrammi di Friedrichs.

9. Fusione termonucleare controllata

Il processo di fusione, processi competitivi; rete di produzione di energia. Il tempo di confinamento; il criterio di Lawson; confinamento magnetico e inerziale. Il reattore a confinamento magnetico.

10) Equilibrio e stabilità magnetofluidodinamica

10.1. Relazioni di equilibrio; teorema del viriate; equilibrio in geometria toroidale; sistemi assisimmetrici: il tokamak.

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.

10.2. Instabilità magnetofluidodinamiche; formulazione generale, linearizzazione delle equazioni, il principio dell'energia.
10.3. Applicazioni: equilibrio e stabilità della configurazione tokamak; discussione delle principali instabilità in un plasma cilindrico: i criteri di stabilità.

Modalità di esame

L'esame tiene conto dell'attività svolta durante le esercitazioni e sarà completato oralmente da una discussione su alcuni argomenti in programma.

Libri consigliati

- Cowling T. G. *Magnetohydrodynamics* Interscience Publisher Ine. New York (1967)
- Sutton G. W. Sherman A. *Engineering Magnetohydrodynamics* McGraw-Hill, New York (1965)
- Francis F. Chen, *Introduction to Plasma Physics* Plenum Press, New York and London (1977)
- Bateman Glenn, *MHD Instabilities* Murray Printing Company, Boston (1978)
- Hagler M.O., Kristiansen M., *An Introduction to Controlled Thermonuclear Fusion*, Lexington, Massachusett, Toronto (1977)
- K. Miyamoto, *Plasma Physics for Nuclear Fusion*, The M.I.T. Press (1976).
- E. Teller (ed.), *Fusion* 2 voi., Academic Press (1981) (per consultazione).

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

MARKETING INDUSTRIALE AQ0011

Prof. Franco GIACOMAZZI

Programma di esame

1. Impresa e Ambiente

Il modello di interazione impresa-ambiente.
Concetto di capacità di risposta.
Diversificazione tipologica dei sistemi di produzione.
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 (cenni).
Effetto esperienza.
Effetto scala.

6. Individuazione delle opportunità di mercato

Segmentazione.
Analisi del portafoglio prodotti.
Analisi della concorrenza.
Analisi rischi/opportunità.

7. Prodotto e ciclo di vita

Prodotto e servizio: definizione e componenti.
Sviluppo di nuovi prodotti.

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.

Ciclo di vita.

8. Il sistema informativo di Marketing
Struttura del S.I. di Marketing.
Ricerche di mercato.
Misura e previsione della domanda.

9. Strategie di mercato
Tipologie di strategie di sviluppo.
Strategie di posizionamento.
Strategie di congiuntura.
Strategie di prezzo.
Globalizzazione dei mercati.

10. Pianificazione e controllo di Marketing

Modalità di esame

Orale

Libri consigliati

Testo adottato: Kotler *Marketing Management*, V edizione - ISEDI
Testi di supporto, suggeriti:
Fiocca: *Il marketing dei beni industriali* - GiufFrè
Brondoni: *Politiche di mercato dei beni industriali* - GiufFrè
Pelliccelli: *Il Marketing* - UTET
Lagioni: *Marketing dei beni industriali* - Vita e Pensiero
Casi aziendali discussi in aula.

Programma dell'insegnamento di

MATERIALI METALLICI AE0008

Prof. Giuliana LECIS COCCIA

Programma di 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 di 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., Philiberd., Talbot J.: *Metallurgie gènèral* (Masson &; CIE 1969).
Nicodemi W., Zoja R.: *Metallurgia Applicata* (Tamburini, Milano 1975).
Rose M.R., Schepard L.A., Wulff J.: *The structure and properties of materials* (Wiley Ed.).
Oudar J.: *Physics and Chemistry of Surfaces* (Blakie & Son Ltd. 1975).

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.

Programma dell'insegnamento di

MATERIALI POLIMERICI **AF0040**

Prof. Marta RINK

Programma di esame

1. Caratterizzazione dei materiali polimerici.

- Tipologia delle proprietà nei materiali polimerici: proprietà fondamentali e propietà tecnologiche.
- Proprietà fondamentali di maggiore interesse applicativo: proprietà reologiche, proprietà meccaniche, proprietà termiche, proprietà elettriche, proprietà ottiche.

Proprietà tecnologiche: resistenza alle sollecitazioni meccaniche; caratteristiche d'attrito, durezza, resistenza alla scalfitura 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, 1982.
5. L. Rosen: *Fundamental Principles of Polymeric Materials*, Wiley Intersc. Pubi., N.Y., 1982.
U. Ulrich: *Introduction to Industriai Polymers*, Hanser Pubi., Munich, 1982.
R. P. Sheldon: *Composite Polimerie Materials*, Appi. Sci. Pubi., London, 1982.
M.Chanda, S.K.Roy: *Plastics Technology Handbook*, Marcel Dekker, Ine., 1987.

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.

Programma delPinsegnamento di

MATERIE GIURIDICHE AJ0007

Prof. Martino ALMINI

Programma di 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 di esame

Prova orale sul programma.

Libri consigliati

II testo della Costituzione italiana.
Galgano e Mendici Tabet: *Elementi di diritto.* Ed. Zanichelli Bologna.
Codice civile (Milano, Hoepli, edito minor).

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.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA AEROSPAZIALE **AL0008**

Prof. Amalia ERCOLI FINZI

Programma di esame

- Richiami di elementi di meccanica classica - cinematica del punto e del corpo rigido - dinamica del punto - meccanica relativa - dinamica del corpo rigidoO - 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 Jacopi-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 nei casi più semplici - considerazioni energetiche - ottimizzazione.
- 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 - Dispositivi per il controllo dell'assetto - controllo automatico.
- Effetti secondari - schiacciamento, rotazione e rivoluzione terrestre - influenza della luna.
- Parametri di influenza.
- Cenno sui viaggi interplanetari.
- Cenno su recenti indirizzi - vele.
- Analisi termica e controllo termico dei veicoli spaziali - cenni.

Modalità di 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.
Bianco, Me Cuskey: *Basic physic of thè solar systems*- Addison Wesley
Finzi: *Meccanica razionale* - Zanichelli
Ball e Osborne: *Space Vehicle Dynamics* - Claredon Press
Kaplan: *Modem Spacecraft Dynamics & Control* - Wiley &: Sons
Sparrow, Cess: *Radiation Heat Transfer* - McGraw-Hill.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE AR0025

(per allievi aeronautici)

Prof. Giovanni BIANCHI

Programma di esame

Meccanismi articolati. Meccanismi con coppie prismatiche e rotoidali. Manovellismo ordinario e manovellismi derivati. Quadrilatero articolato. Applicazioni a costruzioni aeroautiche. Problemi di sintesi: il posizionamento di un corpo, il coordinamento di rotazioni, i moti alternativi con "ritorno rapido". Giunti.

Eccentrici. Descrizione dei vari tipi. Procedimenti di analisi e sintesi. Problemi dinamici.

Ruote. I moti relativi, le primitive. Ruote di frizione. Profili coniugati. Tracciamento simultaneo.

Ruote dentate ad assi paralleli e denti diritti. Tracciamento simultaneo di profili ad evolvente. Proporzionamento modulare. Continuità della trasmissione. Strisciamento. Interferenza. Ribassamento. Correzione. Procedimenti di taglio.

Altre ruote dentate. Ruote elicoidali ad assi paralleli. Ruote ad assi concorrenti. Ruote ad assi sghembi. Vite perpetua-ruota elicoidale.

Ruotismi. Ruotismi ordinari ed epicicloidali. Applicazioni di ruotismi epicicloidali.

Forze agenti negli accoppiamenti cinematici. Attrito radente. Logoramento nelle coppie elementari e superiori. Forze di contatto nel rotolamento. Equilibrio di ruote. Lubrificazione: principi della lubrificazione idrostatica ed idrodinamica. Il problema tecnico della lubrificazione: procedimenti e verifica.

Analisi dinamica di alcuni organi di macchine. Perno portante asciutto. Cuscinetti rotolamento. Coppie rotoidali spingenti asciutte. Innesti a frizione. Freni. Cinghie. Verifica degli accoppiamenti lubrificati.

Dinamica delle macchine. I bilanci energetici per lo studio della legge del moto. Soluzione dell'equazione del movimento; possibili semplificazioni. Definizione di rendimento. L'impiego del rendimento e delle curve caratteristiche per lo studio del regime assoluto e del regime vario. Macchina a regime periodico.

Equilibramento dei rotori. Azioni di inerzia nei moti rotatori. Procedimenti sperimentali per l'equilibramento dei rotori.

Vibrazioni meccaniche. Schemi ad 1 grado di libertà: scrittura delle equazioni con equilibri dinamici e metodi energetici. Moti liberi senza e con smorzamento. Moti forzati armonici, senza e con frenamento, dovuti a forze applicate, spostamenti del vincolo, azioni di inerzia. Isolamento delle vibrazioni. Sollecitazione a gradino. Schemi ad n gradi di libertà: scrittura delle equazioni. Moti liberi, senza smorzamento. Moti forzati armonici. Modi principali di vibrare. Coordinate principali per lo studio dei moti forzati. Metodi energetici e iterativi. Instabilità dinamiche. Velocità critiche torsionali. Velocità critiche flessionali. Instabilità dinamiche. Vibrazioni autoeccitate.

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

---

Le precederne 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE AR0027

(per allievi chimici)

Prof. Bruno PIZZIGONI

Programma di 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)

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.

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 presione. 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 di 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 Voi.).

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE AR0025

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica)

Prof. Francesco SCARAMELLI

Programma di 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 macchine; 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 LIBERTÀ

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; notazione vettoriale e complessa; analisi di velocità; analisi di accelerazione;
- rotismi.
- Equilibri dinamici, RL.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 fissionali e torsionali.
- Equilibramento.
- Interazione con la struttura di fondazione.

5) COMPORTAMENTO DINAMICO DI LINEE DI TRASMISSIONE DI ENERGIA ELETTRICA

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.

- 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 sulPequilibramento dei rotori.
Altra bibliografia reperibile in Biblioteca Centrale:
G. Scotto Lavina *Applicazione di Meccanica delle Macchine,* voi. 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,* voi. II, Tamburini, Milano

J

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE AR0025

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale/delle Tecnologie Industriali)

Proff. Nicolò BACHSCHIMD, Giovanni MIMMI

Programma di esame

Descrizione di una macchina. Struttura costitutiva, schema funzionale. Modello fisico e modello matematico.

Studio del movimento. Moto del punto e del corpo rigido. Teoremi di Coriolis e Rivals. Polari del moto rigido piano.

Elementi di cinematica e dinamica dei meccanismi. Coppie cinematiche. Equilibrio dinamico. Bilanci energetici. Determinazione di azioni attive e reazioni vincolari.

Sistemi articolati. Cinematica e dinamica del manovellismo ordinario, dei meccanismi a glifo mobile, della Croce di Malta e dei quadrilateri piani.

Metodi matriciali per lo studio dei meccanismi. Coppie cinematiche. Parametri geometrici e matrici di trasformazione. Catene cinematiche e meccanismi.

Meccanismi a catena aperta. Meccanismi spaziali. Manipolatori.

Dinamica delle macchine. Forze agenti nelle macchine. Attrito ed aderenza. Forze di contatto. Attrito volvente. Urto. Usura. Azione fra solidi e fluidi. Studio dell'equilibrio dinamico delle macchine. Definizioni. Vari tipi di regime. Rendimento del piano inclinato e di meccanismi. Motore, utilizzatore, trasmissione. Moto diretto e moto retrogrado. Studio del regime e del moto vario di macchine col bilancio energetico. Regime periodico; calcolo del volano.

Equilibramento. Rotori e macchine alternative.

Vibrazioni. Vibrazioni libere e forzate ad uno e due gradi di libertà. Vibrazioni e velocità critiche torsionali. Velocità critiche flessionali.

Stabilità del moto di sistemi ad uno e due gradi di libertà. Definizione di stabilità. Stabilità dell'equilibrio e del moto a regime. Metodo delle piccole perturbazioni. Vari tipi di instabilità. Casi particolari di interesse tecnico.

Lubrificazione. Generalità sul moto dei fluidi. Equazione di Reynolds. Vari tipi di lubrificazione ed attrito . Azione dei lubrificanti, untuosità e viscosità; additivi. Moto del lubrificante e forze agenti nel meato. Coefficiente di attrito. Effetti della fuoruscita laterale e del riscaldamento. Applicazioni e relative verifiche. Altri tipi di lubrificazione.

Eccentrici. Vari tipi. Profilo dell'eccentrico con e senza rullo. Legge del moto. Scelta della molla.

Ingranaggi. Ruote piane in generale. Ruote di frizione. Evolvente di cerchio. Generazione e taglio dei profili. Ruote dentate cilindriche con profili ad evolvente. Interferenza, minimo numero di denti, ribassamento, correzione. Rendimento. Ingranaggi a denti elicoidali, conici, vite perpetua-ruota elicoidale. Rotismi ordinari e epicicloidali.

Cuscinetti. Perno-cuscinetto a strisciamento asciutto e lubrificato, portante e spingente. Cuscinetti a rotolamento.

Giunti ed innesti. Generalità. Ipotesi del Reye. Giunto di Cardano e di Oldham. Innesti a frizione.

F^eni: Freni a ceppi, a nastro, forze frenanti.

Organi flessibili. Cinghie piane e trapezioidali.

Modalità di esame

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.

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*, Voi I e II, Ed. Patron;
W. Thomson, *Vibrazioni Meccaniche Teoria ed Applicazioni*, Ed. Tamburini

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE AR0025/AZ0001

(per allievi meccanici)

ProfF. Emilio MASSA, Riccardo RIVA

Programma di esame

Studio del movimento. Moto del punto e del corpo rigido. Teoremi di Coriolis e Rivals. Polari del moto rigido piano.

Elementi di cinematica e dinamica dei meccanismi. Coppie cinematiche. Contatti. Equilibrio dinamico. Bilanci energetici. Determinazione di azioni attive e reazioni vincolari.

Sistemi articolati. Cinematica e dinamica del manovellismo ordinario, dei meccanismi a glifo mobile, della Croce di Malta e dei quadrilateri piani. Biella equivalente. Equilibramento.

Metodi matriciali per lo studio dei meccanismi. Coppie cinematiche. Parametri geometrici e matrici di trasformazione. Catene cinematiche e meccanismi.

Meccanismi a catena aperta. Meccanismi spaziali. Manipolatori.

Dinamica delle macchine. Forze agenti nelle macchine. Attrito ed aderenza. Forze di contatto. Attrito volvente. Urto. Usura. Azione fra solidi e fluidi. Studio dell'equilibrio dinamico delle macchine. Definizioni. Vari tipi di regime. Rendimento del piano inclinato e di meccanismi. Moto diretto e moto retrogrado. Motore, utilizzatore, trasmissione. Studio del regime e del moto vario di macchine col bilancio energetico. Regime periodico; calcolo del volano.

Vibrazioni. Vibrazioni libere e forzate ad uno e due gradi di libertà. Vibrazioni e velocità critiche torsionali. Velocità critiche flessionali.

Stabilità del moto di sistemi ad uno e due gradi di libertà. Definizione di stabilità. Stabilità dell'equilibrio e del moto a regime. Metodo delle piccole perturbazioni. Vari tipi di instabilità. Casi particolari di interesse tecnico.

Lubrificazione. Generalità sul moto dei fluidi. Equazione di Reynolds. Vari tipi di lubrificazione ed attrito . Azione dei lubrificanti, untuosità e viscosità; additivi. Moto del lubrificante e forze agenti nel meato. Coefficiente di attrito. Effetti della fuoruscita laterale e del riscaldamento. Applicazioni e relative verifiche. Altri tipi di lubrificazione.

Eccentrici. Vari tipi. Profilo dell'eccentrico con e senza rullo. Legge del moto. Scelta della molla.

Ingranaggi. Ruote piane in generale. Ruote di frizione. Evolvente di cerchio. Generazione e taglio dei profili. Ruote dentate cilindriche con profili ad evolvente. Interferenza, minimo numero di denti, ribassamento, correzione. Rendimento. Ingranaggi a denti elicoidali, conici, vite perpetua-ruota elicoidale. Rotismi ordinari e epicicloidali.

Cuscinetti. Perno-cuscinetto a strisciamento asciutto e lubrificato, portante e spingente. Cuscinetti a rotolamento.

Giunti ed innesti. Generalità. Ipotesi del Reye. Giunto di Cardano. Innesti a frizione.

F*reni: Freni a ceppi, a nastro, forze frenanti.

Organi flessibili. Cinghie piane e trapezioidali.

Coppia elicoidale. Vari tipi di filetti. Viti di manovra. Viti di serraggio. Applicazioni.

Modalità di esame

L'allievo è tenuto anche a presentare tutte le esercitazioni svolte durante l'anno alla Commissione esaminitrice, che ne può fare oggetto di domande, in accordo col programma suindicato. Coloro che non presenteranno le esercitazioni dovranno svolgere o discutere un esercizio, su tutti gli argomenti delle esercitazioni, come prima domanda d'esame.

L'esame può essere preceduto da una prima domanda scritta.

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.

Libri consigliati

Appunti di: *Meccanica applicata alle macchine e macchine* ed. Spiegel.
O. Sesini: *Meccanica Applicata alle Macchine*, C.E.A., Milano.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE E MACCHINE AR0028

ProfF. Andrea CURAMI, Marzio FALCO

Programma di esame

Parte I - MECCANICA DELLE MACCHINE

1) **Introduzione.** Grandezze ed unità di misura: sistema tecnico ed S.I. Calcolo grafico: tracciamento dei diagrammi e relative scale, integrazione grafica. Nozioni generali sugli elementi e sulle coppie cinematiche.

2) **Richiami e complementi di cinematica e dinamica del moto rigido.** Traiettoria, velocità, accelerazioni, equazioni del movimento e dell'energia nei moti traslatorio, rotatorio assiale, rigido piano. Scomposizione del moto assoluto in moto relativo e di trascinamento; teoremi di Coriolis e di Rivals. Cinematica e dinamica del manovellismo ordinario centrato.

3) Vari tipi di forze agenti nelle macchine. Peso. Forze d'inerzia. Forze di tipo elastico. Azioni di contatto fra solidi. Attrito radente e sue leggi. Logoramento. Attrito volvente. Forze agenti fra le superfici lubrificate.

4) **Lubrificazione.** Vari tipi di lubrificazione Azione dei lubrificanti. Caratteristiche dei lubrificanti. Attrito mediato, attrito combinato, attrito limite. Effetto degli additivi. (Trattazione analitica facoltativa).

5) **Dinamica delle macchine.** Regime assoluto, periodico, vario. Forze e coppie motrici, resistenti, passive, rispettivi lavori e potenze. Rapporto di trasmissione. Rendimento meccanico. Collegamento di meccanismi in serie e in parallelo. Riduzione delle forze e delle masse. Equazione dell'energia. Moto a regime assoluto, diretto e retrogrado. Moto vario: avviamento e frenatura. Moto a regime periodico: irregolarità periodica e calcolo del volano. Cenno sull'equilibramento di sistemi rigidi rotanti.

6) **Teoria elementare delle vibrazioni.** Vibrazioni libere, non smorzate, e vibrazioni forzate dei sistemi ad un grado di libertà. Applicazione alle fondazioni delle macchine. Strumenti di misura delle vibrazioni. Sistemi a 2 gradi di libertà.

Parte II - ORGANI DELLE MACCHINE (DESCRIZIONE E FUNZIONAMENTO)

Alberi di trasmissione e relativi elementi di collegamento. Giunti rigidi, elastici, articolati, idraulici. Cenni sugli innesti. Cuscinetti a rotolamento e strisciamento. Ruote dentate piane a denti diritti ed elicoidali con profilo ad evolvente. Cenno sulle ruote dentate coniche. Coppia vite perpetua-ruota elicoidale. Ruotismi ordinari. Ruotismi epicicloidali. Organi flessibili: cinghie, funi. Freni a ceppi ed a nastro. Organi di collegamento: viti, bulloni.

Parte III - MACCHINE

1) Generalità: Equazione dell'energia per una corrente di fluido incomprimibile e comprimibile in regime stazionario. Energia introdotta in una macchina sotto forma chimica, potere calorifico. Trasformazione dell'energia (o potenza) e dei suoi fattori in una macchina, rendimento, curve caratteristiche. Classificazione delle macchine.

2) **Pompe a stantuffo.** Descrizione. Grandezze caratteristiche e relazioni fra esse: prevalenza, grandezze geometriche, velocità media, portata, potenza media, rendimenti. Altezza di aspirazione. Cenno sulle casse d'aria. Cenno sulle altre pompe volumetriche: a capsulismo, ad ingranaggi.

3) Pompe fluidodinamiche. Prevalenza teorica ed effettiva fornita da una girante, effetto di azione e di reazione, funzione del diffusore. Pompe centrifughe ed assiali, descrizione. Grandezze caratteristiche e relazioni fra esse. Curve caratteristiche ed influenza di esse nella scelta della pompa. Numero di giri caratteristico n|l e forme più convenienti della pompa al variare di 7l|l. Altezza di aspirazione, cavitazione, adescamento. Vari sistemi di regolazione.

Le precederne 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.

4) Ventilatori. Descrizione schematica dei vari tipi di ventilatore e relativi impieghi. Grandezze e curve caratteristiche. Cifra caratteristica.

5) **Compressori.** Compressori a stantuffo. Descrizione. Richiami sul ciclo del compressore. Grandezze caratteristiche e relazioni fra esse. Compressori a più stadi. Regolazione di portate. Cenno sui compressori fluidodinamici.

6) **Motori a combustione interna.** Vari tipi di motori e relativi cicli di riferimento. Motori a 4 tempi ad accensione a scintilla (Otto) e motori ad accensione spontanea (Diesel). Ciclo teorico e ciclo limite. Esame della combustione. Aspirazione e scarico e relativi lavori. Perdite meccaniche. Rendimenti. Grado di riempimento (rendimento volumetrico). Grandezze caratteristiche (grandezze geometriche, pressione media effettiva, velocità media effettiva, consumo orario e specifico, ecc.) e relazione fra esse. Curve caratteristiche. Elementi costruttivi. Sistemi di alimentazione ed accensione. Combustibili. Motori a due tempi.

7) Motrici idrauliche. Vari tipi: Pelton, Francis, Kaplan, descrizione, grandezze e curve caratteristiche. Numero di giri caratteristico e criteri di scelta ed impiego. Cenno sulla regolazione.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento di esercizi e nella risoluzione di semplici problemi inerenti agli argomenti del corso. Il contenuto e i fondamenti teorici ad esse relative saranno oggetto di domande di esame, in accordo con il programma sopra indicato.

Libri consigliati

Appunti di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. Spiegel
Dispense di Macchine del Prof. E. Massa (III Parte)
O. Sesini: *Meccanica Applicata alle Macchine*, C.E.A., Milano
Libri utili per la consultazione:
E. Massa: *Costruzione di Macchine*, Voi. II, Tamburini, Milano
Manuale dell'ingegnere Ed. 80 Parte VII
C. Casci: *Elementi generali delle macchine*, Lib. Ed. Politecnica
M. Dornig: *Trattato generale delle macchine*, Tamburini, Milano.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA DEI FLUIDI **AU0006**

Prof. Costantino FASSÒ

Programma di esame

1. Proprietà generali dei fluidi - Definizione di fluido - I fluidi come sistemi continui - Grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura - Tensioni nei sistemi continui - Pressione - Densità e peso specifico - Equazione di stato - Comprimibilità - Tensione superficiale - Viscosità - Absorbimento dei gas - Resistenza dei liquidi alle tensioni di trazione.
2. Idrostatica - Tensioni nei fluidi in quiete - Equazione globale dell'idrostatica - Equazione indefinita dell'idrostatica - Legge di Stevino - Statica dei fluidi pesanti incomprimibili e comprimibili - Spinte - Principio di Archimede - Equilibrio relativo.
3. Idrocinematica - Punti di vista euleriano e lagrangiano - Moto vario, permanente, uniforme - Traiettorie, linee di corrente, linee di fumo, linee e superfici fluide - Tubi di flusso - Correnti - Getti liquidi - Equazioni di continuità - Moto turbolento: valori medi locali - Moto relativo - Moto di un mezzo continuo nell'intorno di un punto e tensore delle velocità di deformazione - Moti irrotazionali o a potenziale di velocità - Moti irrotazionali piani: funzione di corrente; potenziale complesso; le principali discontinuità - Composizione di moti irrotazionali piani.
4. Nozioni generali di idrodinamica - Distribuzione delle tensioni intorno ad un punto: tensore degli sforzi; deviatore - Equazione indefinita del movimento - Legame tra tensioni e velocità di deformazione; equazioni costitutive.
5. Idrodinamica dei fluidi perfetti - Equazioni di Eulero - Variabilità della pressione nel piano normale alla traiettoria; correnti lineari - Teorema di Bernoulli; potenza di una corrente in una sezione - Moto vario di un fluido perfetto incomprimibile.
6. Moto dei fluidi reali - Equazione globale - Le equazioni di Navier-Stokes per i fluidi viscosi - Azione di trascinamento di una corrente.
7. Correnti in pressione - Generalità sul moto uniforme - Sforzi tangenziali viscosi e turbolenti - Moto uniforme turbolento: analisi dimensionale; moto nei tubi lisci; moto nei tubi scabri - Formule pratiche - Perdite di carico localizzate - Calcolo delle spinte - Correnti in depressione - Moto di un gas in una condotta cilindrica - Problemi pratici relativi alle lunghe condotte - Potenza delle macchine idrauliche; rendimento.
8. Moto vario delle correnti in pressione - Generalità - Moto vario di un liquido in un condotto elasticamente deformabile (colpo d'ariete): manovre istantanee dell'otturatore; celerità (cenni) - Oscillazioni di massa: casse d'aria.
9. Foronomia - Luci a battente - Luci a stramazzo - Processi di moto vario - Reazione di efflusso.
10. Moti di filtrazione - Porosità - Legge di Darcy - Velocità di filtrazione - Permeabilità - Permeabilità specifica - Permeabilità ai gas - Filtrazione di fluidi bifasici - Filtrazione in regime turbolento.
11. Elementi di reologia - Fludi non newtoniani a comportamento indipendente dal tempo (plastici, pseudoplastici e dilatanti) e a comportamento dipendente dal tempo (tissotropici, reopectici, viscoelastici, elastoviscosi) - Cenno ai modelli analogici.
12. Idrometria - Misura delle pressioni: manometri a liquido e metallici; manometri differenziali - Misura dei livelli: idrometri a punta e a bolle - Misura delle velocità: tubo di Pitot, mulinello idrometrico, anemometro a filo (o film) caldo, anemometro a laser-doppler - Misura delle portate: venturimetri, boccagli e diaframmi.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Le precedente 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.

Libri consigliati

D. Citrini, G. Noseda: *Idraulica* - Ed. CEA, Milano.
C.A. Fassò: *Dispense di meccanica dei fluidi*
C.A. Fassò: *Esercitazioni di meccanica dei fluidi*
G. Alfonsi, E. Orsi: *Problemi di idraulica e meccanica dei fluidi*, Ed. CEA, Milano.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA DELLE MACCHINE AZ0002

Prof. Franco GIORDANA

Programma di 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 voi venti.

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 delloo 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.

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.

Esercitazioni

Le esercitazioni verranno svolte dal docente in aula e fanno parte integrante del corso.

Esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Appunti di Meccanica Applicata alle Macchine, ed. Spiegel.
W.T. Thomson: *Vibtazioni Meccaniche*, ed. Tamburini

Libri ausiliari o di consultazione

O. Sesini: *Meccanica Applicata alle Macchine*, ed. CE A
J. Hirshorn: *Kinematics and Dynamics of piane 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

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE AR0033/AK0035

ProfF. Stefano BROGLIO, Mario GAIA e Silvano PASINI

Programma di esame

I Parte: Meccanica delle Macchine

I sistemi di unità di misura.

Richiami di cinematica e dinamica dei corpi rigidi. Forze d'inerzia agenti nei corpi rotanti e l'equilibramento dei rotori.

Cinematica e dinamica dei sistemi articolati. La trasformazione del moto rettilineo alternativo in moto rotatorio e viceversa. Manovellismi, eccentrici, camme. Le forze tra le superfici a contatto. L'aderenza e l'attrito radente. I mezzi per ridurre l'attrito. La lubrificazione e i lubrificanti.

II rotolamento. I cuscinetti a rotolamento.

La dinamica delle macchine. L'equazione dell'energia cinetica applicata alle macchine. Motore, trasmissione, utilizzatore. Il rendimento. Il moto diretto e retrogrado. Le macchine a regime periodico. Il volano e le sue applicazioni.

La trasmissione del moto rotatorio. Alberi, collegamenti, giunti, innesti, ingranaggi, cinghie. Rotismi. Coppie elicoidali. I freni.

Le vibrazioni meccaniche libere, smorzate e forzate. Le fondazioni e l'isolamento delle vibrazioni. La misura delle vibrazioni: il sismografo e l'accelerometro. Le velocità critiche flessionali e torsionali.

II Parte: Macchine

Nozioni di meccanica dei fluidi. Teorema di Bernoulli, quota geometrica, piezometrica, cinetica. Moto dei fluidi nei condotti. Moto laminare e turbolento. Le resistenze al moto.

Pompe a stantuffo e ad ingranaggi. Pompe fluidodinamiche. Ruote Pelton. Turbine Francis e Kaplan.

Ventilatori. Compressori. Motori a c.i. (Otto e Diesel). Turbine a vapore.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello svolgimento in aula di semplici esercizi inerenti agli argomenti del corso. La frequenza è del tutto libera.

Modalità di 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.

Libri consigliati

Appunti di Meccanica delle Macchine e Macchine, ed. Spiegel, Milano.

O. Sesini: *Meccanica Applicata alle Macchine*, C.E.A., Milano.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA DELLE ROCCE AN0046

Prof. Roberto NOVA

Programma di esame

PARTE **I: Richiami di geologia generale**

1) Struttura geologica della terra: litosfera e astenosfera, tettonica a zolle, isostasia, faglie, giunti, pieghe, scala temporale geologica.

2) Minerali e rocce: tipi di rocce e loro composizione mineralogica, classificazione petrografia ISRM, schema di identificazione di minerali e rocce.

PARTE II: **Comportamento meccanico delle rocce**

1) Compressione semplice: risultati sperimentali, effetto della rugosità delle piastre di carico, effetto dimensioni del campione, effetto della rigidezza della macchina di prova, determinazione della resistenza e del modulo elastico, classificazione di DEERE e MILLER.

2) Prove di compressione pluriassale; prove biassiali, prove triassiali, effetto della pressione di confinamento, criterio di rottura di Mohr Coulomb, effetto temperatura, transizione da comportamento fragile a comportamento duttile, anisotropia della resistenza, anisotropia della deformabilità.

3) Resistenza a trazione: prove di trazione diretta, criterio di Griffith, prova brasiliana, prova su anelli, prova Franklin e sua correlazione con la resistenza a compressione semplice, effetto della anisotropia.

4) Effetto dell'acqua nei pori: permeabilità, principio degli sforzi efficaci.

5) Prove dinamiche.

6) Viscosità delle rocce, modelli reologici lineari e non lineari.

PARTE III: **Comportamento meccanico degli ammassi rocciosi**

1) Resistenza e deformabilità dei giunti: tipi di giunti, prove di taglio diretto, relazione di Barton per superfici irregolari, giunti con riempimento.

2) Descrizione delle discontinuità in un ammasso roccioso: immersione e inclinazione, spaziatura. RQD, classifica CSIR per gli ammassi rocciosi, indice RMR.

3) Deformabilità e resistenza degli ammassi rocciosi, criterio di Hoeck e Brown.

4) Stato di sforzo in sito e sua determinazione: importanza della determinazione dello stato tensionale iniziale in materiali fragili, stato tensionale al di sotto di superfici inclinate, incisioni vallive e rilievi, influenza dell'erosione e di azioni tettoniche, inclusioni, fratture e discontinuità, metodo CSIR doorstopper e metodo CSIR triassiale, martinetto piatto, dilatometro, fratturazione idraulica.

5) Misura delle caratteristiche meccaniche in sito: prova su piastra, martinetto piatto, galleria in pressione, prove dinamiche, prove di compressione uniassiale, prove di taglio diretto, misura della permeabilità.

PARTE IV: **Problemi di ingegneria delle rocce**

1) Stabilità dei pendìi in roccia, morfologia e cinematica dei movimenti, metodi di protezione, metodo dell'equilibrio limite, influenza delle condizioni idrauliche, effetto dei tiranti, meccanismi di rottura complessi, ribaltamento, analisi tridimensionale, analisi FEM.

2) Fondazioni: ancoraggi, stabilità globale, fondazioni profonde.

3) Scavi in sotterraneo: tipologia e metodo di scavo, stabilità di uno scavo in materiale elastico; materiale elasto plastico, materiale elasto fragile. Equilibrio limite di gallerie poco profonde, stabilità di una galleria in un materiale discontinuo, sollecitazioni differite.

4) Misure e controlli: misure di pressione (celle Glòtzl, estensimenti a corda vibrante), misure di spostamenti, (bulloni strumentali, misure di convergenza, metodi fotogrammetrici, assestimetri e inclinometri).

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.

Libri consigliati

A chi desiderasse approfondire gli argomenti trattati nelle lezioni si consiglia la consultazione dei seguenti testi:

Stagg K.G. e Zienkiewicz O.C. - *Rock Mechanics in Engineering Practice* - J. Wiley &; Sons.
Jaeger J.C. e Cook N.G.W. - *Foundamental of Rock Mechanics* - Science Paperbacks, Chapman and Hall Ltd.
Obert L. e Duvall W.I. - *Rock Mechanics and thè Design of Structures in Rock* - J. Wiley &: Sons.
Goodman R.E. - *Methods of Geologica! Engineering* - West Publishing Company.
Jaeger C. - *Rock Mechanics and Engineering* - seconda edizione - Cambridge University Press.
Gioda G. - *Meccanica delle Rocce* - Clup.
Panet M. - *La Mècanique des roches appliqueè aux ouvrages du genie civil, Association amicale des Ingènieurs anciens elèves de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussèes.*

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA DEL VEICOLO AR0105

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

Prof. Giorgio DIANA

Programma di 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 rigidezze di binario
- Contatto pantografo catenaria
- Azioni di contatto pneumatico-strada; irregolarità e rigidezze 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-conducente; simulatori di guida

Libri consigliati

Appunti delle Lezioni.

Riferimenti bibliografici specifici verranno indicati nel corso delle lezioni.

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.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA DEL VOLO AL0015

Prof. Marco BORRI

Programma di esame

Equazioni generali del moto
Sistemi di coordinate e forze esterne
Derivazione delle equazioni di moto
Effetti delle masse rotanti
Orientamento del velivolo rispetto ad un sistema fisso
La traiettoria nel sistema fisso
La forza gravitazionale e le sue componenti
Equazioni del moto stazionario
Equazioni del moto perturbato
Forze e momenti
Forze e momenti longitudinali stazionari
Forze e momenti latero-direzionali stazionari
Derivate di stabilità longitudinale
Derivate di stabilità latero-direzionale
Forze e momenti perturbati dovuti al sistema propulsivo
Stabilità e controllo stazionario
Criteri di stabilità statica
Caratteristiche di stabilità e controllo in volo rettilineo stazionario
Stabilità e controllo nelle manovre stazionarie
Problematica del sistema di controllo
La velocità di rullaggio minima per la rotazione
Stabilità dinamica e caratteristiche di risposta
Richiami sulle trasformate di Laplace e funzioni di trasferimento
Stabilità dinamica e risposta longitudinale
Stabilità dinamica e risposta latero-direzionale
Analisi del luogo delle radici
Stabilità dinamica a comandi liberi
Progettazione in funzione della stabilità dinamica e della risposta
Risposta in frequenza dei velivoli
Risposta in frequenza longitudinale
Risposta in frequenza latero-direzionale
Risposta alla turbolenza atmosferica
Controlli di volo automatici
Componenti
Sensori
Controllori di sistema
Attuatori
Sistemi di aumento della stabilità
Aumento dello smorzamento di imbardata
Aumento dello smorzamento in rollio
Aumento dello smorzamento in beccheggio
Aumento della stabilità longitudinale
Aumento della stabilità direzionale

Le precederne 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 di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Etkin B - *Dynamics of flight - Stability and control*
Etkin B. - *Dynamics of Atmospheric Flight*
Roskam J. - *Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Control*
Roskam J. - *Method for Estimating Stability and Control Derivatives of conventional Subsonic Airplanes*

Nota per gli studenti

Alcuni degli argomenti sviluppati richiedono, per una migliore comprensione, l'aver preventivamente acquisito quanto svolto nel corso di "Automazione e Regolazione" che quindi viene vivamente raccomandato come precedenza consigliata.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA RAZIONALE AP0011

(per tutti gli allievi esclusi i Corsi di Laurea in Ingegneria Gestionale e Meccanica

Proff. Enrico ALBERTI, Giancesare BELLI, Elisa BRINIS UDESCHINI, Carlo CERCIGNANI, Maria LAMPIS, Anna Marisa MANARINI MERRI, Carlo MOROSI, Maurizio VIANELLO, Maria Dina VIVARELLI.

Programma di 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 di esame

L'esame comporta una prova scritta (non eliminatoria), seguita da una prova orale.

Libri consigliati

Bruno Finzi: *Meccanica Razionale,* Voi. 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.
Per gli allievi chimici, elettrotecnici e nucleari si consiglia anche:
A.M. Merri Manarini: *Lezioni di Meccanica Razionale,* Voi. I e II, Masson, Milano.

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.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA RAZIONALE AP0011

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale

ProfF. Carlo MOROSI, Maria Dina VIVARELLI

Programma di 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 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 Corsi di Laurea in Ingegneria delle Tecnologie Industriali il programma del corso è quello comune agli altri corsi di laurea (Ingegneria Meccanica esclusa).

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. Arnaldi: *Compendio di Meccanica Razionale*, Zanichelli.
A. M. Merri Manarini: *Lezioni di Meccanica Razionale*, Masson.
B. Finzi, P. Udeschini: *Esercizi di Meccanica Razionale*, Masson.
G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: *Meccanica Razionale: Esercizi*, Masson.

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.

Programma dell'insegnamento di

MECCANICA RAZIONALE AP0011

(per gli allievi del Corso di laurea in Ingegneria Meccanica)

Prof. Giancarlo SPINELLI

Programma di 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 di esame

L'esame comporta una prova scritta (non eliminatoria), seguita da una prova orale.

Libri consigliati

Bruno Finzi: *Meccanica Razionale,* Voi. I e II Zanichelli, Bologna.
Carlo Cercignani: *Spazio Tempo Movimento (Introduzione alla Meccanica Razionale)* Zanichelli, Bologna.
A.M. Merri Manarini: *Lezioni di Meccanica Razionale,* Voi. I e II, Masson
Bruno Finzi, Paolo Udeschini: *Esercizi di Meccanica Razionale,* Masson, Milano
G. Belli, C. Morosi, E. Alberti: *Meccanica Razionale: Esercizi,* Masson, Milano.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

METALLURGIA - Sez. A AR0070

(per allievi meccanici)

ProfF. Mario BALBI, Giuseppe SILVA

Programma di esame

1. **Premessa:** applicazioni di alcune leggi fondamentali della Chimica-fisica a sistemi di diretto interesse metallurgico.

2. Studio dei materiali metallici:

a) Brevi nozioni di fisica dei metalli.

b) Trattazione dei diagrammi di stato delle leghe metalliche con particolare riferimento a: Fe-Ni, Fe-Cr, Cu-Zn, Al-Cu.

c) Fasi e costituenti del diagramma Fe-C.

d) Trattamenti termici: punti critici, influenza della velocità di raffreddamento, le curve isoterme ed anisoterme, le 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.

e) 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. ed al Cr-Ni.

f) Proprietà meccaniche; significato e validità dei dati ricavabili dalle prove meccaniche e loro reciproche correlazioni.

g) Brevi cenni sulle proprietà fisiche, sugli esami metallografici e sui controlli non distruttivi.

h) Fenomeni metallurgici di particolare interesse applicativo: fragilità, scorrimento viscoso, fatica, usura e corrosione (generalità, aspetti fenomenologici, casi tipici e metodi di prevenzione).

i) Classificazione degli acciai; in particolare per gli acciai da costruzione, calcolo approssimato di R in funzione della composizione chimica, indici di qualità, indicazione schematica dei cicli di lavorazione con inserimento dei trattamenti termici.

l) Proprietà ed applicazioni: degli acciai comuni e di qualità; degli acciai speciali da costruzione (bonifica, cementazione, nitrurazione, molle ed autotempranti); degli acciai per utensili (acciai rapidi, acciai per lavorazioni a caldo, acciai per lavorazioni a freddo). Cenni sugli acciai inossidabili, sugli acciai per usi particolari e sulle ghise.

m) Classificazione, proprietà ed applicazioni dei principali metalli e leghe non ferrose: alluminio, rame, nichel, ecc.

3. **Cenni sulla produzione della ghisa e dell'acciaio** con particolare riferimento alle operazioni che hanno un'influenza diretta sulle proprietà degli acciai.

Esercitazioni

Oltre ad esercitazioni su argomenti di cui ai punti **2** - b, c, d, e, i, verranno tenute alcune lezioni a carattere monografico che forniranno nozioni sui materiali non metallici in particolare sulle principali materie plastiche impiegate nell'industria meccanica.

Libri consigliati

W. Niccodemi: *Metallurgia.* Ed. Masson 1985.

W. Nicodemi, R. Zoja: *Processi ed impianti siderurgici.* Ed. Masson 1980.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

METALLURGIA - Sez. B AR0071

(per allievi chimici, meccanici e nucleari)

Prof. Roberto ROBERTI

Programma di esame

1) Nozioni di metallurgia "fisica": struttura cristallina dei metalli. Cenni sulla solidificazione dei metalli. Struttura delle leghe (soluzioni solide sostituzionali ed interstiziali; fasi intermedie; composti intermetallici, ecc.). Difetti cristallini puntiformi, lineari, ecc. Dislocazioni (origine; moltiplicazione; interazioni, ecc.);. Diffusione allo stato solido. Trasformazioni polimorfe. Ricristallizzazione e crescita del grano.

2) Trattazione dei diagrammi di stato delle leghe binarie (con particolare riferimento al diagramma ferro-carbonio) e ai diagrammi di stato Fe-elementi di lega degli acciai.

3) Trattamenti; termici degli acciai. Teoria della tempra: punti critici, influenza della velocità di raffreddameto sui punti critici; curve isoterme e anisoterme; strutture. **Trattamenti termici di interesse industriale:** ricottura; normalizzazione; tempra; ricottura di addolcimento; rinvenimento e bonifica; trattamenti isotermici. **Trattamenti termo-meccanici e termochimici di diffusione** (con particolare riferimento alla cementazione e nitrurazione). **Diagrammi strutturali degli acciai allo stato ricotto.**

4) **Prove meccaniche:** di deformazione e resistenza alla trazione; di durezza (cenni alla microdurezza in relazione alla lavorabilità); di resilienza; di resistenza a fatica e di meccanica della frattura (soprattutto per quanto si riferisce all'individuazione delle grandezze ottenibili, alla correlazione con le caratteristiche microstrutturali e alla loro utilizzazione).

5) **Aspetti metallurgici di fenomeni di particolare interesse applicativo:** deformazione plastica, scorrimento viscoso, frattura, fatica, usura. Corrosione a secco e ad umido, ecc.

6) **Cenni ai metodi fisici di indagine dei materiali metallici:** (con riferimento alla microscopia ottica ed elettronica, alla diffrazione dei raggi X, ecc.). Cenni sui controlli non distruttivi.

7) Classificazione delle ghise e degli acciai con particolare riferimento agli acciai speciali da costruzione (per questi ultimi valutazione delle proprietà meccaniche in funzione della composizione chimica; indici di qualità; indicazione schematica dei cicli di lavorazione con inserimento dei trattamenti termici).

8) **Proprietà ed applicazioni:** degli acciai da costruzione di uso generale; degli acciai speciali da costruzione (bonifica; cementazione; nitrurazione; molle ed autotempranti); degli acciai inossidabili (austenitici, ferritici e martensitici); degli acciai da utensili (acciai rapidi; acciai per lavorazione a caldo e a freddo); degli acciai per usi speciali (per basse ed alte temperature, ecc.); degli acciai per lavorazioni automatiche (al Pb, allo S).

9) Proprietà ed applicazioni dei principali tipi di ghise: comuni, di qualità e speciali.

10) Classificazione, proprietà ed applicazioni dei principali metalli e leghe non ferrose: alluminio, rame, nichel, ecc.. Cenni sui materiali ottenibili con la metallurgia delle polveri.

11) Cenni alla produzione della ghisa e dell'acciaio con particolare riferimento a quelle operazioni che hanno una diretta influenza sulle proprietà degli acciai.

12) Cenni agli aspetti metallurgici della saldatura (proprietà, controllo, saldabilità dei materiali metallici di base, materiali di apporto, ambienti).

Esercitazioni

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.

Oltre alle esercitazioni sugli argomenti di cui ai punti 2, 3 e 4, verranno tenuti alcuni seminari monografici. Gli argomenti di tali seminari potranno costituire (a richiesta dell'allievo) oggetto di interrogazione all'esame in sostituzione delle corrispondenti parti del programma.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

W. Nicodemi: *Metallurgia*, Masson Italia Ed., 1986.

Nota per gli studenti

Ulteriori informazioni sulle finalità e caratteristiche del corso sono riportate nelle note informative alle quali si rimanda.

Programma dell'insegnamento di

METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA AP0013

Prof. Giovanni PRO USE

Programma di 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 nelPambito della teoria delle distribuzioni. Definizione di soluzione e di problema ben posto. Gli spazi di Sobolev e loro proprietà. Soluzioni deboli e loro interpretazione variazionale. Classificazione delle equazioni. Equazione generalizzata di Poisson; soluzione fondamentale, autosoluzioni ed autovalori. Equazione generalizzata delle onde. Equazione generalizzata del calore. Soluzioni periodiche e comportamento asintotico. Studio di particolari equazioni lineari e non lineari della Fisica Matematica.

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 delPuniforme 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. 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 Bronwer. Analisi qualitativa di equazioni non lineari della meccanica e dell'elettronica. Modelli matematici biologici. Analisi qualitativa nel campo analitico.

Modalità di Esame

L'esame consiste di una prova orale.
Il programma consta degli argomenti 1, 2, 3 e di uno, a scelta, tra gli argomenti 4, 5, 6.

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.

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,* voli. I e II, Hermann, 1966.
L. Schwarz: *Methods mathematiques pur les Sciences physiques,* Hermann, 1965.
O.A. Ladyzhenskaja: *The boundary value problems of mathematica! physics,* Springer, 1985.
F. Riesz, B. Sz Nagy: *Lecons d'analyse fonctionelle,* Gauthier-Villars, 1965.
K. Yoshida: *Functional Analysis,* Springer, 1966.
E. Lorch: *Spectral theory,* Oxford University Press, 1962.
L. Tonelli: *Fondamenti di Calcolo delle variazioni,* voli. I e II, Zanichelli, 1928.
C.B. Morrey: *Multiple integrals in thè Calculus of variations,* Springer, 1966.
V. Nemitskii, V.V. Stepanov: *Qualitative theory of differential equations,* Princeton University Press, 1960.

Programma dell'insegnamento di

MICROONDE AG0041

Prof. Giovanni Battista STRACCA

Programma di esame

1. **Generalità sull'uso delle gamme di frequenza delle "microonde".**
2. **Giustificazione dell'applicazione dei modelli elementari unimodali di linee di trasmissione 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 unimodali 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 unimodali 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 *TE\01*.
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 porta (carico terminale, cavità risonante, terminale, ecc.). Esempi di circuiti a due porte (cavità risonanti, attenuatori, trasformatori e invertitori d'impedenze, filtri per microonde). Circuiti a tre porte. Circuiti a quattro porte (accoppiatori direzionali).
6. **Circuiti non reciproci per microonde.** Definizioni e proprietà generali. Esempi di circuiti a due porte (isolatori, giratori). Esempi di circuiti a tre porte (circolatori).
7. **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. **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. Maser.
9. **Cenni sui dispositivi SAW, utilizzanti onde acustiche superficiali.**
10. **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.

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.

Libri consigliati

Giovanni B. Stracca: *Teoria e tecnica delle microonde*, CLUP, Milano, 1982.
Dispense del corso.
Robert E. Collin: *Foundations for microwave engineering*, McGraw-Hill Co.

Programma dell'insegnamento di

MISURE DELLE RADIAZIONI E PROTEZIONE AV0023

Prof.ssa Sofia KAFTAL TERRANI

Programma di esame

- Richiami sulle interazioni con la materia delle radiazioni beta, *X* e gamma, neutroni termici e veloci, in particolare dal punto di vista delle conseguenze delle interazioni stesse.
- Produzione di raggi *X:* generatori, caratteristiche dei fasci, dipendenza di questi dai parametri elettrici e dal filtraggio aggiunto.
- Cenni su acceleratori di particelle, con particolare riguardo alle radiazioni.
- Richiami sulle grandezze e unità di misura delle radiazioni.
- Classificazione della strumentazione di misura in base agli effetti prodotti dalla radiazione.
- 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 termoluminiscenza - caratteristiche dei TLD e descrizione dei metodi applicati nella pratica; dosimetria a radiofotoluminescenza - caratteristiche dei vetri e descrizione dei metodi applicati nella pratica -. Critica e limiti.
- Dosimetria a ionizzazione: camere a ionizzazione, contatori proporzionali, contatori di G.M., scintillatori e fotomoltiplicatori. Applicazione alla dosimetria personale e a quella d'area e ambientale. Metodi di calibrazione. Criteri di scelta e limiti dei vari strumenti.
- Controlli ambientali all'interno e all'esterno di impianti nucleari.
- Schermature per radiazioni beta, *X* e gamma, neutroni termici e veloci.
- Cenni su metodi e mezzi di decontaminazione.
- Elementi su organizzazione di un servizio di radioprotezione: richiami di normativa, adempimenti, gestione.

Le lezioni avranno carattere fondamentalmente applicativo e saranno viste nell'ottica della pratica della radioprotezione negli impianti nucleari.

Saranno corredate dalla presentazione di strumentazione e da dimostrazioni pratiche e, ove possibile, da visite ai servizi di Radioprotezione di impianti nucleari di vario tipo.

Esercitazioni pratiche

L'insegnamento prevede alcune esercitazioni a completamento delle dimostrazioni.

Libri consigliati

J. Shapiro: *Radiation Protection.* Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1972;
H. Kiefer, R. Maushart: *Radiation Protection Measurement.* Pergamon Press, 1972.
J.S. Handloser: *Health Physics Instrumentation,* Pergamon Press, 1959.
G.F. Knoll: *Radiation Detection and Measurement,* John Wiley &: Sons, 1979.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

MISURE ELETTRICHE AH0008

Prof. Arnaldo BRANDOLINI

Programma di 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: 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. Teorema del campionamento per segnali periodici e per segnali aperiodici. 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.. Potenziometri. 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. 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.** Campionamento di una tensione. Condizionamento del segnale di tensione. Scelta della frequenza di campionamento. Anali 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.

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 di esame

L'esame consta di una applicazione pratica individuale e di domande teoriche.

Libri consigliati

A. Barbagelata, P. Regoliosi: *Corso di Misure elettriche*, ed. Tamburini (i numeri scritti tra parentisi nel programma corrispondono ai paragrafi dell'opera citata).
A. Brandolini: *Elementi di strumentazione elettrica*, ed. CLUP.

Programma dell'insegnamento di

MISURE ELETTRONICHE AH0020

Prof. Arnaldo BRANDOLINI

Programma di esame

Oscilloscopio. Il tubo a raggi catodici; cannone elettronico; sensibilità di deflessione statica e dinamica; limite di funzionamento, post-accelerazione, proprietà degli schermi. Principio di funzionamento dell'oscilloscopio: schema a blocchi; generatore del dente di sega; base dei tempi semplice e doppia; sua regolazione e modalità per sincronizzarla; ingrandimento orizzontale di forme d'onda. Sistema di deflessione; amplificatore a doppia traccia. Errori di taratura e di linearità dei coefficienti di deflessione e di tempo. Larghezza di banda e tempo di salita.

Oscilloscopio campionatore. Principio di funzionamento. Campionamento e sistema di elaborazione del segnale campionato; modalità di compensazione. Tempo di salita.

Voltmetri elettronici analogici per tensioni continue e per tensioni alternate a larga banda, sensibili ai valori medio, efficace, di cresta; limiti di funzionamento alle basse, alle alte frequenze ed alle minime tensioni.

Voltmetri selettivi.

Voltmetri elettronici numerici. Richiami sulla conversione analogica-numerica. Conversione diretta a gradinata; metodo delle approssimazioni successive. Conversione tensione-durata. Conversione tensione-frequenza.

Contatore elettronico. Blocchi funzionali: circuiti di comando della porta; esempi di impiego: decade di conteggio, divisori decadici. Oscillatore campione: influenza della temperatura e della tensione di alimentazione; instabilità a breve e lungo termine; modalità per esprimerne le qualità di funzionamento; moltiplicatori di frequenza. Campione secondario. Principali misure eseguibili: totalizzazione; divisione; rapporto fra due frequenze; frequenza: periodo-medio; periodo; durata. "Prescaler". Stima e differenti modalità di espressione degli errori nella misura delle varie grandezze. Errori di trigger. Errore dovuto al diverso ritardo. Errori relativi nelle misure di durata, di periodo medio, di periodo, di frequenza e del rapporto tra due frequenze. Contatore a funzionamento reciproco. Contatore ad interpolazione. Misure di frequenze alle microonde. Schema generale. Conversione eterodina ed armonica eterodina. Oscillatore di trasferimento. Errori relativi nelle misure di frequenza alle microonde.

Metodi di confronto. Rivelatori di zero in c.c. ed in c.a. Ponte di Wheatstone. Potenziometro in c.c. tradizionale ed elettronico. Resistori di Kelvin-Varley e decadi complementari. Classificazione dei ponti in c.a. Ponti di De Sauty, Maxwell-Wien, Hay, Schering. Ponte con due trasformatori. Ammettenze parassite fra i nodi del ponte. Schermature. Terra di Wagner. Metodi di risonanza: il Q-metro.

Misuratori dipotenza su carico artificiale con elementi termosensibili, a lettura diretta ed a bilanciamento automatico.

Misure di fase. Metodi oscilloscopici. Misura col contatore elettronico. Rivelatori di fase di tipo analogico: oscilloscopio; moltiplicatore; doppio rivelatore bilanciato di picco; rivelatore di fase a quattro diodi del tipo a ponte; di tipo logico: "OR esclusivo"; multivibratore bistabile; rivelatore di fase, lineare tra **—2** e **+2;** di tipo misto. Metodi di riduzione a zero. Variatori di fase con sfasamento dipendente dalla frequenza. Filtri attivi. Linee di ritardo. Voltmetro vettoriale a campionamento. Fasometro attuato con multivibratore bistabile. Principio di funzionamento. Compensazione. Errori al crescere della frequenza, o dovuti alle distorsioni. Limite massimo dell'errore complessivo. Misure di fase con conversioni di frequenza. Generatore bifase e suo impiego.

Misure di ritardo di gruppo (cenni).

Le precederne 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.

Metodi panoramici. Generatore panoramico. Caratteristiche principali. Contrassegni di frequenza. Controllo automatico di livello. Oscillatore asservito. Misura del modulo della funzione di trasferimento di un doppio bipolo con il metodo panoramico. Eliminazione degli errori causati dall'imperfetto livellamento del segnale prodotto dal generatore panoramico. Altre cause di errore. Rivelazione a banda larga e stretta; confronto fra i due metodi. Analizzatore di reti; accoppiatori e ponti direzionali; misure di trasmissione e di riflessione. Analizzatori di spettro. Misure di linearità. Esempi di sistemi di misura costituiti da apparecchi programmabili gestiti dal calcolatore.
Norme C.E.I. riguardanti "i criteri per esprimere e valutare le qualità di funzionamento delle apparecchiature elettroniche di misura".

Esercitazioni

Esercitazioni sperimentali: Metodi di misura e modalità di impiego dell'oscilloscopio, dell'oscilloscopio campionatore. Misure d'impedenza in bassa ed in alta frequenza con metodi di ponte e con metodi di risonanza. Misure eseguibili col contatore elettronico. Confronti tra due frequenze acustiche; tra due radio-frequenze. Misure panoramiche di trasmissione e di riflessione su di una rete lineare con l'analizzatore di reti. Misure sui segnali con l'analizzatore di spettro. Impiego di un sistema di misura costituito da apparecchi programmabili gestiti dal calcolatore.

Libri consigliati

P. Schiaffino - *Misure elettroniche* - CLUP Edizione giugno 1982
P. Schiaffino - *Primo supplemento al volume Misure Elettroniche* - Edizione Maggio 1983.

Programma dell'insegnamento di

MISURE E MANIPOLAZIONI CHIMICHE AD0006

Prof. Ombretta PORTA

Programma di esame

Criteri generali per l'esecuzione delle misure di laboratorio e valutazione degli errori commessi: Tipi di errori. Eliminazione di un risultato. Determinazione della esattezza e riproducibilità di un metodo analitico. Limiti nell'esattezza delle analisi. Precisione nei calcoli.

Aspetti generali delle operazioni chimiche e dei calcoli connessi:
Sostanze gassose. Sostanze liquide. Sostanze solide. Soluzioni. Termochimica. Equilibri chimici. Elettrochimica.

Principali processi chimici di separazione. Finalità analitiche e preparative:
Filtrazione. Cristallizzazione. Sublimazione. Distillazione. Estrazione. Cromatografia. Scambio ionico.

Analisi volumetrica:
Alcalinimetria ed Acidimetria. Analisi per precipitazione e Formazione di complessi. Analisi ossidimetriche.

Metodi chimico fisici di analisi per seguire il decorso delle reazioni ed il controllo dei prodotti:
Misure spettroscopiche (NMR, UV, IR, Massa). Misure colorimetriche. Misure polarimetri che. Misure cromatografiche. Misure elettrochimiche.

Elementi di cinetica chimica e metodologia di indagine:
Equazioni cinetiche. Metodologie sperimentali. Determinazione dei parametri cinetici (entropia ed entalpia di attivazione). Processi a catena. Reazioni veloci.

Tutte le operazioni chimiche suddette ed i relativi calcoli, così come i principali processi chimico-fisici di separazione e di analisi, vengono illustrati con riferimento alle proprietà e alla preparazione dei composti inquadrando gli elementi nel sistema periodico.

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 familiari all'allievo le operazioni di laboratorio in vista del loro trasferimento su scala industriale.

Modalità di 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 agli studenti indicazioni sulle fonti più opportune per lo studio e l'approfondimento degli argomenti trattati.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

MISURE GEODETICHE AX0009

Prof. Fausro SACERDOTE

Programma di esame

1. **Elementi di Geodesia.** Definizione degli enti fisici e geometrici del campo gravitazionale in diversi sistemi di coordinate e loro relazioni. Definizione delle fondamentali superfici di riferimento e loro calcolo.
- Il potenziale della gravità: geoide e linee della verticale.
- Il campo normale; formule esatte del campo.
- Il campo anomalo; potenziale anomalo, anomalia della gravità, deviazioni della verticale.
- I sistemi di coordinate in geodesia:
. sistemi cartesiani, geocentrico o locali;
. sistema di coordinate naturali *A*, H (oW);
. sistema di coordinate geodetiche (£>, À, h.
- Sviluppo del potenziale in serie di armoniche sferiche.
- Determinazione gravimetrica del geoide (problema di Stokes).
- Determinazione astrogeodetica del geoide.
- Cenni sui metodi diretti di determinazione della figura della terra (problema di Molodensky).

2. **Misure geodetiche classiche.** Misure astrogeodetiche, di gravità e topografiche classiche e loro rappresentazione in coordinate geodetiche; teoria delle reti geodetiche e loro relazione col campo di gravità.
- Misure delle coordinate naturali $,y1e dell'azimut A con metodi astrogeodetici.
- Formula completa di Laplace.
- Misure di gravità: cenni alle misure assolute e misure relative.
- Metodi di riduzione ed interpretazione delle misure di gravità.
- Interpretazione geofisica delle misure gravimetriche.
- Ricerca di anomalia di massa.
- Stima della densità.
- Misure di direzioni azimutali e angoli zenitali: equazioni di osservazione in coordinate geodetiche.
- Misure di grandi lati: equazioni di osservazione in coordinate geodetiche.
- Livellazioni geometriche e correzioni ortometriche.
- Orientamento dell'ellissoide e calcolo delle reti (determinazione di £,77).
- Trasformazioni tra ellissoidi di riferimento.

3. **Elementi di statistica.** Nozioni statistiche elementari per il trattamento delle misure e nozioni complementari per il trattamento dei processi stocastici.
- Variabili casuali, distribuzioni, momenti.
- La variabile casuale normale.
- La stima con il metodo dei minimi quadrati.
- Tests statistici.
- Processi stocastici, processi stocastici stazionari.
- Funzioni di covarianza.

4. **Elementi di geodesia spaziale ed inerziale.** Reti tridimensionali appoggiate ad orbite di satelliti e relative osservazioni per la determinazione di coordinate (e loro variazioni) di punti della superficie in un unico sistema di riferimento mondiale.
- Cenni alle orbite kepleriane di satelliti artificiali ed alle loro perturbazioni.
- Sistema mondiale di controllo delle orbite.

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.

- Stima dei coefficienti armonici del potenziale anomalo delle perturbazioni di lungo periodo.
- Misure di tipo doppler.
- Il GPS: descrizione generale.
- Le equazioni di osservazione del GPS.
- Il trattamento delle misure GPS con diversi modelli.
- L'effetto della rifrazione sulle misure GPS.
- Applicazioni del GPS al rilievo del territorio ed al controllo.
- GPS, geoide, sistemi di riferimento.
- Misure di tracciamento laser.
- Radar altimetria.
- Interferometria radioastronomica per la misura di grandi basi (VLBI)
- Misure di tipo inerziale.

5. **Combinazione ottimale di differenti misure (Geodesia integrata).** Combinazione di differenti misure sul campo della gravità per la sua determinazione con metodi statistici ottimali: integrazione del problema con l'introduzione di coordinate di punti a terra come parametri incogniti aggiuntivi.
- Il potenziale anomalo come processo stocastico sulla sfera e calcolo della funzione di covarianza.
- Funzioni di covarianza e cross-covarianza di quantità legate al campo anomalo.
- Stime lineari ottimali (collocazione).
- Geodesia integrata.

Esercitazioni

Le esercitazioni si dividono in numeriche e strumentali.

Esercitazioni numeriche
- Trasformazioni di coordinate tridimensionali (cartesiane, naturali e geodetiche).
- Formule di Stokes.
- Determinazione astrogeodetica di una porzione di geoide.
- Tests su piccole reti di controllo.
- Determinazione del geoide col metodo della collocazione.
- Pianificazione di una campagna GPS.
- Esempi di riduzione dei dati GPS.

Esercitazioni strumentali
- Determinazione di A di un punto e dell'azimut di una direzione.
- Misura di una direzione azimutale tra punti posti a grande distanza, del relativo angolo zenitale e del lato.
- Rete di livellazione e gravimetria.
- Determinazione di punti con metodo doppler.
- Determinazione di punti con strumento inerziale.

Libri consigliati

F. Sansò: *Dispense di geodesia fisica e geometrica.*

L. Soiaini - O. Vecchia: *Lezioni di geofisica applicata.* (Libreria Editrice Politecnica - Tamburini, Milano, 1953).

C. Monti - F. Sansò: *Tecniche e metodi avanzati per il posizionamento dei punti: il principio di funzionamento.* (Bollettino della Sifet, n. 1, 1984).

Programma dell'insegnamento di

MISURE MECCANICHE E TERMICHE AR0030

(per gli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Meccanica, Nucleare, delle Tecnologie Industriali)

ProfF. Andrea CAPELLO e Michele GASPARETTO

Programma di 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. Idrac - *Mesure et Instrument de Mesure*, Dunod, Parigi.
T.G. Beckwith, N.L. Buck - *Mechanical Measurements*, Addison-Wesley, New York.
H.D. Baker, E.A. Ryder, N.H. Baker - *Temperature Measurement in Engineering*, Wiley, New York.
J. Bendat and A.G. Piersol - *Engineering Applications of correlation and spectral analysis*, John Wiley and Sons.

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.

Programma dell'insegnamento di

MISURE MECCANICHE, TERMICHE E COLLAUDI AR0104

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale

Proff. Andrea CAPELLO e Michele GASPARETTO

Programma di 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. Idrac - *Mesure et Instrument de Mesure*, Dunod, Parigi.
T.G. Beckwith, N.L. Buck - *Mechanical Measurements*, Addison-Wesley, New York.
H.D. Baker, E.A. Ryder, N.H. Baker - *Temperature Measurement in Engineering*, Wiley, New York.
J. Bendat and A.G. Piersol - *Engineering Applications of correlation and spectral analysis*, John Wiley and Sons.

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.

Programma dell'insegnamento di

MISURE PER LA DIAGNOSTICA E L'AFFIDABILITÀ DEI SISTEMI INDUSTRIALI **AR0107**

Prof. Michele GASPARETTO

Programma di 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.

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.

Programma dell'insegnamento di

MODELLISTICA DELL'INQUINAMENTO AG0090

Prof. Giovanna FINZI

Programma di 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 pioggie acide, dell'ossido di carbonio. Analisi quantitativa degli effetti su flora, fauna e materiali.

4. Inquinamento idrico

Modellistica deH'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. L.a 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 di esame

L'esame consiste in una prova orale.

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.

Libri consigliati

G.Finzi: *Modelli per la previsione e la gestione della qualità dell'aria*, CUSL Editrice, 1988.

Rinaldi, Soncini-Sessa, Stephest, Tamura: *Modeling and Control of River Quality*, McGraw Hill, 1979.

Programma dell'insegnamento di ì

MODELLI URBANISTICI AJ0023

Prof. Giovanni RABINO

Programma di 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 di 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: Voi. 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: *Mathematica! methods in human geography and planning,* Wiley, Chichester, 1985.

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.

Programma dell'insegnamento di

MOTORI ALTERNATIVI **AK0027**

Prof. Giancarlo FERRARI

Programma di esame

1. Architettura generale dei motori a combustione interna, in relazione al campo di impiego

- Motori alternativi per autotrazione
- Motori rotativi: motore Wankel
- Turbina a gas per autotrazione
- Cenno ai motori non convenzionali: a vapore, Stirling, elettrico, ecc.
- Motori Diesel veloci
- Motori Diesel lenti

2. Processo di riempimento

- Analisi teorica del processo di riempimento di un motore a quattro tempi
- Rilievi sperimentali: influenza dei principali parametri motoristici
- Progetto della distribuzione e del gruppo condotto-valvola
- Lavaggio nei motori a due tempi
- Riempimento dei motori a due tempi
- Dimensionamento delle luci di passaggio per i fluidi ricavate nel cilindro.

3. Problemi particolari all'aspirazione ed allo scarico

- Rumorosità allo scarico
- Progetto di silenziatori: ad assorbimento, a riflessione, ad interferenza
- Filtraggio dell'aria aspirata
- Soppressione del rumore in aspirazione
- Disegno dei condotti in relazione al problema della uniforme distribuzione della miscela tra i cilindri.
- Comportamento fluidodinamico dei condotti di aspirazione e scarico: efFetto inerziale ed effetti d'onda.

4. Sovralimentazione

- Termodinamica del processo di sovralimentazione
- Prestazioni di un motore sovralimentato
- Metodi di sovralimentazione: con turbocompressore a gas di scarico, a comando meccanico, ecc..
- Accoppiamento: motore - gruppo di sovralimentazione.

5. Carburazione

- Combustibili: resistenza alla detonazione (N.O.); accendibilità (N.C.), volatilità, tensione di vapore, ecc.
- Caratteristiche richieste per la miscela
- Carburatore elementare, completo e dispositivo antismog
- Dimensionamento del carburatore: diametro diffusore, centratore, getto principale, getto aria freno, tubetto emulsionatore, ecc.

6. Iniezione

- Iniezione nei motori a ciclo Otto: iniezione diretta ed indiretta; gruppi di regolazione (iniezione elettronica)
- Iniezione nei motori a ciclo Diesel: sistemi d'iniezione
- Formazione ed evoluzione dello spray di combustibile
- Onde di pressione e fenomeni di cavitazione nell'apparato di iniezione
- Progetto dei principali componenti: pompa, iniettore, ecc.

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.

7. Combustione
- Accensione: candele; accensione convenzionale, elettronica, a scarica di condensatore.
- Influenza dei principali parametri motoristici sulla combustione del motore Otto e Diesel
- Combustione anomala: preaccensione, denotazione
- Disegno delle camere di combustione

8. Inquinamento atmosferico
- Sostanze nocive contenute nei gas di scarico
- Strumenti di misura e procedure di prova per il rilievo degli inquinanti
- Sistemi di controllo ed abbattimento delle emissioni.

9. **Scambi termici**
- Sollecitazioni termiche nei principali organi
- Calore ceduto al mezzo di raffreddameto
- Raffreddamento ad acqua; dimensionamento del radiatore, pompa, ventilatore
- Raffreddamento ad aria: calcolo della superficie alettata, progetto del compressore

10. Lubrificazione
- Analisi teorica delle perdite per attrito -
- Rilievo sperimentale del rendimento organico
- Lubrificanti: composizione e prove di comportamento
- Filtraggio, olio e consumo di lubrificante.

11. Rilievo sperimentale delle prestazioni del motore
- Curve caratteristiche del motore
- Influenza delle condizioni atmosferiche sulle prestazioni
- Consumi specifici - Prove sperimentali sui motori: apparecchiature e normativa

12. **Problemi di progetto e produzione dei principali organi**
- Materiali e processi tecnologici. Criteri di progettazione.
- Progetto e problemi di produzione di: stantuffo, spinotto, fasce elastiche, testata, canna cilindro, asse a camme, valvole, ecc.

Libri consigliati

L'allievo che desidera approfondire alcuni argomenti specifici, può consultare i seguenti testi:

C. F. Taylor: *The Internai Combustion Engine in Theory and Pratice* Voi. I e II MIT Press 1968
D. Giacosa: *Motori endotermici* Ed. Hoepli, Milano, 1986.
R. Brun: *Le moteur Diesel Industrie! et de Transport* - Ed. Tecnip - Paris 1971.
E. F. Obert: *Internai Combustion Engines and Air Pollution*, Intext Educational Publishers, New York.
- 1973.
R. S. Benson, N. D. Whitehouse: *Internai Combustion Engines*, Pergamon Press, Oxford. - 1983.
N. Watson, M. S. Janota: *Turbocharging thè Internai Combustion Engine*, Macmillan Publisher LTD.
- 1982.
K. Zinner: *Supercharging of Internai Combustion Engines*, Springer Verlag, Berlin. - 1978.
J. H. Horlock, D. E. Winterbone: *The Thermodynamics and Gas Dynamics of Internal-Combustion Engines*, Clarendon press, Oxford. - 1986.

Sono disponibili appunti dalle lezioni presso il Dipartimento di Energetica.

Programma dell'insegnamento di

MOTORI PER AEROMOBILI AK0014

Prof. Umberto GHEZZI

Programma di 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 applicatgivi, 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 incomprimibile: 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 poer 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.

Le precederne 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.

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. Studi 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 palettre, 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 aut 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. CLUP

Ingg. Carievaro, Gamma e Morini: *Esercitazioni di Motori per Aeromobili*, Ed. CLUP

Programma dell'insegnamento di

MOTORI PER MISSILI AK0015

Prof. Luigi DE LUCA

Programma di 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.
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.
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. **Aerotermochimica.** 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 e saranno inerenti ad alcuni problemi fondamentali.

Modalità di esame

L'esame consiste in un colloquio orale.

Libri consigliati

Appunti del corso di Motori per Missili, CLUP, Politecnico, Milano.
E. Gismondi: *Su di un metodo di calcolo dei grani di propellente a sezione cilindrica, cilindro-conica, conica*, CNPM presso l'Istituto di Macchine.
G.P. Sutton: *Rocket propulsion elements*, III Edizione. Ed. John Wiley and Sons, Ine., New York.
M. Barrère: *La propulsion par fusèes*, Ed. Sciences et Letters, S.A., Liège.

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.

M. Barrère, A. Jaumotte, B.F. de Veubeke and J. Vandenkerchkove: *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 combustione* AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics, Voi. 90, New York, 1984.

Programma dell'insegnamento di

OPTOELETTRONICA AG0096

Prof. Federico ZARAGA

Programma di esame

1. **Richiamo sui principi fondamentali dell'ottica.** Approssimazione dell'ottica geometrica. Formulazione dei fenomeni di diffrazione. Coerenza. Funzione di filtraggio di uno strumento ottico.

2. Generatori ottici. Sorgenti coerenti: richiamo sulle proprietà dei laser. Sorgenti incoerenti: lampade a incandescenza e a scarica, tubi fluorescenti, tubi a raggi catodici, diodi emettitori di luce (LED).

3. **Rivelatori ottici.** Rumore nei rivelatori: principali cause di rumore. Cenno al rumore prodotto dall'emissione spontanea nei laser. Fotomoltiplicatori. Rivelatori fotoconduttivi. Fotodiodi a semiconduttori. Fotodiodi a valanga. Rivelazione a eterodina ottica. Rivelatori termici: bolometri e rivelatori piroelettrici. Superficie fotosensibili e termosensibili.

4. **Mezzi di propagazione.** Assorbimento e dispersione in mezzi dielettrici isotropi. Mezzi anisotropi. Effetti magneto-ottico, elettro-ottico e acusto-ottico.

5. **Fibre ottiche.** Principi della propagazione di luce guidata. Proprietà ottiche delle fibre. Trasferimento di immagini e risoluzione di un fascio di fibre. Capacità di informazione. Applicazioni.

6. **Modulatori e deflettori.** Modulatori meccanici, acusto-ottici, elettro-ottici e magneto-ottici. Modulatori a iniezione di portatori. Deflettori meccanici, acusto-ottici ed elettro-ottici.

7. Applicazioni dell'Optoelettronica. Correlatori ottici. Complementi di olografia: capacità di immagazzinamento di informazioni; memorie olografiche. Accoppiatori ed altri componenti optoelettronici. Telecomunicazioni con fibre ottiche. Applicazioni alla metrologia: misure di distanze, spostamenti e velocità. Tecniche LIDAR e CARS per misure di inquinamento. Applicazioni biomediche. Tecniche di visualizzazione (display) con cristalli liquidi. 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.
RJ. Dean: *Optical Communication Systems*, Prentice-Hall 1984.

Le precedense d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa della Facoltà.

Il rispetto delle precedense d'esame costituisce condisione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedenze comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO AQ0012

Prof. Pierluigi BONTADINI

Programma di esame

U 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.
II processo decisorio 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.

Le precedenze d'esame sono affisse all'Albo della Presidenza della Facoltà.

11 rispetto delle precedenze d'esame costituisce condizione vincolante per la regolarità dell'esame: il mancato rispetto delle precedenze comporta automaticamente l'annullamento dell'esame.

Programma dell'insegnamento di

OTTICA AT0010

Prof. Paolo LAPORTA

Programma di esame

Ottica nel vuoto: approssimazione dell'ottica geometrica. Aberrazioni. Teoria scalare della diffrazione. Diffrazione di Fresnel e Fraunhofer. Il principio di Huyghens-Fresnel. Il potere risolutivo di una lente sottile. Trasformata di Fourier bidimensionale ottenuta mediante lenti sottili. Olografia. Elaborazione ottica dell'informazione.
Ottica nella materia: assorbimento e dispersione in mezzi dielettrici isotropi. Mezzi ansitropi. Effetto elettroottico e acusto-ottico. Ottica non-lineare. Modulatori acustoottici ed elettroottici.
Ottica guidata: modi di propagazione in fibre ottiche. Fibre monomodo e multimodo. Attenuazione e dispersione nelle fibre ottiche. Trasferimenti di immagini e risoluzione di un fascio di fibre. Guide d'onda planari e microottica.

Libri consigliati

J.W. Goodman: *Introduction to Fourier Optics* - McGraw-Hill
R.H. Pantell, H.E. Puthoff: *Foundamental of Quantum Electronics* - J. Wiley
A. Yariv: *Introduction to Optical Electronics* - Holt, Rinehart and Winston.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE AJ0008

Prof. Gianluigi SARTORIO

Programma di 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- **11 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. Direttrici di sviluppo: schema aperto, continuo e flessibile.

3- **11 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.

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.

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 pianivolumetrico 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.

Programma delPinsegnamento di

PONTI E GRANDI STRUTTURE AN0018

Prof. Francesco MARTINEZ Y CABRERÀ

Programma di 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 atorsionale 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, dittico 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.

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.

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 di 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*, voi. 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.

Programma dell'insegnamento di

PRINCIPI DI BIOINGEGNERIA AA0005

Prof. Francesco PINCIROLI

Programma di esame

1. Analisi delle decisioni cliniche
- Definizioni
- Decisioni in condizioni di incertezza
- Uso delle Probabilità Bayesiane
- Sorgenti dei valori di Probabilità
- Altre tecniche di attribuzione di un individuo a classi diagnostiche
- Studio di casi di decisioni cliniche.

2. Fondamenti per la gestione di basi di dati sanitari
- Le basi di dati (DB)
- Architettura di un sistema di gestione di basi di dati (DBMS)
- Modi di operare dei DBMS e loro classificazione
- Modelli di dati (gerarchico, reticolare, relazionale)
- Linguaggi di gestione dei dati (DML)
- Applicazioni cliniche dei DBMS (PDBMS)

3 - Costruzione ed uso di archivi di segnali biologici
- Definizioni e scopi
- Modalità di costruzione
- Tecniche di compressione dei dati
- Linguaggi per la gestione di archivi di tracciati
- Archivi annotati e loro uso per la validazione di algoritmi di riconoscimento automatico

4. Cartelle cliniche
- Ambiti di impiego, scopi clinici consolidati ed altri scopi possibili
- Classificazione ed organizzazione delle informazioni
- Operazioni e dispositivi per l'immagazzinamento delle informazioni
- Modalità e dispositivi per l'uso di databases sanitari
- Esempi di cartelle cliniche orientate all'automazione

5. Sistemi per l'aiuto alla diagnosi medica
- Classificazione dei sistemi
- Problematiche nella costruzione di un sistema esperto
- Esempi di sistemi esperti

6. Sistemi per l'insegnamento di temi medici con l'aiuto dell'elaboratore
- Classificazione dei sistemi
- Problematiche e tecnologie costruttive
- Organizzazione della base di conoscenze
- Modalità di interazione uomo-macchina
- Esempi di sistemi dedicati all'insegnamento di temi medici con l'elaboratore.

Esercitazioni

Durante l'anno si terranno seminari dedicati all'approfondimento ed all'ampliamento di argomenti pertinenti al corso e si effettueranno visite ad ospedali.

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 di esame

L'esame consiste in una prova orale e verte sugli argomenti del programma. Ove interessati gli allievi sono incoraggiati a concordare per tempo col docente specifiche attività volte sia ad approfondire precise parti del programma sia a svolgere, nell'ambito degli argomenti pertinenti al corso, un lavoro sperimentale. Alla discussione di tali attività verrà dedicato parte dell'esame orale.

Libri consigliati

Presso la biblioteca del Dipartimento di Elettronica sono disponibili per consultazione breve o riproduzione copie di testi, di altre pubblicazioni e di appunti relativi agli argomenti trattati nel corso.
Le pubblicazioni qui di seguito elencate costituiscono un riferimento e coprono larga parte del programma.

M.C. Weinstein, H.V. Fineberg: *L'analisi delle decisioni in medicina clinica,* Franco Angeli editore, Milano, 1984.

J.A. Reggia, S. Tuhrim eds.: *Computer-Assisted Medicai Decision Making,* voli. 1 and 2, Springer Verlag, New York, 1985.

W. Schneider, A.L. Sagvall Heineds.: *Computational Linguistic in Medicine,* North Holland Publishing Company, Amsterdam 1977.

O. Reinhoff, M.E. Abrams eds.: *The Computer in thè Doctors's Office,* North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1980.

D.E. Norris, C.E. Skilbeck, A.E. Hayward, D.M. Torpy: *Microcomputers in Clinical Practice,* John Wiley and Sons, Chicester, 1985.

C. J. McClung, J.A. Guerrieri, K.A. McClung jr.: *Microcomputers for Medicai Professionals,* John Wiley and Sons, New York, 1984.

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 thè Biomedicai Engineering Center for Clinical Instrumentation, MIT, Cambridge, BMEC-TR010, 1980

W.J. Clancey, E.H. Shortliffe eds.: *Readings in Medicai Artificial Intelligence: thè first decade,* Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1984.

D. A. Waterman: *A Guide to Expert Systems,* Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1986.

J.M. Heines: *Screen Designe Strategies for Computer-Assisted Instruction,* Digital Press, Bedford (Mass., USA), 1984.

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 thè Challenge: Informatics and Medicai Education,* North Holland Publishing Company, 1983.

Programma dell'insegnamento di

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AF0014

Prof. Mario DENTE

Programma di 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 - **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.

8 - **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 del seguente testo:

Bird, Stewart e Lightfoot: *Transport Phenomena.* Wiley 1960.

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.

Programma dell'insegnamento di

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II AF0031

Prof. Eliseo RANZI

Programma di 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

Durante le lezioni vengono illustrati alcuni esercizi per i quali è previsto lo sviluppo di programmi di calcolo da parte degli allievi.

Modalità di 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.

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.

Programma delPinsegnamento di

PROBLEMI SPECIALI DI MECCANICA AZ0003

Prof. Guido RUGGIERI

Programma di esame

1) **Meccanismi per macchine automatiche.** - **I.I** Classificazione dei vari tipi di movimento richiesti nelle macchine. Problemi dinamici nella trasformazione del moto uniforme in altri tipi di movimento. 1.2 Sintesi di meccanismi per moto continuo alternativo. 1.3 Sintesi di meccanismi per moto continuo unidirezionale. 1.4 Sintesi di meccanismi per moto intermittente alternativo. 1.5 Sintesi di meccanismi per moto intermittente unidirezionale. 1.6 Meccanismi per moti a passo di pellegrino.

2) **Problemi sulla trasmissione del movimento.** - 2.1 Caratteristiche funzionali dei principali meccanismi per la trasmissione del movimento. 2.2 Caratteristiche funzionali degli ingranaggi. Correzioni speciali. 2.3 Dispositivi per variare il rapporto di trasmissione. 2.4 Composizione e scomposizione di movimenti (meccanismi a più gradi di libertà, differenziali, trasmissione del moto fra assi mobili, ecc.) 2.5 Problemi dinamici nella trasmissione del movimento.

3) **L'elaboratore elettronico nello studio dei meccanismi.** - 3.1 Procedimenti per l'analisi automatica dei meccanismi. Esempi di applicazione. 3.2 Problemi risolubili per interazione. Esempi di applicazione. 3.3 Richiami sull'impiego dei numeri complessi e dei metodi matriciali in cinematica. 3.4 Elementi di cinematica analitica e relativi metodi numerici. 3.5 Elementi di dinamica analitica e relativi metodi numerici. 3.6 Unità periferiche non-standard per la progettazione assistita dei meccanismi.

Libri consigliati

- Dispense del corso (con le relative indicazioni bibliografiche).
- P.L. Magnani, G. Ruggieri: *Meccanismi per macchine automatiche*, UTET.

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.

Programma dell'insegnamento di
PROCESSI ELETTROCHIMICI AE0014
Prof. Bruno MAZZA

Programma di 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 Tee et Doc, Paris 1984.
D. Pletcher: *Industriai Electrochemistry.* Chapman and Hall, London 1984.
F. Hine: *Electrode Processes and Electrochemical Engineering.* Plenum Press, New York 1985.
E. Heitz, G. Kreysa: *Principles of Electrochemical Engineering.* VCH, Weinheim 1986.

Per l'eventuale approfondimento di alcuni argomenti saranno consigliati a lezione testi o riviste specializzate disponibili presso la biblioteca del Dipartimento.

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.

Programma dell'insegnamento di

PROCESSI PER LA RIDUZIONE DEGLI INQUINANTI NELL'INDUSTRIA CHIMICA (sem.) AF0027

Prof. Paolo CENTOLA

Programma di esame

Cause di inquinamento nell'industria chimica.
Parametri convenzionali di inquinamento. Domanda di ossigeno chimico (COD) e biologico (BOD). Solidi sospesi (S.S.), solidi sospesi volatili (WS), grassi estraibili, tensioattivi (LABS e ABS), metalli pesanti, colore, odore, temperatura, ph. Analisi di individui chimici particolari (SO|2, NO|x, CO ecc.). Strumentazione di controllo.
Normatice legislative sulle acque di scarico, sugli effluenti gassosi e sui rifiuti solidi provenienti da industrie chimiche.
Schemi generali di processo per depurazione delle acque. Equalizzazione, grigliatura, sedimentazione, filtri biologici, flocculazione, trattamenti terziari.
Schemi generali di processo per eliminazioni solidi e fanghi. Incenerimento, pirolisi, discariche controllati, digestione anaerobica.
Schemi generali di processo per eliminazioni effluenti gassosi. Scrubber, cicloni, depoiveratori, filtri elettrostatici e a maniche.
Problemi particolari di inquinamento su alcuni processi dell'industria chimica. Strategia di scelta di processo e di unità operative per la minimizzazione dell'inquinamento.
Processi: cloro-soda, metanolo, formaldeide, acetaldeide, acrilonitrile, etilbenzene, isoprene, cloro derivati organici, fenolo, stirene, urea, ossidazione di aromatici. Per ognuno di questi processi verranno individuate le fonti di inquinamento e di rischio ambientale e verranno proposte le soluzioni di processo e di unità operative atte a contenere gli inquinamenti.

Libri consigliati

Hr. Jones - *Enviromental Control in thè Organica and Petrochemical Industries* - Ed. Noyes Data Co.
Sittig M. - *Airs Pollution Control* - Ed. Noyes Data Co.
Metcalf and Eddij Ine. *Wastewater engineering: treatment, disposai, rense*, ed. McGraw Hill Book Co.
Degrèmont: *Water treatment handbook*, ed. Bailey broth. and Swinfen Ltd.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

PROGETTI DI STRUTTURE AN0020

(per allievi civili non strutturisti)

Prof. Franco MOLA

Programma di esame

1. Misura probabilistica della sicurezza. - Il problema fondamentale della misura; probabilità di rovina e suo calcolo. Il Metodo semiprobabilistico agli stati limite. Resistenze ed azioni caratteristiche. Resistenze ed azioni di progetto, valori dei coefficienti *gamma* e gradualità di applicazione. Formule di combinazione delle azioni.

2. **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, telaio, intercapedini, fosse luce). Fondazioni per strutture metalliche, per strutture scale-ascensori. Plattabande su pali e travi di collegamento.

3. **Strutture in c.a. tradizionali.** - Strutture di edifici civili (solai, travi, scale-ascensori). Strutture particolari di edifici civili (arretrati, sbalzi, travi Vierendeel, travi alte, controventi). Travi continue, telai, archi, volte. Operazioni di getto, cura e maturazione del calcestruzzo. Disarmo e collaudo.

4. **Strutture particolari in c.a.** - Strutture per contenitori (muri paraterra, serbatoi, sili). Strutture formate da lastre di rivoluzione: richiami della teoria membranale e flessionale. Strutture di serbatoi interrati e pensili. Effetti delle deformazioni differite e delle variazioni termiche nelle strutture dei serbatoi. Voltine scatolari, elementi a sezione aperta di piccolo spessore.

5. **Strutture in c.a.p.** - Principi fondamentali di progettazione. Scelta del tracciato di precompressione. Strutture isostatiche ed iperstatiche: tracciati concordanti. Perdite di precompressione per viscosità, ritiro e rilassamento. Verifiche in esercizio e a rottura, deformazioni. Travi in c.a.p. con sezione mista o a conci. Precompressione nelle pareti di serbatoi cilindrici e nei tubi delle condotte.

6. **Problemi di progettazione per le strutture prefabbricate.** - Modulazione, tolleranze, giunti di dilatazione. Strutture di solaio, stadi di funzionamento, unioni, effetti della viscosità. Strutture verticali, stadi di funzionamento, unioni. Effetti termoigrometrici nei pannelli di facciata. Strutture di controvento, mensole semplici e composte. Principi di progettazione di elementi ed unioni di strutture mono-dimensionali.

7. **Stato limite ultimo per tensioni normali** (N,M). - Ipotesi fondamentali. Campi di rottura, duttilità delle sezioni. Flessione semplice e retta. Flessione composta retta. Domini resistenti. Verifica della sicurezza.

8. **Stato limite ultimo per taglio** (V). - Comportamento di travi in presenza del taglio. Traliccio di Mòrsch modificato. Meccanismi resistenti a taglio. Calcolo allo stato ultimo, elementi senza e con armatura trasversale (taglio-trazione, taglio-compressione). Regola della traslazione. Disposizioni costruttive.

9. **Stato limite ultimo per torsione** (T). - Comportamento delle travi a torsione. Teoria elastica e plastica. Teoria della flessione obliqua. Metodo del traliccio. Metodo della trave cava equivalente (torsione-trazione, torsione-compressione). Torsione non uniforme. Disposizioni costruttive.

10. **Effetti della viscosità e del ritiro.** - Leggi costitutive elasto-viscose; modelli pratici di calcolo. Strutture omogenee e non omogenee (azioni di natura statica, geometrica, cambiamento dello schema statico). Teoremi fondamentali della viscosità lineare. Interazione fra il ritiro e la viscosità.

11. **Stati limite di fessurazione.** - Decompressione (D), prima fessurazione (C|r), apertura controllata (W). Valori ammissibili (w|r) e di calcolo (w|s). Ampiezza ed interasse delle fessure. Contributo irrigidente del calcestruzzo. Modelli di calcolo. Disposizioni costruttive.

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.

12. **Stato limite di deformazione.** - Valori ammissibili (v|r) e valori di calcolo (v|s). Diagrammi momenti-curvature. Effetti della viscosità. Deformazioni per taglio e torsione. Disposizioni costruttive.

13. **Stato limite ultimo di instabilità.** - Diagrammi momenti-curvature-sforzi normali. Effetti del II ordine. Metodo generale, metodo della colonna modello, metodo P-|, metodo dell'equilibrio. Effetti della viscosità.

14. **Disposizioni costruttive per il c.a. ordinario.** - Principi generali. Distanziamenti, ancoraggi, unioni, piegature, uncini. Spinte a vuoto, reti di armatura. Elementi snelli. Elementi tozzi. Cenni su problemi di riparazione e di protezione.

Esercitazioni

Durante le ore di esercitazione, gli allievi devono redigere il progetto delle strutture della costruzione prescelta, sotto la guida del docente del corso.

Modalità di esame

Per l'ammissione alla prova di esame, gli allievi devono avere completato il progetto assegnato durante le esercitazioni.

L'esame consiste nella discussione di tale progetto 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 e parte seconda), Masson Italia Editori, Milano 1978, 1985.

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.

Durante il corso verranno date altre indicazioni bibliografiche.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

PROGETTI DI STRUTTURE AN0020

(per allievi civili strutturisti)

Prof. Antonio MIGLIACCI

Programma di 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 Mòrsch 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|ti, V|u in funzione di M/|Ud; 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. **Stati limite di fessurazione.** - Misura della durabilità. Stati limite di fessurazione: decompressione (D), prima fessurazione (Cr), apertura controllata (W). Valori ammissibili (ltf|r) e valori di calcolo (u>|,s), valore centrale (w|sm) e trattile superiore (w|,sfc). Calcolo di w|37Ti nei diversi casi di fessurazione. Disposizioni costruttive.

6. **Stato limite di deformazione.** - Valori ammissibili (V|r) e valori di calcolo (V|s). 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 deH'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 suole di fondazione, i plinti e le piattabande su pali. Le travi parete e le mensole tozze; selle Gerber. Disposizioni standard. Rinforzi e riparazioni.

Le precederne 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.

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 ciminiere. Voltine scatolari 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 scatolari 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 di 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.

Programma dell'insegnamento di

PROGETTO DI CIRCUITI ELETTRONICI PER APPLICAZIONI NUCLEARI AV0025

Prof. Vincenzo VAROLI

Programma di esame

1) L'amplificatore operazionale: definizione classificazione tecnologie costruttive.
2) Limiti degli amplificatori operazionali reali a frequenza zero: guadagno finito, corrente ed impedenza d'ingresso, sbilanciamento di tensione, resistenza d'uscita, reiezione di modo comune.
3) Comportamento dinamico degli amplificatori operazionali per piccoli e grandi segnali, funzione di trasferimento, stabilità ad anello chiuso, metodi di compensazione, prodotto guadagno banda passante, limiti alla velocità di risposta per grandi segnali (slew rate e massima frequenza indistorta).
4) Filtri analogici e digitali; risposta ideale e risposte fisicamente realizzabili, metodi di approssimazione trasformazioni di frequenza filtri "all-pass" trasformata Z, filtri IIR e FIR.
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'impedenze filtri attivi 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 nonlinearità integrale e differenziale teorema di campionamento, aliasing. Principali tecniche di conversione A/D e D/A: a rampa semplice, a doppia rampa, ad approssimazioni successive, a flash, convertitori tensione frequenza.
7) Elettronica nucleare: preamplificatori di carica a basso rumore, amplificatori formatori, metodi di calcolo del rapporto segnale-rumore, filtro ottimo allungatori di picco, circuito di ripristino della linea di base.
8) Alimentatori lineari ed a commutazione; principali configurazioni, metodi di progetto, analisi della stabilità.

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. Blinchikoff, A.I. Zverev: *Filtering in thè Time and Frequency Domain*, John Wiley & Sons 1976.
N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins: *Power Electronics: Converters, Applications, Design*, John Wiley *Sz* Sons 1989.
J.A. Cadzow, H.R. Martens: *Discrete-time and computer control systems*, Prentice-Hall INC 1970.
A.I. Zverev: *Handbook of Filter Synthesys*, John Wiley and Sons.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

PROGETTO DI MACCHINE UTENSILI AR0019

Prof. Maso GALBARINI

Programma di 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=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 rigidezza infinita. Applicazioni alle coppie cinematiche fondamentali (prismatica, rotoidale, 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, rigidezze, 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.

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 di 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 di progetto di macchine utensili tenute dal Prof. M. Galbarini - Dispense reperibili alle esercitazioni.

Per consultazione si rimanda a:

N.S. Atscherkane: *Les machines-outils travaillant par enlèvement de metal.* La Sociètè de Publication Mècaniques - 15, Rue Bleue, Paris (9) - R.C. Seine 57 B 1378

Max Kronenberg: *Grundzuege der Zerspannungslehre.* Springer Verlag.

G.F. Micheletti: *Tecnol. Meccanica - Il taglio dei metalli.* UTET

R. Chiappulini: *Comandi e servomeccanismi idraulici delle macchine utensili.* ETAS KOMPASS

F. Koeningsberger: *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 Ine., 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.* Voi. 1 and 2 - Revell and George Limited - Manchester M46JD.

Manfred Weck: *Werkzeugmaschinen.* VDI Verlag.

Programma dell'insegnamento di

PROGETTO DI STRUTTURE MECCANICHE

(Affidabilità strutturale) AR0023

Prof. Enrico BAZZARO

Programma di esame

1. ANALISI AFFIDABILISTICA DELLE STRUTTURE.

1.1. Analisi affidabilistica.

Concetti generali sulla affidabilità: affidabilità funzionale ed affidabilità strutturale. Descrizione in termini probabilistici dei sistemi meccanici: variabili operative: storia del sistema e sua descrizione: prestazioni richieste; storia convenzionale del sistema; equazione costitutiva della operazione generica, convenzionalmente definita; spettro delle situazioni operative in termini storici e previsionali; durata e vita convenzionali della struttura. Definizione dei dati di ingresso nel processo di progettazione.

1.2. Analisi probabilistica del cimento meccanico.

Il cedimento per fenomeni meccanici: modelli matematici, indici di pericolosità locale; modelli di collasso strutturale; probabilità di guasto connessi con cedimenti alla scala locale e con fenomeni di collasso strutturale; sistemi semplici e complessi: cenno alla costruzione di alberi di guasto.

1.3. Comportamento meccanico dei materiali strutturali.

Acciai di uso più frequente: altri materiali strutturali meccanici. Descrizione, trattamenti termici, lavorazioni meccaniche, criteri di impiego. Caratteristiche e proprietà meccaniche in termini deterministici e probabilistici.

1.4. Metodi per l'analisi affidabilistica.

Calcolo dell'affidabilità strutturale dei componenti delle strutture meccaniche: calcolo della affidabilità di sistemi. Comparazione tra il calcolo deterministico ed il calcolo probabilistico delle strutture meccaniche. Calcolo semiprobabilistico e grado di sicurezza in termini affidabilistici.

1.5. L'affidabilità e la sicurezza.

Cenni sulla legislazione antinfortunistica; la sicurezza come elemento del processo progettuale.

2. PROBLEMI SPECIALI NEL PROGETTO DELLE STRUTTURE MECCANICHE.

2.1. Complementi alla teoria delle travi elastiche, sollecitate staticamente e dinamicamente.

2.2. Le travature reticolari: richiamo dei principali metodi elementari di calcolo; impostazione matriciale e metodo degli elementi finiti.

2.3. Le lastre piane e cilindriche; le lastre assialsimmetriche: impostazione di metodi elementari e cenno su metodi di migliore approssimazione.

2.4. Problemi elementari di termoelasticità applicata alle strutture meccaniche.

2.5. Il comportamento anelastico delle strutture meccaniche e dei loro componenti. Limit design: concetti e applicazioni.

2.6. Cenno sui metodi più avanzati di calcolo delle strutture meccaniche.

2.7. Impiego delle funi metalliche nelle strutture e nelle costruzioni meccaniche.

3. PROBLEMI APPLICATIVI.

Verrà proposto agli allievi del corso lo studio di un certo numero di strutture meccaniche particolarmente significative sotto il profilo progettistico e che formeranno oggetto dei progetti assegnati individualmente o a gruppi durante l'anno.

I vari temi, che saranno scelti di comune accordo tra allievi e docente, potranno vertere su argomenti di tipo prevalentemente progettuale e/o svilupparsi secondo analisi critiche di soluzioni basate su procedure tradizionali di calcolo; è anche prevista, compatibilmente con le disponibilità delle strutture dipartimentali, la possibilità di intraprendere studi comprendenti sperimentazione di laboratorio, su argomenti attinenti il corso.

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 di esame

Per ottenere l'ammissione, l'allievo deve aver svolto esaurientemente il progetto od il tema assegnatigli •

L'esame consiste nella discussione di tale elaborato.

Libri consigliati

Verranno distribuiti appunti con la trattazione degli argomenti svolti e indicati di volta in volta i principali riferimenti bibliografici.

È pure consigliata la consultazione delle dispense dei diversi corsi propedeutici e dei seguenti testi:

O.M. Blodgett: *Design ofwelded structures* - The J.F. Lincoln: Are Welding Foundation - Cleveland (USA), 1972.

J.A. Collins: *Failure of materials in mechanical design* - ed. Wiley, New York, 1981.

E.B. Haugen: *Probabiiistic mechanical design* - ed. Wiley, New York, 1980.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

PROGRAMMAZIONE DEI CALCOLATORI ELETTRONICI AG0053

ProfF. Dino MANDRIOLI, Pierluigi DELLA VIGNA

Programma di esame

1. Che cose l'informatica. Breve panoramica storica.
2. Rappresentazione ed elaborazione dell'informazione. Il concetto di algoritmo.
3. Il calcolatore come esecutore meccanico di algoritmi. Un primo, semplice schema di calcolatore: la macchina di von Neumann.
4. La descrizione degli algoritmi in un linguaggio più adatto di quello della macchina di von Neumann. Lo " pseudoco dice" Pascal-like.
5. Primi elementi e modalità d'uso di macchine reali. Sistemi operativi editors, compilatori. Costruzione ed esecuzione di alcuni programmi in MODULA-2 su un calcolatore reale.
6. Gli aspetti fondamentali della programmazione, con riferimento al MODULA-2.

6.1. Il linguaggio di programmazione e le esigenze di astrazione.

6.2. L'astrazione sui dati mediante la dichiarazione dei tipi di dato.

6.3. I meccanismi strutturati per il controllo della sequenza di esecuzione delle operazioni in un programma.

6.4. 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.

6.5. La realizzazione di tipo di dato astratti mediante i moduli. Compilazione separata dei moduli e costruzione di programmi di grandi dimensioni.

7. Gli strumenti di produttività per l'utente finale. Spreadsheet o "fogli elettronici" con particolare riferimento a LOTUS 1-2-3; database: - con particolare riferimento a dBase III; strumenti integrati - con particolare riferimento a Framework.
8. Techniche di programmazione.

8.1. La struttura e blocchi dei programmi e le regole di visibilità.

8.2. Programmazione ricorsiva. Il concetto di ricorsione. L'uso della ricorsione nelle chiamate di sottoprogrammi. Cenni all'implementazione dei meccanismi ricorsivi.

8.3. Strutture dati dinamiche. Puntatori. Liste ed altre strutture basate sull'uso dei puntatori in particolare, alberi. Programmazione ricorsiva ed uso delle strutture dati dinamiche.

8.4. Valutazione della complessità dei programmi. Fattori di costo di un prodotto software. L'efficienza esecutiva e la sua valutazione.

9. I vari settori applicativi dell'informatica e le loro prospettive.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni in aula dedicate all'illustrazione dei concetti esposti a lezione ed esercitazioni sperimentali al calcolatore, rivolte all'apprendimento pratico sia del linguaggio MODULA-2 che degli strumenti di produttività.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova scritta, della preparazione di un elaborato, e di una prova orale. L'elaborato è a completa scelta dell'allievo, sia per quanto riguarda l'argomento che per quanto concerne lo strumento (HW e SW) adoperato. L'orale concerne la discussione della prova scritta e dell'elaborato integrata da domande di cultura generale.

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.

Libri consigliati

D. Mandrioli, *Elementi di Informatica*, McGraw-Hill Italiana, Milano, 1988.
P. Della Vigna, C. Ghezzi, R. Morpurgo, *Fondamenti di Informatica*, CLUP, Milano, 1980.
P. Della Vigna, F. Mercalli, N. Scarabottolo: *TIP, Ti invito a Programmare, Un ambiente didattico integrato basato su Modula-2*, McGraw-Hill Italiana, Milano, 1989.

Testi di consultazione

S. Alagio, M. Arbio, *The Design of Well-Structured and Correct Programs*, Springer-Verlag, New York, 1978.
F. Luccio, *Progetto ed Analisi di Algoritmi*, Boringhieri, 1982.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

PROGRAMMAZIONE DEI CALCOLATORI ELETTRONICI AG0053

Prof. Rosamaria MORPURGO MARENA

Programma di 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) Cenni alla struttura e all'impiego di un sistema di calcolo.
4) Progetto di programmi con l'utilizzo di un linguaggio didattico (PASCAL) 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.
5) Struttura di un programma: organizzazione a sottoprogrammi esterni e interni.
6) Metodologie di progetto dei programmi: sviluppo "passo-passo" e progetto modulare.
7) Rappresentazione dei programmi durante l'esecuzione. Allocazione statica e dinamica della memoria. Trasmissione dei parametri fra differenti unità di un programma: modalità di trasmissione per valore e per indirizzo. Sottoprogrammi ricorsivi.
8) progetto di strutture di dati. Tabelle e liste non sequenziali. Rappresentazione di alberi e grafi.
9) 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.
10) Esame critico dei più noti linguaggi di programmazione: FORTRAN, COBOL, PASCAL.

Esercitazioni

Non esiste una separazione rigida fra lezioni ed esercitazioni, poiché gli argomenti del corso vengono spesso introdotti e motivati mediante esempi di programmi. È prevista e stimolata una notevole attività sperimentale su calcolatore.

Modalità di 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

P. Della Vigna, C. Ghezzi, R. Morpurgo *Fondamenti di Informatica,* CLUP Ed., Milano 1980.
A. Celentano *Fortran 77,* CLUP Ed., Milano 1983.
A. Celentano *Note di documentazione progetto e verifica dei programmi,* CLUP Ed., Milano 1981.
G. Cioni, S. Crespi Reghizzi, M. Moscarini *II Pascal,* CLUP Ed., Milano 1981.
A. Celentano *II progetto di un programma,* CLUP Ed., Milano 1981.
Manuali di programmazione FORTRAN e PASCAL per i calcolatori UNIVAC serie 1100, CLUP Ed.
M. Gini *Introduzione al sistema operativo EXEC8,* Ed. CLUP, Milano 1982.
W. Findlay, D.A. Watt *Introduzione al PASCAL,* ETAS Libri Ed., 1983.

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.

Programma dell'insegnamento di

PROGRAMMAZIONE DELLA SPERIMENTAZIONE INDUSTRIALE CHIMICA AF0033

Prof. Enrico TRONCONI

Programma di esame

Vengono studiati i metodi per la programmazione della sperimentazione e l'analisi dei dati nelle fasi di ricerca, sviluppo di processo, conduzione di impianto e gestione della produzione nell'industria chimica.

Il corso si articola in quattro parti.

1) Fondamenti di statistica. Distribuzioni empiriche; teoria della probabilità; distribuzioni di variabili casuali; stima puntuale e per intervalli fiduciari; inferenza statistica.

2) Regressione e stima dei parametri. Modelli lineari con una variabile indipendente; modelli lineari con più variabili indipendenti; modelli non lineari.

3) Programmi di prove. Programmi per confrontare due trattamenti; programmi per confrontare più di due trattamenti; programmi fattoriali, completi e frazionati; programmi sequenziali di prove per descriminare tra modelli rivali e per migliorare la precisione di stima dei parametri.

4) Sperimentazione e modellazione. Cenni sulla modellazione dei sistemi sperimentali, con esempi riferiti a problematiche dell'Ingegneria Chimica. Il modello come ausilio per la sperimentazione: l'analisi di regime, l'analisi dimensionale.

Esercitazioni

Sono previste due ore settimanali. Il corso ha un carattere prevalentemente applicativo e pertanto le esercitazioni sono parte integrante del medesimo. Esse prevedono l'elaborazione di dati sperimentali ottenuti nelle varie fasi dello sviluppo di un processo chimico.

Libri consigliati

P. Forzatti, E. Tronconi: *"Programmazione della sperimentazione industriale chimica*", CLUP, 1989.

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.

Programma dell'insegnamento di

PROPULSORI AEROSPAZIALI AK0020

Prof. Adolfo REGGIORI

Programma di esame

1. **Caratteristiche generali dei vari propulsori:** turbogetti, autoreattori, propulsori nucleari, propulsori elettrici, spinta, impulso specifico, rendimenti.
2. **Richiami di gasdinamica:** flussi monodimensionali con attriti e con somministrazione di calore; onde d'urto normali e oblique; onde d'urto coniche; flussi isentropici bidimensionali.
3. **Prese d'aria:** prese subsoniche e supersoniche a compressione interna ed esterna. Problemi di avviamento e di stabilità. Prese d'aria a geometria variabile.
4. **Combustione subsonica e supersonica.** Flussi con reazioni chimiche congelate o in equilibrio. Camere di combustione, limiti di stabilità, calcolo della temperatura di fiamma.
5. **Ugelli di scarico:** caratteristiche di funzionamento degli ugelli convergenti - divergenti; ugelli a spina. Metodo delle caratteristiche per flussi bidimensionali e assialsimmetrici.
6. **Effetti dello strato limite:** metodi di calcolo per strato limite laminare e turbolento. Trasmissione del calore; analogia di Reynolds; temperatura di recupero.
7. **Tipi di materiali in uso nei propulsori.**

Libri consigliati

Dispense delle lezioni

Per consultazione

Hill-Peterson: *Mechanics and thermodynamics of propulsion* Addison-Wesley, 1965 Princeton Series on "High Speed Aerodynamics and Jet Propulsion". Voi. VII e voi. XII.

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.

Programma delPinsegnamento di

PROTEZIONE E SICUREZZA NEGLI IMPIANTI NUCLEARI AV0012

Prof. Sergio TERRANI

Programma di esame

I - **Problemi di radioprotezione connessi con l'impiego su larga scala della radiazione.** Gli impianti nucleari. Gli impianti nucleari per la produzione di energia: a fissione, a fusione. Problemi di sicurezza negli impianti nucleari. Problemi ecologici connessi con gli impianti nucleari. Grandezze e unità di misura in RP. Modalità di irraggiamento dell'individuo - irraggiamento interno ed esterno. Concetto di massima dose ammissibile (MDA). Uomo standard. Definizione dei valori delle MCA. Norme vigenti per la radioprotezione in Italia. Nuovi principi di R.P., la raccomandazione 26 dell'ICRP e sue conseguenze sulle direttive CEE.

II - **Dosimetria.** Dosimetria ionometrica - Principio di Bragg. Dosimetria calorimetrica. Dosimetria fotografica. Dosimetria a stato solido. Monitori in generale: loro caratteristiche e limiti. Monitori personali. Monitori d'area. Contaminazione superficiale e sue misure. Misura della radioattività dell'acqua, degli alimenti etc. Misura della contaminazione interna. Monitori fissi. Monitori speciali. Calibrazione dei monitori.

Metodi particolari di dosimetria per condizioni eccezionali.

Ili - **Problemi di protezione nell'esercizio degli impianti nucleari.** Radioprotezione operativa. Descrizione di apparecchiature di protezione per laboratori a basse, medie e alte attività.

Sistemi di protezione del personale. Operazioni di decontaminazione. Il ciclo del rifiuto radioattivo per solidi, liquidi, aeriformi. La sicurezza nucleare. Cenni di criteri per stabilire il rischio connesso con un impianto nucleare. I siti nucleari. Le salvaguardie nucleari. La protezione fisica degli impianti. Piani di emergenza nucleare.

IV - **Problemi di protezione nello smantellamento degli impianti nucleari.**

Esercitazioni pratiche

Calibrazione di monitori personali. Calibrazione di dosimetri tascabili. Dipendenza dalla energia di monitori a camera di ionizzazione. Calibrazione di dosimetri fotografici. Misura di radioattività dell'aria. Misura di radioattività dell'acqua (cinque esercitazioni a scelta del docente).

Libri consigliati

F.H. Attix, W.C. Roesch: *Radiation Dosimetry,* Voi. I, Academic Press, 1968
F.H. Attix, W.C. Roesch: *Radiation Dosimetry,* Voi. II, Academic Press, 1966
F.H. Attix, W.C. Roesch: *Radiation Dosimetry,* Voi. Ili, Academic Press, 1969
J.C. Collins: *Radioactive Wastes, their Treatment and Disposai,* E.l F.N. Span Ltd, London 1960
T. Jager: *Principles of Radiation Protection Engineering.* MacGraw-Hill, 1965.
H. Cember: *Introduction to health physics.* Pergamon Press, London 1969.
J. Shapiro: *Radiation Protection.* Harward University Press, Cambridge, Mass. 1972
H. Kiefer, R. Maushart: *Radiation Protection Measurement.* Pergamon Press, 1972.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

RADIOCHIMICA E CHIMICA DELLE RADIAZIONI AV0013

(per allievi chimici e nucleari)

Prof. Ennio LAZZARINI

Programma di 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~,* òeta^", 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. Cenno 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 autodiffuzione, reazioni di csambio 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 propeduetici per le esercitazioni pratiche di laboratorio svolte nel Corso di radiochimica. Questi argomenti sono illustrati per essi sempre in sede di dette esercitazioni pratiche.

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.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

RADIOTECNICA AG0062

(Elettronica applicata III)

Prof. Sergio BROFFERIO

Programma d'esame

1. **Elementi di circuiti digitali per le comunicazioni:** Richiami sulle funzioni logiche elementari realizzate con CMOS. Effetti delPintegrazione a larga scala. Limiti di funzionamento. Problemi di sincronizzazione. Unità funzionali fondamentali: memorie unità-logico aritmetiche, moltiplicatori digitali.
2. **Sistemi per la eleborazione numerica dei segnali:** Circuiti di campionamento, convertitori D/A e A/D. Processori per segnali, architetture e prestazioni.
3. **Elementi di circuiti analogici per le comunicazioni:** Amplificatori ad alta frequenza, modelli a parametri Y, stabilizzazione e neutralizzazione. Amplificatori a basso rumore. Moltiplicatori analogici.
4. **Modulatori e Demodulatori:** Nodulatori e Demodulatori di ampiezza e d'angolo. Strutture circuitali fondamentali.
5. **Tecniche e circuiti per la trasmissione di segnali numerici:** Trasmissione sincrona ed asincrona. Tecniche di modulazione. Estrazione del segnale di temporizzazione con filtri LC od anelli ad aggancio di fase. Distorsione degli impulsi. Metodi per la sagomatura dello spettro e degli impulsi.
6. **Circuiti per la trasmissione e la ricezione di segnali su fibre ottiche:** Modelli dei trasduttori. Caratterizzazione del rumore. Trasmettitori. Ricevitori.

Esercitazioni

Vi saranno esercitazioni numeriche settimanali.

Modalità di esame

L'esame può essere svolto con due prove scritte estemporanee oppure con una prova scritta che, a seconda del risultato, può o deve essere completata da una prova orale o da un eleborato numerico o sperimentale.

Libri consigliati

Paul R. Gray, Robert G. Meyer: *Circuiti Integrati analogici*, Ed. MacGrow-Hill. (ed. Italiana).
Kenneth K. Clarke, Donald T. Hess: *Communication circuits: Analysis and Design*, Ed. Addison-Wesley Pubblish. Co.
Sergio Brofferio, Vincenzo Daniele: *CMOS Circuiti e Sistemi Digitali a Grande Integrazione*, Ed. Clup.

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.

Programma dell'insegnamento di

REGIME E PROTEZIONE DEI LITORALI AU0011

Prof. Leopoldo FRANCO

Programma di esame

A. **Oceanografia applicata:**

Nozioni di oceanografia. Morfologia del fondo marino; caratteristiche fisiche dell'acqua di mare; livello marino; mari ed oceani.

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; sovralzo 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; 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. Pannelli trasverali; 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 pianimetrici 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 di 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, voli. I, II;

Delft University, *Coastal Engineering* voli. 1, 2, 3, 1986.

Le precedente 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.

Programma dell'insegnamento di

REGOLAZIONE DELLE MACCHINE E DEGLI IMPIANTI MECCANICI

(Meccanica degli azionamenti) AZ0004

Prof. Guido RUGGIERI

Programma di 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.

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.

Programma dell'insegnamento di

RETI DI TELECOMUNICAZIONE **AG0068**

Prof. Luigi FRATTA

Programma di esame

1. Introduzione

Motivazioni dell'utilizzo delle reti (es. Rete telefonica - Rete di calcolatori). Ripartizione di risorse - Effetto dei concentratori. Funzioni di una rete di telecomunicazioni; correlazione fra le varie funzioni. Tipo di traffico. Problemi di progetto.

2. Teoria delle File di Attesa

Richiami sui processi di Markow. Caratteristiche del traffico: Poisson, Esponenziale; Processi di nascita e morte; Proprietà traffico telefonico; Traffico "bursty"; Analisi sistemi di file di attesa: Sistemi a perdita, Sistemi con attesa senza perdita. Accenni a sistemi di code con priorità. Introduzione alle reti di code. Sistemi a trabocco. Formula di Erlang per la perdita.

3. Grafi.

Richiami di teoria dei grafi.

Algoritmi su grafi: Alberi, Cammini, Tagli. Problemi di flusso: one commodity, multicommodity.

4. Reti geografiche a commutazione di pacchetto

Caratteristiche delle commutazioni di pacchetto. Modello centro di smistamento (commutatore). Analisi rete store-and forward. Calcolo ritardo. Protocolli per trasmissione dati: Datagram - Virtual Circuit: Struttura ed elementi di controllo; Tecniche di dimensionamento: assegnamento capacità, assegnamento flussi.

5. Architettura a livelli dei protocolli di comunicazione

Modello di riferimento OSI.

Analisi prestazioni protocolli di livello 2: Stop-and-wait, Go-Back-N, HDLC.

Analisi prestazioni protocolli di livello 3: meccanismo di controllo a finestra.

Tecniche di instradamento: deterministico, dinamico, centralizzato, distribuito.

6. Accesso multiplo in reti a diffusione

Problema della connettività in una rete. Reti "broadcast" geografiche: Utilizzo del satellite. Protocolli di accesso al canale comune; valutazione delle loro prestazioni con riferimento al tipo di traffico. Reti " broadcast" locali: Via radio, onde guidate; Sistemi ad anello; Tecniche polling; Tecniche a contesa su bus. Confronto fra protocolli standards; Protocolli per reti ad elevata velocità.

7. Integrazione voce—dati

- Voce a commutazione di pacchetto
- Tecniche di integrazione voce-dati.

8. Reti geografiche a commutazione di circuito (cenni)

- Commutazione di circuito - Reti di connessione

Libri consigliati

Appunti delle lezioni

Kleinrock, *Queueing Systems: Volume I: Teheory*, John Wiley &: Sons, 1975.

Kleinrock, *Queueing Systems: Volume II: Computer Application*, John Wiley & Sons, 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.

Schwartz, *Telecommunication Networks: Protocols Modeling and analysis*, Addison-Wesley.

Hammond, O'Reilly, *Performance Analysis of Locai Computer Networks*, Addison-Wesley, 1986.

Decina - Roveri, *Introduzione alle Reti Telefoniche, Analogiche e numeriche*, La goliardica Editrice, 1979.

Le precedenze diesarne 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.

Programma dell'insegnamento di

RICERCA OPERATIVA Sez. A AQ0013

Prof. Carlo VERCELLIS

Programma di esame

1. Introduzione

Scelta razionale tra decisioni alternative. Classificazione dei modelli: qualitativi e quantitativi; deterministici e stocastici. Cenni alPevoluzione storica della Ricerca Operativa.

2. Modelli decisionali

Caratteristiche e obiettivi. Alberi di decisione. Criterio del valore atteso monetario. Valutazione dell 'informazione. Rischio e utilità attesa. Esempi: modelli decisionali nell'analisi finanziaria e nella determinazione dei prezzi.

3. Previsione

Caratteristiche e obiettivi. Valutazione e confronto tra modelli. Serie storiche. Modelli a media mobile. Modelli di "smoothing" esponenziale: semplice, di Holt-Winthers, autocorrettivo. Modelli di tipo ARIMA: metodi di Box-Jenkins. Modelli di regressione lineare e correlazione. Applicazione e controllo dei metodi di previsione.

4. Simulazione

Obiettivi e caratteristiche. Generazione di numeri casuali. Metodi Monte Carlo. Valutazione di un modello di simulazione. Esempi: simulazione di un sistema di code e di un sistema di scorte.

5. Programmazione lineare

Aree di applicazione: pianificazione aggregata, mix di produzione; trasporto; capitai budgeting e finanza. Interpretazione geometrica. Metodo del simplesso. Variabili artificiali e metodo a due fasi. Analisi di sensitività. Dualità e sua interpretazione economica Interpretazione dell'output di un programma. Esempi: pianificazione strategica e tattica nella produzione di alluminio.

6. Programmazione matematica

Programmazione nonlineare; programmazione a numeri interi; programmazione dinamica; ottimizzazione combinatoria: motivazioni, cenni ai principali modelli, ad alcune tecniche risolutive. Ricerca dei cammini minimi (algoritmi di Dijkstra e Floyd-Warshall); alberi di supporto minimi (algoritmo di Kruskal); problemi di massimo flusso (algoritmo di Ford-Fulkerson). Problema del commesso viaggiatore Esempi di tecniche euristiche. Programmazione multiobiettivo.

7. Scheduling nella pianificazione della produzione

Caratteristiche e obiettivi. Strategie di scheduling. Classificazione dei problemi di scheduling. Metodologie di Scheduling a risorse illimitate: regole di priorità; algoritmo di Johnson. Scheduling a risorse limitate.

8. Pianificazione e controllo di progetti complessi

Caratteristiche e obiettivi. Modelli reticolari. Analisi dei cammini critici. Analisi tempi-costi. Controllo dei costi. Pianificazione a risorse limitate. Cenni alle caratteristiche dei programmi per la pianificazione e controllo di progetti (PMIS).

9. Sistemi informativi e sistemi di supporto alle decisioni

Da modelli quantitativi e sistemi informativi a sistemi di supporto alle decisioni. Caratteristiche generali e obiettivi di un sistema di supporto alle decisioni. Esempi: un sistema di supporto alle decisioni basato sulla programmazione multiobiettivo per la pianificazione delle risorse accademiche.

Libri consigliati

Il materiale didattico del corso è tratto prevalentemente dai seguenti libri, oltre che da dispense e articoli tratti da riviste, che saranno distribuiti durante lo svolgimento del corso:

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.

P. Newbold: *Principles of Management Science*, Prentice-Hall, 1986.
J. G. Monks: *Operations Management: Theory and Problems*, McGraw-Hill, 1987.
D. G. Dannenbring, M. K. Starr: *Management Science: An Introduction*, McGraw-Hill, 1981.
S. P. Bradley, A. C. Hax, T. L. Magnanti: *Applied Mathematica! Programming*, Addison Wesley, 1977.
Gli studenti sono invitati a consultare anche i seguenti testi:
V. Chvatal: *Linear Programming*, Freeman, 1983.
A. Colorili: *Ricerca Operativa*, CLUP, 1984.
J. J. Moder, S. E. Elmaghraby: *Handbook of Operations Research*, Voi. I e vol.II Van Nostrand, 1978.
S. French: *Sequencing and Scheduling*,Horwood, 1982 C. H. Papadimitriou, K. Steiglitz: *Combinatoria! Optimization: Algorithms and Complexity*, Prentice-Hall, 1982.
J. F. Shapiro, *Mathematica! Programming: Structures and algorithms*, Wiley, 1979.

Programma dell'insegnamento di

RICERCA OPERATIVA Sez. B AG0058

Prof. Alberto COLORNI

Programma di 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. Un catalogo di esempi.

2. Problemi di tipo non lineare

Le condizioni analitiche della programmazione matematica. Formulazione del problema e metodi di soluzione. Vincoli attivi, punto regolare, sottospazio tangente, direzioni ammissibili. Condizioni del *1°* 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, la 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 dì 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

La programmazione dinamica: formulazione del problema, principio di ottimalità di Bellman. Eliminazione di una variabile. Grafo di interazione e problema secondario. Problemi non vincolati e vincolati. Applicazione ai problemi di cammini ottimi nei grafi e di allocazione delle risorse; sistemi dinamici.

Problemi di ottimizzazione su grafo. Definizioni principali ed esempi. Cenni sulle complessità 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 e di Maranzana.

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": generalità e 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. Cenni ai metodi interattivi.

Le precederne 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.

Modelli gerarchici: programmazione a molti livelli. Scomposizione e coordinamento. Metodi di predizione e di bilanciamento dell'interazione.
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".

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta o 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 alla prova scritta.
Durante l'anno potranno essere svolte dagli studenti interessati, previo accordo con il docente, tesine sostitutive di uno o entrambi i compitini.

Libri consigliati

Il libro di testo è:
A.Colorni: *Ricerca Operativa,* CLUP, 1984.
Altri libri consigliati sono:
E.Bartezzaghi, A.Colorni: *Ricerca Operativa. Esercizi,* CLUP, 1976.
A.Colorni: *Ricerca Operativa: temi d'esame,* CLUP (fotocopie), 1988.
A.Colorni: *Giochi di Ricerca Operativa,* Jackson, 1989.
C. Baldissera, S.Ceri, A.Colorni: *Metodi di Ottimizzazione e Programmi di Calcolo,* CLUP, 1981.
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 LargeSystem,* McMillan, 1970.
E.L.Lawler: *Combinatoria! Optimization: Networks and Matroids,* Holt, Rinehart *k* 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 Combinatoria! Programming,* Wiley, 1976.
C.H.Papadimitriou, K.Steiglitz: *Combinatoria! 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: *Mathematica! Programming,* Wiley, 1979.
H.M.Wagner: *Principles of Operations Research,* Prentice-Hall, 1975.

Programma dell'insegnamento di

RICERCA OPERATIVA Sez. C AG0111

Prof. Francesco MAFFIOLI

Programma di 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. Simplesso 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 multi-materiale.

5. Programmazione combinatoria: problemi (probabilmente) non-p olinomi ali.
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 di 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 faverovole, 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.

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.

A. Calorni, *Ricerca Operativa*, CLUP, 1984.
Gli studenti sono invitati anche a consultare 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, *Combinatoriai Optimization: Networks and Matroids*, Holt, Rinehart &: Winston, 1976.
K.G. Murty, *Linear and Combinatoria! Programming*, Wiley, 1976.
M. Gondran, M. Minoux, *Graphes et Algorithmes*, Eyrolles, 1979.
J.F. Shapiro, *Mathematica! 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 Combinatoria! Optimization*, Wiley, 1988.

Programma dell'insegnamento di

ROBOTICA AG0206

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale)

Prof. Marco SOMALVICO

Programma di 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.

Le precederne 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 di 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 Pubi. Co. Ine., Reading, Massachusetts, USA, 1983.

Programma dell'insegnamento di

ROBOTICA INDUSTRIALE AG0078

Prof. Marco SOMALVICO

Programma di 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 di 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.

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.

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 Pubi. Co. Ine., Reading, Massachusetts, USA, 1983.

Programma delPinsegnamento di

SCIENZA DEI METALLI AE0009

Prof. Bruna RIVOLTA

Programma di esame

1. **Struttura cristallina dei metalli.** Reticoli di Bravais e sistemi cristallini. Struttura compatta nei 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, diffrazione 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; interazioni 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 stadio 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. Nicleazione 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.
Trasformazioni 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

M. Lazzari, B. Rivolta: *Dispense delle lezioni*
M. Lazzari, B. Rivolta, D. Sinigaglia: *Deformazioni plastica dei materiali metallici.* Ed. CLUP, Milano 1972.
C. Kittei: *Introduzione alla fisica dello stato solido,* Boringhieri, Torino, 1971.
A.G. Guy: *Introduction to materials Science.* McGraw-Hill Ltd. 1972.
R Brozzo: *Struttura e proprietà meccaniche dei materiali metallici: Voi. I e II.* Ed. ECIG, Genova 1976.

Le precederne d'esame sono affisse all'Albo della Presidensa 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di
SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0021
(per allievi aeronautici)
Proff. Giorgio NOVATI, Adolfo ZAVELANI ROSSI

Programma di 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 deformazioni; 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 della flessione composta; trattazione approssimata della 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; cenni di 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 metologia più efficace per affrontare temi strutturali elementari.

Libri consigliati

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP. Milano.
O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Zanichelli Bologna.
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: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni-*, ed. CLUP, Milano.

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.

Programma dell'insegnamento di

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0021

(per allievi chimici e nucleari)

Prof. Giannantonio SACCHI LANDRIANI

Programma di 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, la funzione di Airy - 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 molteciplemente 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 - Elementi di analisi limite - I teoremi fondamentali dell'analisi limite - Esempi di determinazione del carico limite per via statica e per via cinematica.

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. Durante l'anno avranno luogo tre prove scritte con votazione.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta. Sono esonerati dalla prova scritta gli allievi che hanno superato almeno due delle tre prove scritte svolte durante l'anno.

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.

Libri consigliati

Lezioni di Scienza delle Costruzioni a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano

O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni*, voli. I, II, III, ed. Zanichelli - Bologna

V. Franciosi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Liguori - Napoli

M. Capurso: *Lezioni di Scienza delle Costruzioni*, ed. Pitagora - Bologna

R. Baldacci: *Scienza delle Costruzioni*, Voi. I, Unione Tip. Ed. Torinese

E. Benvenuto: *La Scienza delle Costruzioni e il suo sviluppo storico*, ed. Sansoni - Firenze

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0023

(per allievi civili, edili, ergotecnici e per allievi civili per la difesa del suolo)

Prof. Giuseppe GRAND ORI

Programma di esame

1. **Strutture mono dimensionali 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,* voi. 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.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di
SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0042
(per allievi civili edili strutturisti, idraulici e trasporti)
Prof. Leo FINZI

Programma di esame

1. Cenni storici sull'evoluzione del settore disciplinare.
2. I problemi connessi al progetto e alla verifica di una struttura.
3. Le leggi fondamentali, l'equilibrio, la congruenza, i legami costitutivi.
4. Le strutture monodimensionali piane.
5. Libertà di movimento e vincoli - strutture isostatiche ed iperstatiche; casi anomali.
6. La statica dei sistemi isostatici; la determinazione delle reazioni dei vincoli e delle azioni interne - le strutture reticolari.
7. Caratteristiche geometriche della sezione di una trave connesse con l'estensione, la forma e l'orientamento.
8. La statica dei continui deformabili - gli stati di tensione e di deformazione - equazioni, indefinite e al contorno, di equilibrio e di congruenza - il legame tensioni-deformazioni - lavoro di deformazione ed energia elastica - i corpi - isotropi, le equazioni fondamentali del problema elastico generale per corpi isotropi - i casi di De Saint Venant e le loro combinazioni: calcolo delle tensioni e delle deformazioni.
9. La teoria della curva elastica per travi rettilinee.
10. Le strutture iperstatiche, metodi delle forze e degli spostamenti.
11. Il principio dei lavori virtuali applicato allo studio dei sistemi elastici in forma diretta e duale: calcolo dello spostamento dei punti di una struttura e ricerca dello stato di sforzo e di deformazione nelle strutture iperstatiche.
12. Analisi dello stato tensionale nell'intorno di un punto: cerchi di Mohr, tensioni principali, linee isostatiche - la verifica della sicurezza.
13. I teoremi sul lavoro di deformazione di Clapeyron, Betti, Maxwell, Menabrea e Castigliano; stazionarietà dell'energia potenziale totale. Applicazione al calcolo di spostamenti elastici, alla determinazione di reazioni iperstatiche e al tracciamento di linee di influenza.
14. La stabilità dell'equilibrio elastico - analisi dei diversi tipi di instabilità con riferimento a casi elementari.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni verranno sviluppato e discussi esercizi di applicazione degli argomenti trattati in lezione; gli allievi sarranno seguiti nello sviluppo di altri simili.

Modalità di esame

L'esame consta di una prova orale preceduta da una prova scritta. Le due prove devono essere sostenute nel medesimo appello.

Libri consigliati

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.

Le precederne 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.

O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Zanichelli - Bologna.
A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni*, Masson Italia Editori, Milano.

Programma dell'insegnamento di

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0021

(per allievi elettronici)

ProfF. Alessandro CAPPI, Francesco GENNA, Lorenzo JURINA, Alfonso NAPPI

Programma di esame

1. **Problemi generali:** concetto di costruzione e di struttura, tipologie strutturali, finalità, ipotesi e limiti della Scienza delle Costruzioni.

2. Statica delle travi e dei sistemi piani di travi. Gradi di libertà; vincoli; condizioni di equilibrio, strutture isostatiche, iperstatiche; labilità, calcolo delle reazioni vincolari e delle azioni interne nelle strutture isostatiche; equazioni indefinite di equilibrio per le travi.

3. Studio delle travi deformabili, I parte.
Principio di de Saint Venant e sue applicazioni tecniche; trazione e compressione semplice; flessione retta; equazione differenziale della linea elastica; calcolo di spostamenti e risoluzione di strutture iperstatiche mediante equazioni di congruenza.

4. **Statica dei continui deformabili.** Analisi e rappresentazione dello stato di sforzo e di deformazione; equazione indefinite di equilibrio e di compatibilità interna; stato di sforzo piano e cerchio di Mohr. Legame sforzi-deformazioni nei corpi elastici; potenziale elastico; costanti elastiche, risoluzione di problemi speciali di elasticità piana.

5. **Studio delle travi deformabili, II parte.** Flessione deviata; torsione di travi a sezione circolare; trattazione approssimata della flessione composta con taglio.

6. **Il principio dei lavori virtuali.** Applicazione al calcolo di spostamenti ed alla risoluzione di strutture iperstatiche. Influenza di cedimenti vincolari e di variazioni termiche.

7. I teoremi energetici nell'analisi strutturale e loro applicazioni. Teoremi di Clapeyron, Betti, Maxwell. Coefficienti di influenza. Teorema di Castigliano e sue applicazioni. Teorema di Menabrea. Teorema dell'energia potenziale totale.

8. **Verifica della resistenza.** Comportamento elastico e plastico, sforzi ammissibili, coefficiente di sicurezza. Criterio di Rankine-Galileo, di Tresca, di von Mises e di Mohr.

9. Stabilità dell'equilibrio elastico. Significato ed implicazioni della trattazione linearizzata. L'asta di Eulero e la determinazione del carico critico per differenti condizioni di vincolo. Limiti di validità della formula di Eulero. Effetto delle imperfezioni. Cenni sul calcolo del carico critico in telai semplici.

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 di esame

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

Libri consigliati

M. Capurso: *lezioni di Scienza delle Costruzioni,* Pitagora Editrice, Bologna.
Lezioni di Scienza delle Costruzioni a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, CLUP, Milano.
O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni* voi. I e II, Zanichelli, Bologna
A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni,* Masson Italia Editori, Milano.

Le precederne 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0021

(per allievi elettrotecnici)

Prof. Osvaldo DE DONATO

Programma di 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 di 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.

O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni* voi. I e II, ed. Zanichelli - Bologna.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni*, ed. Masson Italia Editori - Milano.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0021

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

Proff. Vincenzo PETRINI, Carlo URBANO

Programma di 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 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 del metodo degli elementi finiti 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.

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

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, ed. CLUP - Milano.

O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna.

M. Capurso: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Pitagora, Bologna.

V. Franciosi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Liguori, Napoli.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni*, ed. Masson Italia Editori, Milano.

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.

Programma delPinsegnamento di

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI AN0021

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale/delle Tecnologie Industriali)

Proff. Carlo POGGI, Francesco SCIROCCO

Programma di esame

1. **Strutture mono dimensionali 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.**

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

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura del Dipartimento di Ingegnerua Strutturale, ed. CLUP - Milano.

O. Belluzzi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Zanichelli, Bologna

M. Capurso: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Pitagora, Bologna

V. Franciosi: *Scienza delle Costruzioni*, ed. Liguori, Napoli.

A. Castiglioni, V. Petrini, C. Urbano: *Esercizi di Scienza delle Costruzioni*, ed. Masson Italia Editori, Milano.

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.

Programma dell'insegnamento di

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI II AN0014

Prof. Giulio MAIER

Programma di esame

Parte prima: **Calcolo per elementi finiti delle strutture in campo elastico-lineare.**

1. Formulazione del problema elastico: materiali di Hooke anisotropi, ortotropi, stratificati, isotropi; equazioni "governanti" negli spostamenti (Navier) e nelle tensioni (Beltrami).
2. Fondamenti dei metodi risolutivi: considerazioni introduttive su metodi "esatti" ed "approssimati"; 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. Calcolo matriciale dei sistemi di travi; analisi di strutture reticolari e di telai piani con il "metodo degli spostamenti" e con il "metodo delle forze"; formulazione diretta ed energetica.
4. Lineamenti generali del metodo degli elementi finiti negli spostamenti: suddivisione, modellazione; matrici di rigidezza e di inerzia e vettori di carichi "equivalenti" ; assemblaggio; condizioni cinematiche al contorno; risoluzione; sostituzioni a ritroso; condizioni e controlli di convergenza; pre- e post-processori; decomposizione in sottostrutture.
5. Argomenti vari sui metodi approssimati: soluzione per elementi finiti di problemi a potenziale (torsione di Saint-Venant, membrane tese, trasmissione del calore, moti di filtrazione, ecc.); metodi risolutivi per residui pesati e alla Galerkin; integrazioni numeriche; elementi isoparametrici; elementi infiniti.
6. Calcolo per elementi finiti di sistemi piani nelle tensioni e nelle deformazioni: caratterizzazioni di problemi piani; continui equivalenti di lastre nervate e graticci.
7. 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.
8. Calcolo delle piastre inflesse; piastre "sottili" (di Kirchhoff) e "spesse" (di Mindlin); vari elementi finiti, conformi e non conformi.

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.
2. Varie fasi del metodo risolutivo per "boundary elements"; estensione a domini eterogenei.

Parte terza: **Calcolo dei sistemi di travi in campo plastico.**

1. Idealizzazioni della deformabilità locale inelastica: comportamenti dei materiali in regime monoassiale; flessione e pressoflessione in elastoplasticità ideale; dominii 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 e per combinazioni di meccanismi; 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; introduzione all'analisi per elementi finiti in campo non-lineare.

Parte quarta: **Fondamenti di meccanica della frattura.**

1. Generalità sulle fenomenologie di frattura e fatica nell'ingegneria strutturale.
2. Frattura in elasticità lineare: approccio energetico; campi di spostamenti e tensioni presso l'apice di una fessura; fattori di intensità; integrale J.

Le precederne 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.

3. Alcune nozioni sulla frattura in regime non lineare, in particolare elastoplastico.
4. Verifiche a fatica: curve S-N, legge di Miner; propagazione di difetti, legge di Paris.
5. 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 degli elaboratori.

Modalità di 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

C. A. Brebbia, J.J. Connor: *Fondamenti del metodo degli elementi finiti*, CLUP, Milano, 1978.
D. Broek: *Elementary Engineering Fracture Mechanics*, III edizione, Martinus Nijhoff, 1982.
M.A. Crisfield: *Finite Elements and Solution Procedures for Structural Analysis*, Voi. 1, Pineridge, 1986.
C. Massonet e M. Save: *Calcolo plastico a rottura delle costruzioni*, CLUP, Milano, 1980.
R. Cook: *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, J. Wiley, 1981.
W. Prager: *Introduzione alla plasticità*, ETAS-KOMPAS, 1968.
O. Zienkiewicz, R.L. Taylor: *The finite element method*, *IV*^{a} edizione, McGraw-Hill, 1989.

Programma dell'insegnamento di

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI AE0100

Prof. Alberto CIGADA

Programma di 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 anche organizzate alcune visite ad impianti ed elaboratori industriali.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale, che potrà essere preceduta da una prova scritta orientativa.

Libri consigliati

Dispense del corso:
A. Cigada: *Struttura proprietà ed applicazioni dei materiali metallici. Principali classi di materiali metallici*
M.C. Tanzi: *Struttura proprietà ed applicazioni dei materiali polimerici e compositi*
A. Cigada, P. Pedeferri: *Elementi di corrosione e protezione dei materiali metallici*

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

SEPARAZIONE DEGLI ISOTOPI (Applicazioni) AV0022

Prof. Anna Luisa FANTOLA LAZZARINI

Programma di 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 Mòssbauer 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;
E. Lazzarini, A.L. Fantola Lazzarini: *Appunti di Radiochimica*, Ediz. CESNEF, Politecnico, Milano 1972.

Le precederne 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.

Programma delPinsegnamento di

SEPARAZIONE DEGLI ISOTOPI (Impianti) AV0021

Prof. Bruno BRIGOLI

Programma di esame

1 - I principi fisici della separazione isotopica: Fenomenologia e fattore di separazione dei principali processi separativi: distillazione, distillazione molecolare, reazioni di scambio isotopico, metodi cromatografici, diffusione gassosa, diffusione di massa, diffusione termica, centrifugazione separazione con ugelli, elettrolisi, separazione elettromagnetica, separazione fotoassistita.

2 - Cenni sui metodi di misura della composizione isotopica dell'idrogeno e dell'uranio.

3 - Teoria delle cascate: Equazioni delle cascate simmetriche (generica, ideale, quadrata e a gradini). Funzione valore e potere separante, lavoro separativo. Ottimazione delle cascata quadrata e di quella a gradini. Regime transitorio delle cascate.

4 - Impianti di separazione isotopica: Arricchimento dell'uranio mediante diffusione gassosa, centrifugazione e separazione fotoassistita. Illustrazione dei componenti non convenzionali degli impianti. Problemi pratici ed operativi.

Impianti di produzione dell'acqua pesante: separazione del deuterio per distillazione dell'acqua e dell'idrogeno. Impianti elettrolitici. Impianti di arricchimento mediante reazioni di scambio (monotermi e bitermi). Separazione fotoassistita degli isotopi dell'idrogeno. Scambio del deuterio fra ammoniaca e idrogeno. Scambio del deuterio fra idrogeno solforato e acqua. Problemi tecnologici e problemi di sicurezza degli impianti.

Metodi di separazione del tritio.

Libri consigliati

S. Villani: *Separazione degli isotopi,* ediz. CNEN, 1975;

H. London: *Isotope separation,* Newness, London, 1962;

P. Caldirola, R. Fiocchi: *Separazione isotopica dell'uranio,* CNEN, Roma, 1977.

M. Benedict, T.H. Pigford, H.W. Levi: *Nuclear Chemical engineering,* Mc.Graw Hill, New York, 1981.

S. Villani ed.: *Uranium Enrichment. Topics in Applied Physics,* Voi. 35. Springer-Verlag, Berlin (1979).

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.

Programma delPinsegnameto di

SERVIZI GENERALI D'IMPIANTO AR0059

Prof. Augusto DI GIULIO

Programma di 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.
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.

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.

Esercitazioni

Le esercitazioni consistono nello sviluppo di elaborati di carattere applicativo, che potranno formare oggetto di domanda in sede d'esame.

Modalità di 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,* Me Graw Hill.
A.C. Stern: *Air pollution,* Academic Press.
W. Osborne, C. Fans, Pergamon Press
F.P. Lees: *Loss prevention in thè 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.

Programma dell'insegnamento di

SERVIZI TECNOLOGICI NEGLI EDIFICI AJ0020

Prof. Nino ZAMUNER

Programma di 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 vapor 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 di 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.

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.

Programma dell'insegnamento di

SIDERURGIA (E IMPIANTI SIDERURGICI) AR0073

Prof. Walter NIC OD EMI

Programma di 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, disossidazione, 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, R. Zoja: *Processi ed impianti siderurgici,* Ed. Masson 1980
W. Nicodemi, R. Zoja: *Siderurgia generale.* Estratto dell'edizione 1970 - Masson 1981
W. Nicodemi: *Metallurgia.* Ed. Masson 1985.

Le precederne 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.

Programma dell'insegnamento di

SISTEMI BIOLOGICI DI CONTROLLO AA0006

Proff. Marcello CRIVELLINI, Luigi DIVIETI

Programma di 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'analgesia 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 - gestione dei dati di pazienti scoliotici - disco intervetebrale - patologie.
6) **Servizio sanitario nazionale.** Cenni storici - il servizio sanitario nazionale come sistema - strutture e prestazioni - spesa unitaria.
7) Cenni sul sistema urinario.

Esercitazioni

Durante l'anno saranno svolte esercitazioni teoriche e sperimentali.

Libri consigliati

Dispense del corso (CLUP)
L. Divieti *La scoliosi* CLUP
V.B. Moutcastle *Fisiologia Medica* Voi. I, Voi. II - Piccin Editore.

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.

Programma delPinsegnamento di

SISTEMI BIOLOGICI NEUROSENSORIALI AA0007

Prof. Emanuele BIONDI

Programma di 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 di esame

L'esame consta di una prova orale.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

SISTEMI DI CONTROLLO DI GESTIONE AG0112

Prof. Leonardo PATRUNO

Programma di esame

1. TEMI INTRODUTTIVI

a) il sistema d'impresa: il paradigma "struttura-comportamento-risultati" ;
b) il rapporto impresa ambiente e l'articolazione del sistema ambientale;
c) economicità, redditività, efficienza interna ed efficienza esterna;
d) equilibrio reddituale, finanziario, monetario e patrimoniale.

2. I COSTI DI PRODUZIONE

a) Strutture fondamentali;
b) analisi della variabilità dei costi;
c) principi di imputazione dei costi comuni;
d) i costi standard;
e) i costi in relazione alle decisioni, al controllo dell'efficienza interna e alle valutazioni di bilancio.

3. LA PROGRAMMAZIONE

a) Aspetto formale, sostanziale ed organizzativo;
b) modelli deterministici e probabilistici;
c) la programmazione operativa: il sistema dei piani operativi, i piani flessibili e piani scorrevoli (o mobili), la programmazione in un ambiente perturbato: analisi variazionale del piano (What if budgeting) o piani probabilistici;
d) la programmazione strategica: le strategie globali, strategie di sviluppo (diversificato e non) e strategie di sopravvivenza, l'analisi delle alternative e la scelta della strategia globale, le strategie per aree di affari (A.S.A.).

4. IL CONTROLLO

a) relazioni tra sistemi di controllo e strutture organizzative;
b) tipologie del controllo: parametrico e non; post-azione (feedback control) ed ante-azione (feedforward control);
c) il controllo della redditività;
d) il controllo dell'efficienza interna: i rendimenti, l'analisi delle variazioni (variance analysis), misurazioni di produttività globale;
e) il sistema di controllo A.P.C. (American Productivity Center);
f) i sistemi integrati di controllo operativo;
g) il controllo delle gestione finanziaria;
h) il controllo in condizioni ambientali perturbate;
i) i particolari problemi del controllo riguardanti le imprese a struttura organizzativa multidivisionale e i gruppi di imprese (anche multinazionali);
1) il controllo strategico.

Le lezioni teoriche saranno seguite dall'analisi e dalla discussione di casi aziendali.

Libri consigliati

R.N. Anthony, *Sistemi di pianificazione e controllo,* ETAS Libri, Milano, 1967.
G. Brunetti, *Il controllo di gestione in condizioni ambientali perturbate,* F. Angeli, Milano, 1987.
L. Brusa, F. Dezzani, *Budget e controllo di gestione,* Giuffrè, 1983.
J. Dermer, *Management planning and control System. Andvanced concepts and cases,* Irwin, Homewood, Illinois, 1977.

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.

C.T. Horngren, G. Foster, *Cost accounting*, Prentice Hall Int., Englewood, CliffS, 1987.
O. Paganelli, *Analisi di bilancio*, UTET.
L. Patruno, *Introduzione alla produttività d'impresa*, I.S.U., Università Cattolica, Milano, 1988.
L. Selleri, *Principi di contabilità industriale e per la direzione*, ETAS Libri, 1979.
F. Teller, *Le controle de gestion en avenir incertain*, Dunod, Parigi, 1976.

Programma delPinsegnamento di

SISTEMI DI PRODUZIONE AUTOMATIZZATI AQ0103

Prof. Marco GARETTI

Programma di esame

1. CLASSIFICAZIONE ED ARCHITETTURA DEI SISTEMI DI PRODUZIONE INDUSTRIALE

2. PRODUZIONI DI PROCESSO

- Sistemi per il controllo dei processi (richiami)
- CIM nelle produzioni di processo
- Applicazione di sistemi esperti alla conduzione di processi continui

3. PRODUZIONI MANIFATTURIERE

- progettazione di sistemi manifatturieri automatizzati per la fabbricazione (FMS, transfer lines, celle e linee robotizzate)
- progettazione di sistemi manifatturieri automatizzati per il montaggio (FAS, sistemi dedicati, sistemi robotizzati)

4. METODOLOGIE PROGETTUALI

- tecniche di dimensionamento e verifica progettuale di sistemi produttivi complessi

5. INTEGRAZIONE

- integrazione gestionale (CIM)
- principi di gestione operativa (scheduling, controllo qualità, manutenzione)
- sistemi produttivi intelligenti
- sicurezza dei sistemi automatizzati

6. VALUTAZIONE DELLA CONVENIENZA ECONOMICA

Esercitazioni

Il corso prevede lo svolgimento di una serie di visite industriali guidate, esercitazioni monografiche e seminari di esperti industriali.

Libri consigliati

Dispense del corso.

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.

Programma dell'insegnamento di

SISTEMI INFORMATIVI AG0204

Prof. Giampio BRACCHI

Programma di esame

1. **Analisi e progettazione dei sistemi informativi basati su elaboratore.** I sistemi informativi basati su elaboratore. Struttura, gerarchia ed integrazione dei sistemi informativi. Il ciclo vitale delle applicazioni di informatica. Aspetti economici ed organizzativi dei sistemi informativi. Criteri e tecniche di pianificazione dei sistemi informativi. Le fasi dell'analisi, della progettazione e della realizzazione dei sistemi informativi. Tecniche di conduzione e di controllo dei progetti di sistemi informativi. Studio di fattibilità, analisi funzionale, specifiche tecniche degli impianti di elaborazione, progettazione dettagliata del sistema, realizzazione e prova, installazione ed avviamento del sistema e sua valutazione. Le metodologie standard di analisi, progettazione e realizzazione; metodologie ISAC, BSP, SADT, PSL/PSA. Il progetto dell'impianto di elaborazione nell'ambito del progetto del sistema informativo.
2. **La struttura degli impianti di elaborazione.** Configurazioni: collegamenti tra componenti e coordinamento delle loro attività. Modalità di elaborazione. Sistemi distribuiti, reti locali e reti geografiche. Reti di comunicazioni e relativo software. Il modello ISO-OSI. Sistemi per l'automazione dell'ufficio.
3. **Progettazione degli impianti di elaborazione.** Criteri di scelta fra soluzioni accentrate e distribuite. Progetto e dimensionamento della rete di trasmissione dati, dell'impianto centrale, dei terminali e delle memorie di massa. L'uso della teoria delle code nella progettazione dell'impianto di elaborazione.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni numeriche e verrà sviluppato un progetto di sistema informativo.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale preceduta da esercizi scritti. Durante l'anno verranno proposte due prove scritte facoltative che, se svolte con esito favorevole, costituiranno elementi di giudizio per l'assegnazione del voto.

Libri consigliati

G. Bracchi, G. Motta: *Sistemi informativi e imprese*, Franco Angeli, Collana di informatica, 1986.
G. Motta: *Il metodo ISAC*, CLUP, 1987.
G. Le Moli: *Telematica*, ISEDI, 1986.
F. Barbic, S. Mainetti: / *modelli di reti di code per l'analisi di sistemi di calcolatore*, CLUP, 1988.
M.C. Calzarossa, N. Scarabottolo: *Architettura degli impianti di elaborazione*, CLUP, 1988.

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.

Programma dell'insegnamento di

SISTEMI INFORMATIVI AZIENDALI AQ0014

Prof. Piercarlo MAGGIOLINI

Programma di esame

I. I sistemi informativi

1. La "risorsa dati" e il ruolo dell'informazione nelle imprese
2. Tipologia dei sistemi informativi
3. I sistemi informativi nelle imprese: caratteristiche generali e criteri di progettazione e integrazione
4. La progettazione congiunta di sistemi informativi e organizzativi

II. Progetto di sistemi informativi

1. Pianificazione dei sistemi informativi
- L'evoluzione pianificata dell'informatica nell'impresa
- Strategie di informatizzazione
- Metodologie di pianificazione
2. Il ciclo di vita dei sistemi informativi
3. Determinazione dei requisiti informativi e studio di fattibilità
4. Tecniche di analisi e progetto dei sistemi informativi
- Tecniche orientate ai processi
- Tecniche orientate ai dati
- Tecniche miste
5. Realizzazione, esercizio e manutenzione dei sistemi informativi automatizzati
6. Rapporti tra informatica e organizzazione

III. Sviluppo e gestione dei progetti di sistemi informativi

1. Valutazione del rischio dei progetti e scelta degli strumenti di pianificazione, gestione e controllo dei progetti
2. Composizione dei gruppi di progettazione: ruoli, compiti e attività
3. Metodologie per lo sviluppo dei sistemi informativi (casi concreti)
4. Il ruolo degli utilizzatori: metodologie e strumenti per il coinvolgimento degli utilizzatori

IV. Valutazione economica dei sistemi informativi

1. Tecniche d'analisi dei costi e dei benefici
2. L'analisi degli investimenti in informatica
3. Casi aziendali di valutazione economica di sistemi informativi

V. Le applicazioni dell'informatica aziendale

1. L'informatica per gestire la produzione: sistemi e casi aziendali
2. L'informatica per gestire la manutenzione: sistemi e casi aziendali
3. L'informatica per la Pubblica Amministrazione
- La situazione dell'applicazione dell'informatica nella Pubblica Amministrazione
- Il caso della Pubblica Amministrazione locale e regionale: criteri di automazione, approcci ed esempi

VI. L'automazione d'ufficio

1. Le tecnologie e i sistemi hardware e software per l'automazione d'ufficio
2. Metodologie di modellizzazione del lavoro d'ufficio
3. Progettazione di sistemi informativi d'ufficio
4. Costi e benefici delle tecnologie d'automazione d'ufficio
5. Casi d'automazione d'ufficio

VII. Le implicazioni sociali ed economiche dell'informatica

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.

Alcuni casi aziendali e l'illustrazione di specifici sistemi automatizzati (specie nell'area produttiva) e l'esemplificazione di alcune tecniche d'analisi e progetto verranno trattati in esercitazioni, anche col contributo di persone esterne.

Libri consigliati

P.C. Maggiolini, *Costi e benefici di un sistema informativo*, ETAS Libri, 1981
G. Bracchi, G.M. Motta: *Sistemi informativi e imprese*, F. Angeli, 1985.
G. Bracchi (a cura di): *Automazione del lavoro d'ufficio*, ETAS Libri, 1984.
X. Castellani: *Metodo generale di analisi di un'applicazione informatica*, ed. it. a cura di P. Maggiolini, Masson Italia, 1985.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

SISTEMI OPERATIVI AG0028

Prof. Roberto ZICARI

Programma di esame

Il corso dei Sistemi Operativi descrive l'insieme dei componenti software che forniscono il supporto per la gestione di un sistema di elaborazione e per l'esecuzione dei programmi utente.
Il corso si propone di descrivere le funzionalità e l'architettura di un sistema Operativo, con il duplice obiettivo di fornire informazioni di base sulle sue funzionalità e di presentare le metodologie più diffuse che vengono utilizzate nel progetto del sistema stesso.
Nel corso vengono inoltre affrontate tematiche relative allo sviluppo di sistemi operativi e di applicazioni in ambienti distribuiti, quali le reti di calcolatori.

Contenuto del corso

1. Introduzione e classificazione dei sistemi operativi.
2. Funzioni e caratteristiche di un sistema operativo.
3. Interpretazioni dei programmi.
4. Processi e cooperazione.
5. Costrutti linguistici per la programmazione concorrente.
6. Blocco critico.
7. Esempi di programmi concorrenti.
8. Politiche di assegnazione delle unità centrale.
9. Gestione dell'ingresso/uscita.
10. Gestione della memoria.
11. Politiche di assegnazione della memoria centrale.
12. File Sistems.
13. Interprete comandi.
14. Sistemi transazionali ed applicazioni distribuite.

Libri di Testo

1) F. Tisato, R. Zicari: *Sistemi operativi: Architettura e progetto,* CLUP. Milano
2) S. Ceri: *Dispense sui sistemi transazionali,* disponibili come fotocopie in CLUP.
3) Un testo sul sistema operativo UNIX tra i seguenti: (4,5,6,7) riportati come consigliati.
4) Durante l'anno verranno distribuite note integrative per quanto riguarda la parte relativa ai sistemi distribuiti.

Libri Consigliati

1. S. R. Bourne: *The Unix System,* Addison Wesley. 1982.
2. Quartiroli, et al.: *Il sistema operativo Unix,* CLUP, 1982.
3. P. Fiorani: *Introduzione all'architettura dei sistemi di elaborazione: Interfaccia Hardware e Software,* CLUED, 1984.
4. B. W. Kernighan, R. Pike: *The UNIX programming environment,* Prentice-Hall, 1984.
5. M. J. Rochild, *Advanced UNIX programming,* Prentice-Hall, 1985.
6. M. Bach: *The design of thè UNIX operating System,* Prentice- Hall, 1986.
7. Haviland: *UNIX System Programming,* Addison-Wesley, 1987.
8. A. S. Tanenbaum: *Operating Systems: Design and Implementations,* Prentice-Hall, 1987.

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.

9. R. C. Holt, et al.: *Structured concurrent Programming with Operating Systems Examples*, Addison-Wesley, 1978.
10. R. C. Holt: *Concurrent Euclid, The UNIX System and TUNIS*, Addison-Wesley, 1983.
11. B. Kernighan, D. M. Ritchie: *The C programming language*, Prentice-Hall, 1978.

Modalità di esame

L'esame consta di:

a) una prova scritta divisa in due parti:
- domande teoriche sull'intero corso. (1 ora, senza libri o appunti).
- un esercizio relativo al progetto di un sistema concorrente a processi e monitor. (1 ora e 30', con testi).

b) una prova pratica a scelta tra:
- la realizzazione di alcuni semplici programmi concorrenti in linguaggio MODULA-2.
- la realizzazione di semplici programmi di sistema usando il sistema operativo UNIX.
- La realizzazione di programmi software per la gestione di una rete di calcolatori.

Durante l'anno verranno effettuati due compitini che saranno equivalenti ai fini dell'esame alla parte scritta(a).

Programma delPinsegnamento di
SPERIMENTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE STRUTTURE AN0052
Prof. Paolo SETTI

Programma di 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 di esame

L'esame consiste in un prova orale.

Libri consigliati

Durante il corso verranno indicati i riferimenti bibliografici dei singoli argomenti.

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.

Programma dell'insegnamento di

SPERIMENTAZIONE E MISURE NEI PROPULSORI AK0028

Prof. Aldo COGHE

Programma di esame

1. **Sperimentazione, misura e strumentazione.** Logica dell'analisi sperimentale, il concetto di misura, grandezze di stato. Logica di una catena di misura, catene aperte e chiuse. Descrizione di uno strumento. Dinamica di uno strumento. Strumento ideale e strumento reale. Considerazioni generali sugli strumenti (costo, manutenzione, affidabilità, portata, sensibilità, linearità, isteresi, ecc.). Errori sistematici ed accidentali.
2. **Lo strumento di misura come trasformatore di segnale.** Schematizzazione dello strumento. Parametri concentrati e distribuiti, sistemi lineari e non. Ordine dello strumento. Funzioni discontinue, gradino unitario, delta di Dirac. Funzione di trasferimento secondo Laplace. Risposta naturale e forzata di uno strumento, rilassamento e tempi caratteristici. Classificazione delle funzioni di trasferimento. Strumenti di ordine zero, di ordine uno, di ordine due. Calibrazione statica e dinamica.
3. **Analisi spettrale secondo Fourier.** Serie ed integrale di Fourier, spettro di un segnale secondo Fourier. Risposta in frequenza di uno strumento. Risposta di uno strumento ad un segnale di forma arbitraria. Modulazione e filtraggio di un segnale. Compensazione dinamica.
4. **Trasduttori.** Significato, importanza e vantaggi. Rivelazione e conversione del segnale. Trasduttori elettromeccanici: potenziometrici, estensimetrici, LVDT, induttivi, capacitivi, piezoelettrici, ecc. Trasduttori termoelettrici. Trasduttori fotoelettrici.
5. **Problemi sperimentali nei propulsori.** Grandezze termofluidodinamiche fondamentali. Rilievo delle prestazioni. Banchi prova. Misure globali e locali. Concetti generali di combustione turbolenta e definizione 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 elettro-ottici. Misure di velocità ed accelerazione relative. Misure di spostamento, velocità ed accelerazione assoluti; moti vibratori.
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.

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.

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 in laboratorio o di calcolo numerico. Ogni studente, alla fine dell'anno, si trova ad aver svolto per intero una applicazione nell'ambito degli argomenti trattati nel corso.

Modalità di esame

L'esame consiste in un colloquio orale sugli argomenti in programma e sull'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
S. Barabaschi, R. Tasselli: *Elementi di servomeccanismi e controlli,* Zanichelli, 1975
Benedict R.P.: *Fundamentals of temperature, pressure, and flow measurements,* II edition, Wiley, 1977.
H.K.P. Neubert: *Instrument transducers,* Oxford University Press, 1975.
T. G. Beckwith N.L. Buck and R.D. Marangoni: *Mechanical measurements,* III edition, Addison-Wesley, 1982.
H.N. Norton: *Sensor and analyzer handbook,* Prentice Hall, 1982.
Bertolaccini M., Bussolati C., Manfredi P.F.: *Elettronica Industriale,* Tamburini 1975, Collana di Fisica pura e Applicata
Capello A.: *Misure Meccaniche e Termiche, Casa,* Ed. Ambrosiana, Milano, Die. 1973
Skilling H.H.: *Electric Networks* Wiley Ine., N.Y., 1974
Magrab E.B. & Blomquist D.S.: *The measurement oftime phenomena: Fundamentals and Applications,* Wiley, Interscience Ine., N.Y., 1971.
Bendat J.S., Piersol A.G.: *"Random Data: Analysis and Measurement Procedures",* Wiley Interscience Ine., N.Y., 1971.
Merzkirch W.: *Flow Visualization,* Academic Press, N.Y., 1974.
Stanley W.D.: *Network Analysis with Applications,* Reston Publishing Co., Prentice-Hall, Reston, 1985.
Hinze J.O.: *Turbulence,* McGraw-Hill Ine., N.Y., 1975.
Durst F., Melling A., Whitelaw J.H.: *Principles and Practice of Laser-Doppler Anemometry,* Academic Press, Londra, 1981.

Programma dell'insegnamento di

STATICA DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE AN0028

Prof. Mario CATANIA

Programma di 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 Pottimizzazione 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 deH'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

Matildi P., Catania M., et al., *Problemi dì statica delle strutture prefabbricate,* Quaderno n. 5 dei corsi di aggiornamento CTE, ed. ITEC/La Prefabbricazione, Milano, 1981.

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.

Menditto G., *Statica delle strutture prefabbricate* (voi. unico), ed. CLUP, Milano, 1980.
M. Catania, G.M. Cocchi: *La stabilità nelle travi prefabbricate*, ITEC Editrice, Milano, 1984.
Menditto G., *Giunti nelle strutture prefabbricate a grandi pannelli e criteri di collaudo*, ed. Viscontea, 1971.
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 appunti ed indicazioni durante le lezioni e le esercitazioni.

Programma dell'insegnamento di

STRUMENTAZIONE BIOMEDICA AA0008

Prof. Gianfranco DACQUINO

Programma di 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 brillanza
- TAC
- Risonanza Magnetica Nucleare (RMN)

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.

c) Tecniche di elaborazione dell'immagine X grafica
- Rappresentazione e ricostruzione dell'immagine
- Elaborazione e filtraggio
d) Utilizzazione dei raggi 7 in ambito terapeutico
5. Laser e relative applicazioni cliniche

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 di 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, Me Glauchlin, Me Quistan: *Elements of Infrared Technology*, J. Wiley (1962).
Page: *Introduction to Theoretical Physics* V. Nostrand (1962).
Lindsay: *Mechanical Radiation*, McGraw Hill (1960).
Medicai Ultrasound IEEE Trans on BME voi. 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. Gii, C. Geraldes: *Ressonancia Magnetica Nuclear*, Gulberkian.

Programma dell'insegnamento di

STRUMENTAZIONE ELETTRONICA AG0095

Prof. Sergio COVA

Programma di esame

1. **Metodi elettronici di misura ad elevata risoluzione.** Generalità su misure, errori, distribuzioni statistiche. Segnali e rumore: caratterizzazione nei dominii 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 intereferenze, scelta di componenti e collegamenti. Preamplificatori da strumentazione. Preamplificaiori di carica, di tensione, di corrente. Amplificatori varii (ad isolamento; selettivi; per impulsi). Campionatori (sample-and-hold) e rilevatori di picco. Commutatori 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* (in elaborazione).

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.

Programma delPinsegnamento di
STRUMENTAZIONE ELETTRONICA (per applicazioni industriali) AH0019
Prof. Edoardo CARMINATI

Programma di esame

1. **Generalità.** Concetto di misura di grandezze. Errori di misura: analisi e loro determinazione. Principali cause di errore. Caratteristiche fondamentali di uno strumento di misura. Sorgenti di rumore. Spettro di potenza. Rumore nelle catene di misura. Analisi statistica del rumore. Funzioni di auto e mutua correlazione. Rapporto segnale-disturbo. Metodi per migliorare il rapporto segnale-disturbo. Filtri analogici e digitali.
2. **Strumentazione analogica.** Dispositivi e strumentazione analogica di tipo elettrico. Amplificatori per strumentazione. Trasduttori di posizione, di velocità, di accelerazione, di pressione, di temperatura. Convertitori analogici. Registratori X-Y. Registratori magnetici. Metodi di misura in corrente continua. Metodi di misura in corrente alternata.
3. **Strumenti e dispositivi digitali cablati.** Contatore elettronico. Divisori e moltiplicatori di frequenza. Misure di durata, di periodo, di frequenza, di rapporto fra due frequenze. Conversione analogico-numerica: convertitori ad integrazione, ad approssimazione successiva, convertitori flash. Convertitore digitai e-analogico. Voltmetri digitali in corrente continua ed in corrente alternata. Trasduttori di posizione con uscita digitale. Linearizzazione dei trasduttori. Errori nelle misure digitali.
4. **Strumentazione digitale programmata.** Campionamento dei segnali di misura. Teoria del campionamento. Trattamento dei segnali discreti. Comportamento statico e dinamico dei convertitori numerici. Controllo logico della acquisizione multicanale. Sistemi di acquisizione dati. Oscilloscopi digitali con memoria. Trasmissione dei segnali numerici per misure. Linee elettroottiche. Unità di processo per misure. Sistemi di misura automatici. Autodiagnosi. Sistemi distibuiti. Sistemi di interfaccia. Elaborazione centralizzata delle misure. Presentazione dei risultati. Interazione tra sistemi di misura, sistemi di controllo ed azionamenti. Evoluzione dei metodi di misura.

Esercitazioni

Durante l'anno verranno svolte esercitazioni di laboratorio.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

H.V. Malmstadt e altri: *Optimization of Electronic Measurements.* Ed. W.A. Benjamin, Ine.
Kurt S. Lion: *Instrumentation in Scientific Research: Electrical Input Transducers.* Ed. McGraw-Hill.
Manfredi-Mar anesi-Tacchi: *L'amplificatore operazionale.* Ed. Boringhieri.
M. Bertolaccini-C. Bussolati-P.F. Manfredi: *Elettronica per misure industriali* Ed. Tamburini
Dispense integrative.

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.

Programma dell'insegnamento di

STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE CHIMICA AF0016

Prof. Pio FORZATTI

Programma di esame

A. **Misure: principi e strumentazione.**
Classificazione delle variabili di processo in base alla loro natura ed ai segnali di misura. Processo di misura e stadi attraverso i quali esso è realizzato. Qualità delle misure. Errori di misura. Misure di temperatura, portata, pressione, livello e composizione chimica: principi di misura e strumentazione. Criteri di scelta della strumentazione.

B. Controllo di processo.
Caratteristiche del sistema di controllo. Hardware del sistema di controllo. Comportamento dinamico di un processo chimico. Funzioni di trasferimento e modelli input-output. Analisi del comportamento dinamico di un sistema. Controllo in retroazione: controllore proporzionale, proporzionale -f integrale e proporzionale -f integrale + derivativo. Elementi dell'anello di regolazione. Comportamento dinamico dei processi controllati in retroazione. Stabilità dei sistemi regolati in retroazione. Progettazione dei controllori in retroazione. Analisi della risposta in frequenza dei sistemi lineari. Cenni sui sistemi avanzati di controllo.

C. **Applicazioni del controllo nell'industria chimica.**
PID (Process Instrumentation Diagram) e relativa simbologia. Esempi di apparecchiature di misura e controllo per singole unità di impianti chimici e per impianti completi. Impiego del calcolatore nel controllo di processo.

Esercitazioni

Le esercitazioni teoriche, pratiche e di laboratorio verteranno su esemplificazioni di schemi di controllo, funzionamento degli elementi dell'anello di regolazione (trasduttori, regolatori) e loro utilizzo nella strumentazione industriale chimica.

Libri consigliati

D. M. Considine: *Process Instruments and Controls Handbook*, 2*nd* Edition. McGraw-Hill Book Co., New York (1974).

George Stephanopoulos: *Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice*, Prentice/Hall International, Ine., New Jersey (1984).

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.

Programma dell'insegnamento di

STRUTTURA DEI MATERIALI MACROMOLECOLARI AF0030

Prof. Giuseppe TIEGHI

Programma di esame

Introduzione Definizioni e concetti generali; la strutturane! 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 dominii. 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. Rasai: *X-Ray DifFraction by Polymers,* Kodansha, 1972

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.

Programma delPinsegnamento di

STRUTTURE AERONAUTICHE **AL0013**

Prof. Vittorio GIAVOTTO

Programma di 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 Kirckhoff - Lavoro di deformazione - Principio dei lavori virtuali - Equazioni di equilibrio - Modelli costitutivi - Modelli elastici, lineari isotropi ed anisotropi - Materiali compositi - Criteri di resistenza.

3 - 1 1 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 rigidezze 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 molteplicemente 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, rigidezza 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.

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 di 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 edite dalla CLUP - Durante il corso verranno consigliati i testi consultabili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale, per l'approfondimento degli argomenti specifici.

Programma dell'insegnamento di

TECNICA AEROSPAZIALE **AL0012**

Prof. Luigi PUCCINELLI

Programma di esame

1. Introduzione al calcolo automatico - Descrizione delle macchine. Rappresentazioni delle informazioni - Software di base - Linguaggi di programmazione - Strutture di programma e strutture dati.
2. Analisi dei problemi e metodi di soluzione - Analisi del modello fisico e sviluppo del modello matematico - Metodi numerici - Metodi matriciali e metodi ad elementi finiti - Elementi di statistica e calcolo della probabilità - Sviluppo dei programmi di calcolo: organizzazione dei dati, progetto del programma, codifica e certificazione - Documentazione dei programmi - Portabilità dei programmi.
3. Disegno col calcolatore - Hardware grafico e software grafico di base - Descrizione numerica di enti geometrici - Trasformazioni - Scale - Diagrammi - Rappresentazioni di corpi - Curve, superfici e volumi parametrici - Problemi grafici particolari: clipping e linee nascoste - Colori e ombre - Progettazione assistita dal calcolatore.
4. Controllo di processo - Hardware per acquisizione dati e controllo di processo - Elaborazioni in tempo reale - Serie temporali - Filtri numerici - Trasformate di Fourier - FFT.
5. Calcolo Analogico - Rappresentazioni analogiche - Amplificature operazionali - Operatori analogici lineari e non lineari - Circuiti di calcolo e loro messa in scala.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni gli allievi potranno sviluppare programmi applicativi di calcolo e verificarli sulle attrezzature del Centro di Calcolo del Politecnico.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale comprendente la discussione di un programma di calcolo svolto dall'allievo e relativo ad applicazioni dell'ingegneria aerospaziale.

Libri consigliati

Appunti delle lezioni.
Si consigliano come libri di consultazione:
Della Vigna, Ghezzi Morburgo: *Fondamenti di Informatica* - CLUP
Italiani, Serazzi: *Elementi di informatica* - ETAS Libri
McCracken: *Guida alla programmazione del FORTRAN IV*
Celentano: *FORTRAN 71* - CLUP
Dorn, McCracken: *Numerical methods with FORTRAN IV case studies* - Wiley
Sherman: *Techiniques in computer programming* - Prentice Hall
Crandell: *Engineering analysis, a survey of numerical procedures* - McGraw-Hill
Gibson: *Computing in Structural engineering* - Applied Science Publisher
Jenkins: *Matrix and digitai computer methods in structural analysis* - McGraw-Hill
Hinton, Owen: *Finite element programming* - Academic Press
Rogers. Adams: *Mathematica! elements for computer graphics* - McGraw-Hill
Faux, Pratt: *Computational Geometry for design and Manifacture* - Ellis Horwood
Newman, Sproull: *Principles of interactive computer graphics* - McGraw-Hill
Brigham: *Fast Fourier Transform* - Prentice Hall

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.

Enochson: *Time series analysis* - Wiley
Jovanovich, Shigley: *Simulation of mechanical systems, an introduction* - McGraw-Hill
Wass, Garner: *Introduction to electronic analogue computer* - Pergamon Press

Programma dell'insegnamento di
TECNICA DELLE COSTRUZIONI AN0030-AN0035
(per allievi chimici e nucleari)
Prof. Ivo IORI

Programma di 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 di 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.

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.

Programma dell'insegnamento di
TECNICA DELLE COSTRUZIONI AN0044
(per allievi civili edili strutturisti)
Prof. Pietro GAMBAROVA

Programma di esame

1. **Problemi particolari delle travi.** - La trave su appoggio elastico continuo. **I** graticci di travi. Travi in parete sottile a profilo aperto e chiuso: il problema della torsione (teoria elementare e teoria di Vlasow). Gli effetti dei diaframmi.
2. **Problemi di diffusione del carico.** - La lamiera a più correnti. I collegamenti saldati e chiodati.
3. **Le strutture di travi caricate da forze nel loro piano medio (telai).** - Soluzione con il metodo delle forze e con il metodo degli spostamenti. Metodi risolutivi per successive approssimazioni.
4. **Teoria elementare del calcestruzzo armato ordinario.** - Il problema della fessurazione e dell'aderenza. Calcolo alle tensioni ammissibili e a rottura delle sezioni in c.a. Problemi di stabilità di elementi snelli di c.a. Le deformazioni lente del calcestruzzo: teoria linearizzata della viscosità. Strutture miste di acciaio-calcestruzzo.
5. **Il calcestruzzo armato precompresso a cavi pretesi e posttesi.** - Procedimento di calcolo delle travi isostatiche in c.a.p. Punti limite. Momento utile. Cavo risultante. Comportamento a taglio. Tracciato ottimale dei cavi. Verifiche a fessurazione ed a rottura.
6. **La lastra piana caricata da forze agenti nel piano medio.** - La trave-parete. La mensola tozza. La "larghezza collaborante". Il problema della diffusione dei carichi.
7. **La lastra piana sottile sollecitata da forze normali al piano medio (piastre).** - Soluzioni particolari; soluzioni in serie doppia e semplice dell'equazione per la piastra rettangolare in varie condizioni di vincolo. Soluzione per la piastra circolare. Le piastre in c.a.: fessurazione e disposizione ottimale dell'armatura.
8. **Le lastre curve di piccolo spessore.** - Teoria membranale: calcolo delle forze interne e delle deformazioni. Fondamenti della teoria flessionale: applicazione al caso dei tubi e delle lastre curve di rivoluzione. Metodo di Lundgren.

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. 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 di esame

Per essere ammessi all'esame orale è necessario aver superato le due prove scritte in corso d'anno (calcolo dei telai e delle sezioni in c.a.) oppure una apposita prova scritta che - se superata - ha validità annuale.

Libri consigliati

E. Giangreco: *Teoria e tecnica delle costruzioni,* Voi. 1, Ligori
R. Calzona, C. Cestelli Guidi: *Il calcolo del cemento armato,* Hoepli.

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.

G. Tomolo: *Gli elementi strutturali in* c.a., Masson.
B.P. Hughes: *Limit state theory for reinforced concrete*, Pitman Paperbacks.
G. Toniolo: *Elementi Strutturali in acciaio.*
P. Gambarova et al.: *Esercizi di Tecnica delle Costruzioni*, CLUP
Appunti su argomenti vari consegnati dal Docente in corso d'anno.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TECNICA DELLE COSTRUZIONI AN0045

(per gli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Civile-Edile, Civile-Idraulica, Civile-Trasporti e Ingegneria Civile per la Difesa del Suolo)

Prof. Giandomenico TONIOLO

Programma di 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 ai telai, esempi applicativi del metodo.

1.3. **Il metodo degli spostamenti:** impostazione generale del metodo, le equazioni di equilibrio, telai a nodi fissi, telai a nodi spostabili, esempi applicativi del metodo.

1.4. **Estensione con la 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.

1.5. **Le piastre inflesse:** equazione della superficie elastica flessionale, contributi del second'ordine, le piastre rettangolari, problemi a simmetria radiale, vari esempi applicativi.

2. ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO E PRECOMPRESSO

2.1. **Caratteristiche dei materiali:** proprietà meccaniche dei calcestruzzi, ipotesi di rottura, viscosità e suoi effetti strutturali, caratteristiche meccaniche delle armature, l'aderenza e il comportamento delle sezioni in c.a., durabilità e fessurazione.

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, effetti della viscosità, 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 telai in acciaio.

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.

3.5. **Altri problemi di instabilità:** la trave in fiessotorsione, 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 di scorrimento e dispositivi di collegamento fra nervatura e soletta.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni applicative sui singoli argomenti.

Modalità di esame

Per essere ammessi all'esame orale è necessario aver superato una prova scritta secondo le modalità che verranno esposte all'albo del Dipartimento.

Libri consigliati

G. Toniolo: *Calcolo strutturale: i telai*, Masson;
G. Toniolo: *Elementi strutturali in cemento armato*, 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*, (voli. I e II), Unione Tip. Ed. Torinese;
E. Giangreco: *Teoria e tecnica delle costruzioni*, Liguori.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

TECNICA DELLE COSTRUZIONI AN0032

(per allievi elettrotecnici)

Prof. Luigi CEDOLIN

Programma di 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 elasto-plastica. 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.*

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TECNICA DELLE COSTRUZIONI AN0034

(per allievi meccanici)

Proff. Mario CAIRONI, Sergio TATTONI

Modalità di 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 **II metodo delle forze.** Le equazioni di congruenza. *Applicazioni al calcolo dei telai piani.* Impostazione matriciale del metodo.

1.3 II metodo degli spostamenti. Le equazioni di equilibrio. *Applicazioni, a! 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 mobili nelle strutture a molte iperstatiche; le funzioni derivate delle linee d'influenza.

1.6 **Introduzione agli elementi Uniti.** Le funzioni di forma per l'elemento triangolare piano, rettangolare, per piastra e tubi. Cenni all'uso dei programmi.

2. L'INSTABILITÀ 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. *Applicazione al calcolo dei carichi critici di travi continue e telai semplici.* La localizzazione degli auto valori.

2.3 **La verifica all'instabilità.** Snellezza, instabilità oltre il campo elastico, il metodo *Sì.*

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. *La Normativa sulle strutture in acciaio.*

2.6 **Impostazione matriciale dei problemi di instabilità.** La trave sollecitata assialmente come "elemento finito", la matrice elastica e la matrice geometrica, *applicazione al calcolo di carichi critici di telai semplici.*

2.7 **Metodi approssimati.** Stodola, Vianello, il metodo P-A.

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 alle applicazioni sul computer.

4. ELEMENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO

4.1 **Generalità.** Carichi esterni, il metodo delle tensioni ammissibili, il metodo agli stati limite, Normativa, i collegamenti.

4.2 II pilastro e la sua fondazione.

Le precederne 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.

4.3 La trave reticolare. Azioni interne, conformazione dei nodi. Cenno al calcolo degli sforzi secondari.
4.4 La trave a parete piena. *Esecuzione saldata e chiodata, collegamenti con travi secondarie,* fenomeni di instabilità nelle travi a parete piena, disposizioni costruttive.
4.5 Instabilità della lastra. Confronto con la Normativa.
5. PROBLEMI PARTICOLARI
5.1 La trave su suolo elastico.
5.2 La lastra circolare.
5.3 La piastra piana. Equazione differenziale, *soluzione per la piastra rettangolare appoggiata.* Cenni alle altre condizioni di vincolo sui bordi. Frequenze proprie.
6. PLASTICITÀ
6.1 **La plasticità dei materiali duttili.** Generalità, la plasticità nella sezione inflessa, il momento plastico, il concetto di cerniera plastica.
6.2 **La plasticità nella struttura.** Il meccanismo di collasso, i teoremi del limite inferiore e superiore. Applicazioni al calcolo del carico di collasso di telai piani. Osservazioni sui limiti di applicabilità della teoria.
7. ELEMENTI STRUTTURALI IN CALCESTRUZZO ARMATO
7.1 **Generalità.** Carichi esterni, il metodo delle tensioni ammissibili, il metodo agli stati limite.
7.2 II pilastro compresso normale e cerchiato.
7.3 la trave inflessa. *Progetto, verifica della sezione inflessa a semplice e doppia armatura, progetto e verifica per taglio, disposizione dell'armatura.*
7.4 La trave presso- e tenso-inflessa.
7.5 Verifiche di sezioni diverse dalla rettangolare. Metodi grafici e numerici.
7.6 Particolari costruttivi.
7.7 II cemento armato precompresso. Cenni tecnologici sui procedimenti meccanici di precompressione.
7.8 Le strutture miste acciaio-calcestruzzo.
8. TIPOLOGIE STRUTTURALI PIÙ 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 dedicati al punto 8 potranno essere oggetto di progetti o tesi di laurea.*

Modalità di esame

L'esame consta di una prova scritta non eliminatoria e di una prova orale da sostenere entro sei mesi da quella scritta.
L'esame orale consiste nella discussione della prova scritta e inoltre in: una domanda concernente le strutture in acciaio; una domanda relativa, alle strutture in c.a.; una domanda relativa ad 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 - Strutture a molte iperstatiche: metodo delle forze.* Ed. CLUP, Milano.
M. Caironi, *Teoria e Tecnica delle Costruzioni - Strutture a molte iperstatiche: metodo degli spostamenti.* Ed. CLUP, Milano.
M. Caironi, *Teoria e Tecnica delle Costruzioni - Instabilità dei telai.* Ed. CLUP, Milano.
M. Caironi, *Teoria e Tecnica delle Costruzioni - Calcestruzzo armato (cap. 0.1 CALCESTRUZZO ARMATO - Teoria classica; app. D).* Ed. CLUP, Milano.
M. Caironi, *Teoria e Tecnica delle Costruzioni - Elementi di costruzioni in acciaio.* Ed. CLUP, Milano.
O. Belluzzi, *Scienza delle Costruzioni (voi. Il cap. XX: Le strutture a molte iperstatiche; voi. Ili, cap.XXX: La plasticità; voi. IV, cap. XXXIV: Le vibrazioni),* ed. Zanichelli, Bologna.
L. Finzi, E. Nova, *Elementi strutturali (voi. IV),* ed. Italsider.
G. Ballio, F. Mazzolani, *Strutture in acciaio,* ed. Isedi.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

TECNICA DELLE FONDAZIONI AN0043

Prof. Giancarlo GIODA

Programma di 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, semirigide e flessibili (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 Panalisi 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.

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.

Programma dell'insegnamento di

TECNICA DEL RESTAURO AJ0003

Prof. Santino LANGÈ

Programma di 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 valutarne e di distinguerne i caratteri tipici oltre alle manomissioni e ai mutamenti avvenuti nel tempo. Saranno date adeguate nozioni per gli interventi strutturali nel campo dell'edilizia storica e tradizionale.

Le tematiche generali del corso si possono cosi riassumere:

1 - 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 varie tendenze attuali in rapporto all'estensione della nozione stessa di restauro, dall'edificio singolo all'ambiente storico urbano e territoriale. Inserimenti nuovi in tessuti urbani preesistenti.

2 - Linee metodologiche e conoscenze che debbono essere tenute presenti quando occorra intervenire in complessi di importanza storica.

Necessità e significato del rilievo grafico e fotografico come momento fondamentale dell'approccio analitico e quale premessa alle proposte operative. Tipologie edilizie costruttive e murarie, uso dei materiali, loro datazione. Opere preliminari ed assaggi. Restauri di liberazione, di integrazione, di ricostruzione per anastilosi, di rinnovamento per mutamenti di destinazione, ecc.. Esemplificazioni.

3 - 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 provisionali. Cenni sui metodi di consolidamento. Problemi di durabilità, degrado e protezione dei materiali. Problemi di abitabilità nella riutilizzazione degli edifici antichi.

Esercitazioni e modalità di esame

Le esercitazioni consisteranno nell'analisi approfondita di un caso concordato con singoli studenti o piccoli gruppi.

Esse condurranno ad un elaborato che potrà sviluppare in modo applicativo uno dei tre filoni del corso sopra descritti.

Libri consigliati

L. Grassi, *Storia e cultura dei monumenti*, Milano, 1960 (ediz. G. Vallardi) - specie alle pp. 379-467;
G. Rocchi, *Istituzioni di Restauro dei Beni Architettonici e Ambientali*, Milano, 1985 (ed. Hoepli);
AA. VV., *Corso di Aggiornamento di Tecnica del Restauro dei monumenti e edifici antichi*, Ass. Ingg. e Arch., Ferrara 1977;
Dispense del corso riguardanti l'intero programma.

Ulteriori indicazioni bibliografiche saranno fornite durante le lezioni e le esercitazioni.

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.

Programma dell'insegnamento di

TECNICA DEL TRAFFICO AY0008

Prof. Savino RINELLI

Programma di esame

Il traffico stradale. I veicoli. Cenni di meccanica della locomozione.
Indagini cinematiche. I diversi tipi di velocità. Misura diretta della velocità mediante enoscopio. Diagrammi di distribuzione cinematica.
Fluttuazioni del traffico. Alternanze stagionali e regime circolatorio delle strade. La seriazione delle punte orarie. La trentesima ora di punta e il suo significato economico. Rilevamenti di traffico: censimenti continui, discontinui e per campione. La formula internazionale del Traffico Giornaliero Medio. Significato del Traffico Giornaliero Medio e criteri di rilevamento. Fluttuazioni giornaliere e traffico notturno. Rapporto tra Traffico Giornaliero Medio e volume orario di punta.
Tipi di strade urbane ed extraurbane. Capacità delle carreggiate per flussi ininterrotti. Le condizioni ottime e fattori riduttivi della capacità stradale.
Il concetto di livello di servizio. Valori caratteristici di velocità operativa e del rapporto portata-capacità per i vari tipi di strade.
Progetto delle caratteristiche plano-altimetriche delle strade in funzione di capacità richiesta e livello di servizio offerto. Interdipendenza tra volumi di traffico giornaliero medio, livello di servizio e capacità nella verifica d'efficienza di un'arteria.
Le indagini Origine-Destinazione: metodi di rilievo. Rappresentazione di sintesi delle *desire lines*.
Previsioni di traffico futuro. Il traffico potenziale di soglia. Relazione tra circolazione e densità di motorizzazione. La estrapolazione futura con equazioni di tipo logistico-limitate. Determinazione dei parametri numerici della equazione generale.
Progetto e verifica di una strada in base alle previsioni di traffico futuro. Previsioni temporali di congestione su una rete stradale.
Il traffico in ambiente urbano. La semaforizzazione: sua disciplina giuridica e classificazione. Caratteristiche costruttive e di esercizio dei semafori: tipologia dei quadranti, criteri di montaggio e apparecchiature accessorie.
Confronto tra semaforizzazioni a ciclo fisso e a ciclo attuato dal traffico. Controllo semiattuato.
Semafori a ciclo fisso: suddivisione in fasi, tempo di giallo, metodi di temporizzazione. Sincronizzazione di impianti successivi.
Semaforizzazione attuata dal traffico: classificazione e giustificativi. Ubicazione dei *detectors*. Regolazione a volume e a densità. Fasatura.
Le intersezioni stradali: elementi generali di progettazione. Manovre di svolta. Principi della canalizzazione. Visibilità.
Il progetto dell'intersezioni a raso: dimensionamento corsie di preselezione, di accelerazione e decelerazione. Geometria dei cigli secondo il C.N.R. Le isole di canalizzazione. Rotatorie.
Intersezioni a livelli differenziati. Rampe di interallacciamento. Spiralizzazione delle rampe. Tipi di svincolo a uno o più manufatti. Determinazione del fabbisogno di stazionamento. Morfologia degli stazionamenti. Impianti per il parcheggio. Elementi di progetto dei parcheggi.
La congestione del traffico e il suo costo. Cenni di economia del traffico.
I piani di traffico: obiettivi e metodi di ricerca. Impiego di modelli matematici di circolazione.
L'Aviazione Civile. Tipi di velocità aeronautiche. Organizzazioni internazionali e legislazione. Gli aeroporti e loro caratteristiche geometriche. Servitù aeroportuali. Segnaletica. Idroscali ed eliporti.
Regolazione del traffico aereo. Condizioni ambientali e regole di volo. Lo spazio aereo e la sua organizzazione. Separazione degli aerei in volo. Il controllo del traffico aereo. Le radioassistenze.

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.

Trasporti marittimi. Protezionismo e bandiere di comodo. L'impresa armatoriale. Le navi. Registri navali. Cenni di dinamica navale.
I porti: loro classificazione funzionale e amministrativa. Le franchigie portuali. Porti specializzati. Attrezzature portuali. Orientamento delle difese a mare.
Regolazione del traffico marittimo. Convenzioni internazionali e legislazione italiana. Manovre reciproche tra le navi. Segnali acustici delle navi. Segnali luminosi. I fari. Trasporti idroviari. Le idrovie naturali e artificiali. Impianti per il superamento dei dislivelli. Natanti e sistemi di moto. Regolazione del traffico idroviario.

Esercitazioni

Consistono in una applicazione delle tecniche di previsione del traffico e/o nella redazione di un progetto di interesezione stradale.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale sul programma del Corso e delle esercitazioni. Ai soli allievi dell'indirizzo civile trasporti per l'ammissione all'esame occorre presentare preventivamente il tema scritto, argomento delle esercitazioni, integralmente svolto.

Libri consigliati

La materia *e* sviluppata nei testi:
Semafori, Intersezioni stradali, Parcheggi, Tecnica del Traffico 2 di G. Da Rios, editi dalla CLUP.
Per le indagini sul traffico stradale si consiglia:
G. Centolani: *Tecnica del Traffico 1*, edito dalla CLUP.

Programma dell'insegnamento di

TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI **AY0006**

Prof. Claudio PODESTÀ

Programma di 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- Sterzatura 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. Poi. dello Stato, (Parte lo - Analisi Economica).

Piano Generale dei Trasporti, D.P.C.M. 10.4.86 (Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario).

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.

A. Ventre: *Introduzione ai Grafi Planari*, ed. Zanichelli 1987.
A. Colorni: *Ricerca Operativa*, ed. Chip 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*, Voi. 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 Se. 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 thè transportation engineering - ASCE
Transportation research (parte A e B)
The railway gazette international

Programma dell'insegnamento di

TECNICA URBANISTICA AJ0009

Prof. Gianluigi SARTORIO

Programma di 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 di 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

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.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TECNICHE E MISURE DI FISICA NUCLEARE AV0020

Prof. Armando FOGLIO PARA

Programma di 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 spettroscopio di radiazioni *Oi*, /?, 7 e X.

Rivelatori a semiconduttore. Principio di funzionamento. Rivelatori a barriera superficiale, a compensazione di litio, a germanio iperpuro. Impieghi nella spettroscopia di radiazioni *(X, (3*, 7 e X.

Rivelatori di neutroni. Contatori al 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 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 X^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 a, 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 /?, 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: *Strumentazione e misure nucleari.* Dispense del Corso a cura del docente.
2) G.F. Knoll - *Radiation Detection and Measurements.* John Wiley and Sons, New York, 1979.

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.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIA CHIMICA DEL DISINQUINAMENTO AF0038

Prof. Donatella BOTTA

Programma di esame

Inquinamento e ambiente

- Generalità sul fenomeno dell'inquinamento
- Inquinanti di origine naturale antropogenica; primari e secondari, inorganici e organici. Radionuclidi. Microorganismi.
- Tossicità, reattività, degradabilità, persistenza, accumulabilità degli inquinanti.
- Interdipendenza dell'inquinamento delle tre componenti.
- Influenza degli inquinanti sui cicli biogeochimici del carbonio, dell'ossigeno, dell'azoto, del fosforo, dello zolfo e dei metalli. Alterazioni della struttura dell'ecosistema.

Cenni sulla legislazione regionale, italiana e comunitaria in materia di inquinamento

Metodi d'analisi e monitoraggio dell'inquinamento

- Concetti analitici generali. Qualità delle misure. Calibrazioni e standard. Convalida dei procedimenti analitici.
- Misure analitiche relative all'aria. Standard di qualità dell'aria. Metodi ufficiali d'analisi a livello nazionale e internazionale.
- Inquinanti dell'aria di più larga diffusione. Monitoraggio automatico degli inquinanti dell'aria nei programmi di controllo dell'inquinamento atmosferico.
- Misure analitiche sulle acque. Standard di qualità dell'acqua. Metodi d'analisi delle acque e loro standardizzazione. Tecniche di campionamento, conservazione dei campioni, pretrattamenti e preconcentrazioni dei campioni. Tecniche di analisi strumentali impiegabili nel controllo delle acque. Monitoraggio di inquinanti inorganici ed organici nell'acqua.
- Misure analitiche sul terreno. Tecniche di recupero degli inquinanti presenti nel terreno. Tecniche d'analisi impiegabili per l'identificazione ed il dosaggio degli inquinanti recuperati dal terreno.

Tecniche di disinquinamento e bonifica

- Richiami delle metodologie chimiche, fisiche e biologiche ed esempi di applicazioni, con particolare riguardo a problemi di bonifica delle acque e del suolo.

Esercitazioni

Sono previste esercitazioni in laboratorio a complemento delle lezioni.

Libri consigliati

In aggiunta ad eventuali dispense fornite dal Docente si consigliano i seguenti libri:

R.A. Bailey, H.M. Clarke, J.P. Ferris, S. Krause, R.L. Strong: *Chemistry of thè Environment*, Academic Press, 1978.

M. Lippmann, R.B. Schlesinger: *Chemical Contamination in thè Human Environment*, Oxford University Press, 1979.

G. Tchobanoglous, E.D. Schroeder: *Water Quality*, Addison-Wesley Publishing Company, 1985.

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.

Programma delPinsegnamento di

TECNOLOGIA DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI AJ0021

Prof. Emilio PIZZI

Programma di esame

0) L'insegnamento si prefigge di fornire i fondamenti conoscitivi di tecnologia edilizia, propeduetici alle tematiche degli insegnamenti di Architettura Tecnica II e III.
In particolare esso trae i suoi argomenti dal complesso delle conoscenze tecnico scientifiche che intervengono nel campo della ideazione e produzione degli elementi costruttivi.
Il corso affronta i problemi connessi con l'impiego dei materiali in diversificate situazioni all'interno dell'organismo edilizio, quelli dello sviluppo e controllo delle attività produttive per la loro realizzazione, i problemi dell'integrazione dimensionale e degli accoppiamenti degli elementi costruttivi, i problemi teorici e sperimentali posti dalla esigenza di controllare qualità e prestazioni del prodotto nei diversi livelli di complessità con il quale questo si presenta sul mercato.
Gli argomenti trattati sono:
1) Caratteri dell'evoluzione della tecnologia edilizia.
2) Articolazione dell'organismo edilizio in unità tecnologiche.
3) Analisi degli elementi delle diverse unità tecnologichge sotto il profilo delle prestazioni e delle caratteristiche morfologiche dimensionali e produttive.
Chiusure, Partizioni interne, Partizioni esterne, nonché l'integrazione dimensionale e qualitativa delle strutture e degli impianti.
4) La complessità funzionale del componente edilizio.
5) L'integrazione prestazionale e dimensionale dei componenti e dei subsistemi.
6) L'evoluzione del quadro normativo in funzione della qualità edilizia.

Esercitazioni

Le esercitazioni alle quali lo studente dovrà regolarmente iscriversi all'inizio dell'anno in corso consisteranno nello svolgimento di approfondimenti tematici relativi agli argomenti trattati nel corso attraverso la qualificazione di materiali, semilavorati, semicomponenti e in funzione delle loro specifiche destinazioni per l'impiego in edilizia.

Modalità di esame

L'esame consisterà in una prova orale.
Il positivo svolgimento degli elaborati delle esercitazioni è condizione per l'ammissione all'esame.

Libri consigliati

Per quanto concerne i libri di testo si rimanda alla bibliografia consigliata per i corsi di indirizzo di laurea in ingegneria ergotecnica edile.

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.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIA DEI BIOMATERIALI AA0010

Prof. Roberto FUMERÒ

Programma di esame

Introduzione, definizioni e impostazione

Richiami di scienza dei materiali: classi di materiali, struttura, proprietà chimiche, fisiche, meccaniche, tecnologiche.

Introduzione ai problemi di interfaccia tra i materiali da costruzione e l'ambiente biologico.

Struttura e proprietà dei tessuti biologici.

La biocompatibilità come caratteristica intrinseca del materiale e come caratteristica del prodotto finito in relazione al suo impiego.

Classificazione dei biomateriali e caratterizzazione strutturale, chimica, fisica, meccanica e tecnologica: polimeri, metalli, metalli a memoria di forma, ceramiche, carboni, compositi, materiali biologici, materiali biodegradabili e bioriassorbibili. Metodologie di prova. Normative.

Campi di applicazione

Criteri di scelta e esigenze specifiche nell'applicazione dei biomateriali ai seguenti campi: protesi scheletriche e articolari, protesi cardiovascolari, protesi dentali, pelle artificiale, muscoli artificiali, sensori, sangue artificiale, dispositivi di assistenza, organi artificiali ibridi, lenti a contatto, suture, ferri chirurgici

Aspetti tecnologici

Aspetti tecnologici legati alle classi di materiali, ai campi di applicazione e in particolare ai problemi specifici di biocompatibilità. Cenni all'impiego di lavorazioni tradizionali. Tecnologie particolari: trattamenti superficiali, tecnologie del carbonio, tecnologie dei compositi, tecnologie dei materiali di origine biologica.

La progettazione, lo sviluppo e la caratterizzazione di nuovi biomateriali.

La sterilizzazione e la conservazione.

Il controllo di qualità e le norme di buona fabbricazione.

Esempi di applicazione

Gli esempi di applicazione sono da considerarsi argomenti monografici del corso e vengono decisi di anno in anno. Possibili argomenti possono essere: protesi cardiovascolari e cuore artificiale, protesi scheletriche e articolari. Nell'ambito dell'argomento preso ad esempio vengono trattati gli aspetti legati alle esigenze specifiche, le soluzioni adottate, le tecnologie messe a punto e i possibili sviluppi futuri.

Le dispense relative al corso sono in preparazione.

Libri consigliati

R. Fumerò, P. Giusti: *Biomateriali: dalla ricerca di base all'applicazione clinica,* Patron Editore, Bologna 1985.

L.H. Van Vlack: *Elements of materials Sciences and engineering,* 3rd Ed. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, USA, 1989.

S. Dawids: *Polymers: their properties and blood compatibility,* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, RFG, 1989.

Y.C. Fung: *Biomechanics: mechanical properties of biologica! materials,* Springer Verlag, New York, USA, 1981.

J.P. Paul, J.M. Courtney, J.D.S. Gaylor, T. Gilchrist: *Biomaterials in arti fidai organs,* VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, RFG, 1984.

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.

J.P. Cazenave, J.A. Davies, M.D. Kazatchkine, W.G. Van Aken: *Blood-surface interactions: biologica! priciples underlying haemocompatibility with artificial materiate,* Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands, 1986.

G.W. Hastings, P. Ducheyne: *Macromolecular biomateriate,* CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1984.

G.W. Hastings, P. Ducheyne: *Naturai and living biomateriate,* CRC Press, 1984.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIA DEI MATERIALI EDILI AJ0022

Prof. Giulia BARONIO CANCELLI

Programma di esame

Materiali Leganti

Calci aeree, idrauliche, gesso, cementi; cenni ai processi tecnologici di produzione; caratteristiche chimiche e fisiche.

Malte e calcestruzzi

Aggregati (curve granulometriche ideali; caratteristiche chimiche fisiche e tecnologiche; impurezze).

Confezione di malte; proprietà fisiche e meccaniche; fattori interni ed esterni che ne influenzano la durabilità; reazioni fra pasta cementizia ed aggregati.

Calcestruzzi leggeri, pesanti e speciali.

Additivi, influenza delle loro aggiunte sulle caratteristiche e sulla durabilità delle malte e dei calcestruzzi.

Materiali ceramici, con particolare riguardo ai laterizi

Materie prime, processi tecnologici di produzione.

Materiali a pasta porosa (mattoni, tegole, piastrelle e refrattari); materiali a pasta compatta (grès, porcellane); loro struttura, proprietà e durabilità.

Murature in laterizio; diverse tipologie (mattoni pieni, forati); murature armate in laterizio; problemi di aderenza malta-mattone; caratteristiche tecnologiche, proprietà e durabilità.

Vetro

Stato vetroso; vetri comuni, speciali e temprati; composizione, tecnologie produttive, proprietà.

Materiali metallici

Statò metallico e sue proprietà; leghe, lavorazioni e loro influenza sulle caratteristiche strutturali e meccaniche dei materiali, trattamenti meccanici e termici; prove meccaniche, macro-e micrografiche, prove non distruttive.

Ferro e sue leghe; cenni sulla produzione della ghisa e dell'acciaio; ghise, acciai.

Rame e sue leghe: metallurgia e proprietà del rame; ottoni e bronzi.

Alluminio: metallurgia e proprietà deH'alluminio, leghe.

Zinco: metallurgia e proprietà; leghe.

Legno

Proprietà; trattamenti; durabilità.

Materiali impermeabilizzanti

Materiali bituminosi, materiali a base di elastometri poliuretanici alitatici, ecc.

Materie plastiche impiegate nell'edilizia

Resine viniliche; resine epossidiche, ecc.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni verranno sviluppati complementi alle lezioni e saranno effettuate alcune visite in laboratorio.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

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.

Libri consigliati

R.S. Boyton: *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*, Interscience, New York (1966).
T. Turco: *Il Gesso: Lavorazioni, Trasformazioni, Impieghi*, Hoepli, Milano (1961).
F. M. Lea: *The Chemistry of Cement and Concrete*, Edward Arnold, London (1970).
A.M. Neville: *Proprietà del Calcestruzzo*, Sansoni Milano (CLUP).
M. Collepardi: *Scienza e Tecnologia del Calcestruzzo*, Hoepli, Milano.
G. Guzzoni: *Metallurgia e Tecnologia dei Metalli*, Etas-Kompas, Milano.
Cogne: *Manuale per l'Impiego ed il Trattamento dell'Acciaio*, Torino.
G. Guzzoni: *Ghise Comuni* e *di Qualità*, U. Hoepli, Milano.
G. Scarinci, T. Tominato: *Vetri*, Ambrosiana, Milano.
I.C. Visconti: *Materiali Compositi*, Tamburini, Milano.
A.B. Searle, R.W. Grimshaw: *The Chemistry and Phisics of Clays*, Londono, Benn Limited.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIA MECCANICA AR0056

(per gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

ProfF. Claudio Roberto BOER, Roberto PACAGNELLA

Programma di 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 delPenergia 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, elettroricalcatrici) 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 e piallatrici. 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

---

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.

deterministico e stocastico); ciclo di lavorazione a controllo numerico; filettatura al tornio; lavorazioni di foratura e fresatura.
- esercitazioni pratiche in officina.

Modalità di 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

A. Bugini e R. Pacagnella: *Appunti di Tecnologia Meccanica*, CLUP.
A A. VV.: *Problemi di Tecnologia Meccanica*, CLUP.
G. Spur e T. Stoeferle: *Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche*, Voli. 3 e 4, Tecniche Nuove.
G. F. Micheletti: *Tecnologia meccanica*, Voli. I e II, UTET.
Gaggia: *Tecnologia meccanica*, Voi. 2, Zanichelli.

Programma delPinsegnamento di

TECNOLOGIA MECCANICA AR0060

(per allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Gestionale/delle Tecnologie Industriali)

Prof. Quirico SEMERARO

Programma di esame

Introduzione al corso

Generalità e classificazione delle lavorazioni meccaniche, relazione tra tecnologia e prodotto, le tecnologie come trasformazione di stati.

Fonderia

Principi generali sulla fusione e solidificazione dei metalli, classificazione dei processi di fusione, formatura e colata dei getti, principi per il dimensionamento dei canali di colata, controllo e finitura dei getti, forni fusori.

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 ottimale delle condizioni di taglio.

Struttura, componenti e comandi delle Macchine Utensili, Lavorazioni di tornitura, lavorazioni di foratura ed alesatura, lavorazioni di fresatura, lavorazioni e macchine con moto di taglio rettilineo alternativo, lavorazioni di rettificatura, lavorazioni di lisciatura e lappatura, lavorazioni di ruote dentate.

Lavorazioni per deformazione plastica

Plasticità nei metalli, Laminazione, Trafilatura, Estrusione, Fucinazione e stampaggio, lavorazioni della lamiera.

Metodi di Collegamento

Le saldature (ad arco, a scoria conduttrice, a resistenza, a fusione, brasatura, speciali), gli incollaggi (cenni).

Lavorazioni non convenzionali

Elettroerosione, abrasione chimica, lavorazioni con impiego di laser, sinterizzazione.

Metrologia e controllo di qualità

Strumenti di misura e metodologie statistiche per il controllo della qualità dei prodotti.

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.
Linguaggi di programmazione automatica delle M.U. e C.N.
Metodi per la generazione automatica dei cicli di lavorazione.

Visite aziendali

Sono previste tre visite aziendali da definire.

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.

Libri consigliati

- Appunti delle lezioni
- Mazzoleni F.: *Tecnologie dei Metalli Voi.* 1,2,3 - UTET
- Micheletti G.F.: *Tecnologia Meccanica* Voi. 1,2 - UTET
- Spur G., Stoeferle: *Enciclopedia delle lavorazioni Meccaniche* Voi. 3,4.
- AA. VV.: *Tecnologia Meccanica* Voli. 1,2,3. MEDI Sviluppo.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIA MECCANICA II AR0053

(per allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale)

Prof. Francesco IOVANE

Programma di esame

1. - Introduzione al Corso

Le attività umane quali trasformazioni; rapporti tra bisogni e prodotti; rapporti tra prodotti e sistemi di produzione; elementi per una " teoria delle trasformazioni".

2. **- Contesto esterno, azienda, "soluzione tecnologica", innovazione**

2.1 - Il "problema di produzione", dominio (sociale, economico, tecnologico) delle soluzioni valide. La "soluzione tecnologica" (prodotto, processo, sistema di produzione).

2.2 - L'azienda quale sistema, sede di processi produttivi: principali funzioni aziendali; interazioni con il contesto esterno (sociale, economico, tecnologico).

2.3 - La tecnologia come variabile strategica. Innovazione tecnologica: aspetti macro, trasferimento e ruolo in azienda. Il management della Ricerca e Sviluppo.

3. **- La ^soluzione tecnologica" (prodotto, processo, sistema di produzione): strumenti di analisi e conoscenze per la sua elaborazione**

3.1 - **Dal mercato ai prodotti** - Analisi di mercato e definizione del prodotto in termini di prestazione; individuazione della configurazione fisica del prodotto (articolazione gerarchica funzionale dei componenti).

3.2 - **Dai prodotti ai componenti** - Progettazione ed ingegnerizzazione (aspetti tecnologici, economici - analisi del valore -, energetici ed ambientali) del prodotto: definizione del materiale, della morfologia, delle dimensioni, della microgeometria e delle tolleranze ("Design for Manufacturing", "Design for Assembly", CAD).

3.3 - **Dai componenti ai processi** - Le trasformazioni tecnologiche; le tecnologie di produzione per le trasformazioni di specie (proprietà, macrogeometria, microgeometria) sul componente: lavorazioni per deformazione plastica, tecniche di fonderia, lavorazioni con asportazione di materiale, tecnologia dei compositi, trattamenti termici, tecnologie non convenzionali (Laser, etc.); tecnologie di produzione per le trasformazioni di specie sul complessivo: tecnologie di montaggio e di collegamento (saldatura, incollaggio, etc.); metrologia; definizione ottimale di un ciclo di lavorazione (traiettoria di processo): passaggio dal finito al greggio, razionalizzazione del metodo di generazione' del ciclo (codifica, gestione automatica del ciclo, generazione automatica del ciclo, CAPP), definizione dei parametri ottimali del ciclo; elementi di calcolo del processo (controllo di qualità, etc.).

3.4 - **Dai processi ai sistemi di produzione** - Tipologia delle unità produttive, sottosistemi e sistemi di produzione (FMS, Linee rigide, robot, etc.) per differenti tecnologie (lavorazione, montaggio, controllo); problematiche di inserimento dei sistemi di produzione nella fabbrica integrata (CIM); "progettazione" del sistema di produzione: elementi di Group Technology, simulazione, etc.; valutazione economica, controllo, implementazione e gestione dei sistemi di produzione.

Seminari

Sono previsti seminari di approfondimento di particolari tematiche innovative.

Esercitazioni

Elaborazione di uno studio riguardante la individuazione della "soluzione tecnologica" per un prodotto industriale. In tale studio gli allievi applicheranno le metodologie sviluppate ai punti 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 del programma d'esame.

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.

Esercitazioni specifiche con l'utilizzo dell'elaboratore su argomenti del corso riportati ai punti 3.2, 3.3 e 3.4.
Presentazione di casi aziendali; visite didattiche ad impianti industriali a tecnologie avanzate.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti svolti nel corso ed in una discussione sullo studio elaborato nel corso delle esercitazioni.

Programma delPinsegnamento di

TECNOLOGIE AERONAUTICHE **AL0011**

Prof. Vittorio GIAVOTTO

Programma di esame

1 - **Tecnologie dei materiali:** Proprietà fisiche e caratteristiche meccaniche dei materiali - Materiali metallici - Materiali non metallici - Materiali compositi.

2 - **Tecnologia delle lavorazioni:** Processi primari: produzione di materiali semidefiniti - Processi di formatura per fusione - Processi di formatura per deformazione a caldo - Processi di formatura per deformazione a freddo - Processi di lavorazione meccanica senza asportazione di materiale - Processi di lavorazione meccanica con asportazione di materiale - Procedimenti di collegamento. Classificazione - Trattamenti di finitura superficiale - Preparazione dei tracciati.

3 - Tecnologia delle costruzioni aerospaziali: Caratteristiche generali della produzione - La programmazione della produzione - La preparazione degli elementi - Le operazioni di messa insieme - Montaggio finale dei veicoli aerospaziali - Assemblaggio dei motori aeronautici.

4-11 controllo di qualità: finalità e funzioni: Attività del Servizio Controllo di Qualità - Metodi di controllo - Mezzi di controllo.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni sui principali argomenti del corso - Verranno inoltre effettuate visite presso Industrie aeronautiche.

Libri consigliati

Durante il corso verranno indicate fonti da cui attingere, che saranno poste a disposizione degli studenti.

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.

Programma delPinsegnamento di

TECNOLOGIE CHIMICHE DELLE MATERIE PLASTICHE, DELLE VERNICI E DEI RIVESTIMENTI ORGANICI ANTICORROSIVI AF0017

Prof. Mario PEGORARO

Programma di 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 di esame

Prova orale sul programma delle lezioni ed esercitazioni.

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.

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 voi. 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 suaccennate.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIE CHIMICHE INDUSTRIALI AF0039

Prof. Maria Carmela GALLAZZI MALCOVATI

Programma di esame

Struttura dell'industria chimica e suo sviluppo storico. Risorse e tecnologie. Decisioni che caratterizzano la produzione chimica e la scelta delle risorse. Valutazione delle possibilità di sostituzione di una o più nicchie dell'attuale petrolchimica con tecnologie chimiche basate su carbone e risorse rinnovabili o con biotecnologie basate sia su risorse rinnovablili che su risorse fossili.

Carbone e gas naturale: processi e produzioni di recente introduzione nel campo della chimica industriale che utilizzino carbone come materia prima. Cenni su processi in fase di sviluppo.

Biotecnologia: esame della attuale situazione e delle prospettive della produzione biotecnologica nella chimica di base, chimica fine, specialità, prodotti farmaceutici e alimentazione.

Ruolo della ingegneria nel settore delle biotecnologie.

Esame critico di alcuni processi possibili per via chimica e per via biologica atti ad evidenziare i vantaggi e svantaggi delle due diverse tecnologie sia sul piano economico che della realizzazione del processo.

Nuove prospettive aperte dall'ingegneria genetica all'applicazione della biotecnologia. Principali produzioni industriali: etanolo, acetone-butanolo, acidi organici, amminoacidi, enzimi, vitamine, antibiotici, ecc..

Fermentatori e bioreattori. Controllo dei parametri di reazione. Sterilizzazione.

Tecniche di separazione dei prodotti: centrifugazione, ultrafiltrazione, cromatografia ecc..

Chimica Fine. Aspetti caratterizzanti della chimica fine rispetto alla chimica di base. Innovazione e sviluppo di prodotto. Tecnologie e metodologie adottate per la sintesi e purificazione dei prodotti.

Esercitazioni

Nell'ambito del Corso sono previste visite ad impianti compresi tra quelli esaminati.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Nel corso delle lezioni verranno fornite dettagliate indicazioni bibliografiche. Come libri di consultazione sono consigliati:

I. Pasquon ed altri: *Principi della Chimica Industriale I, II, III, IV,* CLIJP.

W. Crueger and A. Crueger: *Biotechnology. A Textbook of Industriai Microbiology* - Science Techn. Ine. Madison (1984).

Principles of Biotechnology, Edited by A. Wiseman - Surrey University Press, USA.

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.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIE DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA AN0036

Prof. Giulia BARONIO CANCELLI

Programma di esame

Si premette che il corso riguarda in modo preminente i materiali da costruzione. Questi sono definiti dalla composizione chimica, dalla struttura e dalle caratteristiche d'impiego (proprietà fisiche, meccaniche ecc.). La composizione chimica è indipendente e da sola non è sufficiente a caratterizzarli. La struttura, in condizioni di equilibrio chimico-fisico dipende essenzialmente dalla composizione chimica; in caso diverso anche da trattamenti particolari (termici, meccanici, ecc.). Le caratteristiche d'impiego dipendono tanto dalla composizione chimica quanto dalla struttura o più particolarmente dalla natura e dalla proporzione delle singole fasi componenti i materiali.
L'individuazione di queste fasi, essenziale per la conoscenza del materiale stesso, richiede lo studio preliminare teorico esperimentale degli equilibri chimici eterogenei e dei diagrammi binari e ternari relativi.
Segue poi la parte descrittiva nella quale vi sono dei capitoli riguardanti i combustibili e le acque.

Parte descrittiva:

- Materiali leganti, calci aeree, idrauliche e cementi. I vari tipi di cemento in relazione alle applicazioni. Malte e calcestruzzi: confezione, proprietà, prove. Leganti per usi particolari.
- Vetro: composizione, costituzione, proprietà produzione. Vetri speciali.
- Materiali ceramici: le argille: composizione, proprietà, comportamento al riscaldamento. I vari materiali ceramici: a) a pasta porosa (mattoni comuni, refrattari, terraglie ecc.);
b) a pasta compatta (grès, porcellane). Loro struttura, proprietà, produzione.
- Materiali metallici: le proprietà dello stato metallico. La possibilità di formazione di soluzioni solide e di composti intermetallici. Le prove sui metalli: meccaniche (statiche, dinamiche e di fatica): macro e micrografiche, non distruttive.

Trattamenti meccanici e termici singoli o combinati dei materiali metallici: influenza sulla struttura e sulla proprietà.

- Ferro e sue leghe: produzione della ghisa e dell'acciaio. Composizione struttura e proprietà dei vari tipi di ghisa. Composizione, struttura, resistenza degli acciai e loro relazioni. I trattamenti termici degli acciai. L'influenza della aggiunta dei vari elementi. Gli acciai per le varie applicazioni.
- Rame e sue leghe: metallurgia e proprietà del rame. Leghe di rame: ottoni, bronzi, ecc.
- Zinco: metallurgia, proprietà, leghe zama.
- Alluminio: metallurgia, proprietà, leghe.
- Magnesio: metallurgia, proprietà, leghe.
- Combustibili: il processo di combustione. Combustibili: prove e suddivisione.

Il legno come combustibile e come materiale da costruzione. I combustibili (fossili: genesi, struttura, caratteristiche. I combustibili liquidi: di distillazione di piroscissione, di sintesi.
I combustibili gassosi, di distillazione, di gassificazione. Materie plastiche.

- Acqua: caratteristiche generali e processi di depurazione. L'azione corrosiva dell'acqua sui vari materiali in relazione alle loro caratteristiche.

Esercitazioni

Durante le esercitazioni vengono sviluppati argomenti complementari alle lezioni.

Libri consigliati

B. Tavasci: *Tecnologia dei materiali e Chimica Applicata*, voli. I, II, III - Ed. Tamburini - Milano.
M. Collepardi: *Scienza* **e** *Tecnologia del calcestruzzo*, Ed. Hoepli - Milano.

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.

Programma delPinsegnamento di

TECNOLOGIE DEI MATERIALI NUCLEARI AV0026

Prof. Enrico CERRAI

Programma di 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 contenimento 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 da fusione termonucleare controllata: Combustibile - Fluidi termo vettori - 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 - Combustibili di tipo particolare (sospensioni o soluzioni).

2.2. Combustibili nucleari per la fusione: Considerazioni generali - Deuterio- Tritio (Litio).

3. Moderatori (riflettori) nell'impianto a fissione: Considerazioni generali: Grafite - Berillio e suo ossido - 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 - Litio fuso.

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.

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*, Tempie Press, London, 1959;

C. O. Smith: *Nuclear Reactor Materials*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1967;

A.B. Mclntosh, T.J. Heal (editors): *Materials for Nuclear Engineers*, Tempie Press, London, 1960;

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.

J. Sauteron: *Les combustibles nuclèaires*, 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*, Voi. I, Materials, Interscience Pubi., New York, 1960;
P. Cohen: *Water Coolant Technology of Power Reactors*, Gordon &: Breach, Science Publishers, New York, 1970.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIE DEI METALLI AR0074

Prof. Gianfranco TOSI

Programma di 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 riscaldo. 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

M. Gatti: *Tecnologia dell'acciaio.* (Dispensa del corso) Dispense di fonderia.
B. Costantino: *Lavorazione a caldo dei metalli.* Parte I Ed. Mursia.
R. Ross Beynon: *Roll design and mill layout,* United States Steel Corporation, Pittsburg (Pa); The making, shaping and treating of steel.
A. Rossini: *Lavorazione meccanica per asportazione del truciolo* (Dispense per allievi Chimici)

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.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIE ELETTRONICHE (Elettronica applicata II) AG0059

ProfF. Antonio LONGONI, Giuseppe MACCHIARELLA

Programma di esame

1. Circuiti Digitali

1.1. Il transistor MOS: principi di funzionamento, strutture fondamentali; modelli e circuiti equivalenti.

1.2. Le funzioni logiche elementari. Proprietà e caratterizzazione dei circuiti digitali. Parametri caratteristici.

1.3. Le principali famiglie logiche in tecnologia bipolare (TTL, ECL): caratteristiche strutturali, comportamento elettrico, prestazioni e modalità di impiego.

1.4. Le tecnologie a larga scala di integrazione: MOS/CMOS (analisi dell'invertitore, comportamento statico e dinamico, le porte fondamentali); IIL (cenni).

1.5. Circuiti combinatori a media e grande scala di integrazione: selettori, decodificatori, unità logico-aritmetiche. Cenni sulle matrici logiche programmabili (PLA).

1.6. Circuiti sequenziali: Flip-Flop, registri a scorrimento, contatori. Cenni sulle memorie ROM e RAM (bipolari e MOS).

2. **Circuiti Analogici**

2.1. Complementi sui modelli di transistor (BJT, FET, MOS). Il problema della distorsione. Il rumore nei circuiti elettrici: definizione di modelli per dispositivi passivi (resitori) e attivi (transistor, FET, MOS); metodologie per l'analisi di circuiti con sorgenti di rumore.

2.2. L'amplificatore Operazionale: struttura e caratteristiche fondamentali; parametri statici e dinamici; comportamento in frequenza; compensazione; slew-rate.

2.3. Applicazioni Lineari degli Amplificatori Operazionali: amplificatori invertenti e non invertenti, integratori, derivatori, convertitori V/I.

2.4. Progetto e analisi di filtri attivi: approssimazione polinomiale della risposta (Butterworth, Chebyshev); trasformazioni in frequenza; generazione del prototipo passa-basso; .realizzazione di filtri con amplificatori operazionali (cella base di Sallen-Key).

2.5. Applicazioni non lineari degli amplificatori operazionali: Circuiti di taglio e di vincolo, amplificatori logaritmici, comparatori, discriminatori (Trigger di Schmitt).

2.6. Oscillatori Sinusoidali: condizioni di oscillazione; stabilità in frequenza diretta e indiretta; analisi e dimensionamento dei principali tipi di oscillatori.

2.7. Circuiti ad Aggancio di fase (PLL): caratteristiche fondamentali; analisi del funzionamento; principali applicazioni dei PLL analogici e digitali.

2.8. Sistemi per acquisizione dati: interruttori analogici e multiplexer, circuiti Sample and Hold. Convertitori D/A e A/D: principi della conversione, parametri caratteristici, analisi delle principali architetture.

Esercitazioni

Si svolgono settimanalmente esercitazioni numeriche che consistono in applicazioni e approfondimenti di quanto svolto nelle lezioni.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta seguita da un colloquio.

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.

Libri consigliati

Hodges, Jackson: *"Analysis and design of digitai integrated circuits"* McGraw-Hill (1983)
Manfredi, Maranesi, Tacchi: "*L'amplificatore operazionale"* Borighieri
Milman, Grabel: "*Microelectronics"* McGraw-Hill (1987)

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

TECNOLOGIE INDUSTRIALI AQ0015

Prof. Marco GARETTI

Programma di esame

1. Studio del mercato e del prodotto.

1.1. Studio del mercato: Previsioni a lungo e a breve termine. Metodi di correlazione, di estrapolazione, di campionamento. La fissazione del prezzo. Elasticità della domanda e dell'ofFerta.

1.2. Studio del prodotto: Analisi di similitudine fra prodotti. Industrializzazione del prodotto. Lancio del prodotto. Analisi del valore.

2. **Tecniche generali di scelta e progettazione dei processi produttivi.**

2.1. Criteri tecnico-economici di scelta del processo: I processi di tipo continuo ed intermittente. Determinazione della capacità produttiva e del grado di meccanizzazione più conveniente.

2.2. Frabbricazione e montaggio.

2.3. Macchine, apparecchi, attrezzature: Meccanizzazione, automatizzazione e automazione delle lavorazioni. Scelta dei tipi di macchine e apparecchi. Riserva e sicurezza di esercizio.

2.4. Il problema dell'obsolescenza: Individuazione dell'età ottima per la sostituzione di attrezzature in uso. I rinnovi in tecnologie con domanda in espansione.

2.5. La ricerca industriale e la progettazione.

3. **Principali trattamenti dei materiali.**

3.1. Cambiamento di dimensioni: frantumazione-macinazione-agglomerazione.

3.2. Classificazione.

3.3. Separazione di solidi da liquidi: sedimentazione-filtrazione-essicazione.

3.4. Separazione di solidi da gas.

3.5. Miscelazione: di materiali in polvere-di materiali in pasta-di materiali liquidi. Omogeneizzazione.

3.6. Trattamento di materiali sfusi: trasporto e stoccaggio. Pesatura e dosaggio.

4. Esame di tecnologie

4.1. Tecnologia siderurgica.

4.2. Tecnologia meccanica di serie. Tecnologia meccanica non di serie.

4.3. Tecnologia tessile: tecnologie generali di filatura-tecnologie generali di tessitura- tecnologie generali di tintura.

4.4. Tecnologia cartaria: carta da giornale - carta craft.

4.5. Tecnologia alimentare: molini e pastifici-conserviera e surgelati.

4.6. Tecnologia del cemento.

4.7. Tecnologia della gomma.

4.8. Tecnologie grafiche.

4.9. Tecnologia ceramica.

4.10. Tecnologia vetraria.

La conoscenza delle diverse tecnologie verrà approfondita con visite ad impianti industriali, organizzate nell'ambito del corso.

Esercitazioni

Le esercitazioni verranno condotte in stretto collegamento con quelle degli altri corsi obbligatori dell'indirizzo impiantistico.

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 di esame

L'esame consiste in una prova orale sul programma delle lezioni.

Libri consigliati

A. Brandolese: *Studio del mercato e del prodotto.* CLUP Milano 1977.
A. Brandolese, M. Garetti: *Processi produttivi. Criteri tecnici di scelta e progettazione.* CLUP Milano 1980.
L. Finzi, M. Garetti: *Trasporto, stoccaggio e preparazione dei materiali sfusi,* CLUP, Milano, 1984.
Dispense del corso.
P. Saraceno: *La produzione industriale.* Libreria Universitaria, Venezia 1968.
R. Dorfman: *Prezzi e mercati.* Il Mulino, Bologna.
A. Williams-Gardner: *Industriai Drying,* Léonard Hill - London 1971.
A. Bencaster, G. Raimondi, G. Venturino: *Trattamento dei materiali. Serie di Impiantistica.* F. Angeli Milano 1978.
V. Zignoli: *Trasporti meccanici voi.* I e II, Hoepli, Milano.
M. P. Groorer: *Automation, production systems and computer aided manufacturing,* Prentice Hall, N. Y. 1980.
K. Hitomi: *Manufacturing Systems Engineering,* Taylor &; Francis.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIE MECCANICHE (CON DISEGNO) AR0055

Prof. Giuseppe GIORLEO

Programma di esame

1. **Norme di rappresentazione del disegno tecnico.** Proiezioni ortogonali, viste sezioni, quote, tolleranze, rugosità delle superfici, principali convenzioni per la rappresentazione degli organi di macchine.
2. **Richiami sulle strutture, proprietà e impieghi dei materiali.** Materiali metallici ferrosi. Leghe dell'alluminio. Leghe del rame. Materiali compositi.
3. **Tecnologie di base.** Fonderia: fusione e solidificazione dei metalli, forni fusori, formatura e colata dei getti, difetti nei getti, principali tecniche di fonderia. Lavorazioni per deformazione plastica: plasticità dei materiali, criteri di plasticità, laminazione, estrusione, trafilatura, stampaggio. Lavorazioni per asportazioni di truciolo: meccanismo di formazione del truciolo, materiali da utensile, usura e durata degli utensili, componenti fondamentali e principali movimenti delle macchine utensili, le principali macchine utensili (piallatrici, bocciatrici, torni paralleli, trapani, fresatrici). Saldature: generalità, le principali tecniche di saldatura, difetti dei giunti saldati.
4. **Tecnologie non tradizionali.** Lavorazioni mediante laser. Lavorazioni con fascio di elettroni. Lavorazioni elettrochimiche. Elettro erosione. Lavorazioni con ultrasuoni. Formatura ad alta energia. Sinterizzazione. Lavorazione con getto d'acqua e abrasivo. Tecnologie di produzione e di lavorazione dei materiali compositi.
5. **Trattamenti termici:** generalità, diagrammi di stato, principali trattamenti delle leghe ferrose e non ferrose.
6. **Prove meccaniche e tecnologiche:** Trazione, durezza, resilienza, fatica, piegatura, imbutitura, colabilità.
7. **Controlli non distruttivi:** radiografia industriale, ultrasonoscopia, magnetoscopia, liquidi penetranti, emissione acustica.

Esercitazioni

Il programma di esercitazione prevede l'esecuzione di elaborati o di progetti sui principali argomenti del corso. Sono previste visite guidate presso industrie meccaniche.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti svolti nel corso e in una discussione dell'elaborato o del progetto svolto durante le esercitazioni.

Libri consigliati

G. F. Micheletti: *Tecnologie Meccaniche*, voi. I ed. UTET.
F. Mazzoleni: *Lezioni di fonderia*, ed. Liguori.
F. Mazzoleni *Lavorazioni plastiche dei metalli*, ed. Liguori.
Metals Handbook, voi. 1-5 ed. American Society for Metals.
Appunti delle lezioni.

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.

Programma dell'insegnamento di

TECNOLOGIE MECCANICHE II AR0053

Prof. Francesco JOVANE

Programma di esame

1. - Introduzione al Corso

Le attività umane quali trasformazioni; rapporti tra bisogni e prodotti; rapporti tra prodotti e sistemi di produzione; elementi per una "teoria delle trasformazioni".

2. - Contesto esterno, azienda, "soluzione tecnologica", innovazione

2.1 - Il "problema di produzione", dominio (sociale, economico, tecnologico) delle soluzioni valide. La "soluzione tecnologica" (prodotto, processo, sistema di produzione).

2.2 - L'azienda quale sistema, sede di processi produttivi: principali funzioni aziendali; interazioni con il contesto esterno (sociale, economico, tecnologico).

2.3 - La tecnologia come variabile strategica. Innovazione tecnologica: aspetti macro, trasferimento e ruolo in azienda. Il management della Ricerca e Sviluppo.

3. - **La "soluzione tecnologica" (prodotto, processo, sistema di produzione): strumenti di analisi e conoscenze per la sua elaborazione**

3.1 - **Dal mercato ai prodotti** - Analisi di mercato e definizione del prodotto in termini di prestazione; individuazione della configurazione fisica del prodotto (articolazione gerarchica funzionale dei componenti).

3.2 - **Dai prodotti ai componenti** - Progettazione ed ingegnerizzazione (aspetti tecnologici, economici - analisi del valore -, energetici ed ambientali) del prodotto: definizione del materiale, della morfologia, delle dimensioni, della microgeometria e delle tolleranze ("Design for Manufacturing", "Design for Assembly", CAD).

3.3 - **Dai componenti ai processi** - Le trasformazioni tecnologiche; le tecnologie di produzione per le trasformazioni di specie (proprietà, macrogeometria, microgeometria) sul componente: lavorazioni per deformazione plastica, tecniche di fonderia, lavorazioni con asportazione di materiale, tecnologia dei compositi, trattamenti termici, tecnologie non convenzionali (Laser, etc.); tecnologie di produzione per le trasformazioni di specie sul complessivo: tecnologie di montaggio e di collegamento (saldatura, incollaggio, etc.); metrologia; definizione ottimale di un ciclo di lavorazione (traiettoria di processo): passaggio dal finito al greggio, razionalizzazione del metodo di generazione' del ciclo (codifica, gestione automatica del ciclo, generazione automatica del ciclo, CAPP), definizione dei parametri ottimali del ciclo; elementi di calcolo del processo (controllo di qualità, etc.).

3.4 - **Dai processi ai sistemi di produzione** - Tipologia delle unità produttive, sottosistemi e sistemi di produzione (FMS, Linee rigide, robot, etc.) per differenti tecnologie (lavorazione, montaggio, controllo); problematiche di inserimento dei sistemi di produzione nella fabbrica integrata (CIM); "progettazione" del sistema di produzione: elementi di Group Technology, simulazione, etc.; valutazione economica, controllo, implementazione e gestione dei sistemi di produzione.

Seminari

Sono previsti seminari di approfondimento di particolari tematiche innovative.

Esercitazioni

Elaborazione di uno studio riguardante la individuazione della "soluzione tecnologica" per un prodotto industriale. In tale studio gli allievi applicheranno le metodologie sviluppate ai punti 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 del programma d'esame.

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.

Esercitazioni specifiche con l'utilizzo dell'elaboratore su argomenti del corso riportati ai punti 3.2, 3.3 e 3.4.
Presentazione di casi aziendali; visite didattiche ad impianti industriali a tecnologie avanzate.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti svolti nel corso ed in una discussione sullo studio elaborato nel corso delle esercitazioni.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

TELERILEVAMENTO AX0010

Prof. Giovanni LECHI

Programma di 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 di 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 Pubblishing Company, 1980.
Remote Sensing Principles and Interpretation. Floyd F. Sabins. W.H. Freeman and Company, 1978.
Dispense del corso.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DEI FENOMENI ALEATORI AG0018

Prof. Flaminio BORGONOVO

Programma di esame

I Parte: Richiami
- Descrizioni e proprietà di variabili casuali (v.c.)
- Funzioni caratteristiche e generatrici di v.c.
- Teoremi fondamentali sulla convergenza di v.c.

II Parte: Eventi temporali
- Eventi uniformi e v.c. ad essi legati
- Eventi di Poisson e v.c. ad essi legati
- Eventi di Poisson non omogenei e generalizzati
- Eventi ricorrenti
- Applicazioni all'affidabilità.

Ili Parte: Processi casuali
- Definizioni e classificazioni. Processi puramente casuali, Markoviani e filtrati
- Proprietà temporali. Stazionarietà ed ergodicità.

IV Parte: Catene di Markpv omogenee tempo-discrete e tempo-continue
- Descrizione e classificazione
- Soluzioni transitorie
- Soluzioni asintotiche
- Catene Semimarkoviane
- Cenni alle catene non omogenee

V Parte: File d'attesa
- Parametri e processi riguardanti le file d'attesa
- File Markoviane
- File con servizi generali e arrivi generali
- Priorità e classi di servizio
- Applicazioni alla telefonia, al time sharing e all'accesso multiplo.

VI Parte: Reti di code
- Equilibrio globale e locale
- Reti di Jackson aperte e chiuse
- Reti di Baskett, Chandy, Muntz e Palacios
- Analisi col metodo del valor medio
- Reversibilità e flussi
- Applicazioni

Modalità di esame

Sono previste una prova scritta ed una orale.

Libri consigliati

F. Borgonovo: *Probabilità* e *variabili casuali*; CLUP.
E. Parzen: *Stochastic processes*,Holden-Day
L. Kleinrock: *Queueing System*, Voi. I e II, Wiley &: Sons
E. Gelembe, G. Pujolle: *Introduction to Queueing Networks*, Wiley & Sons
Sono disponibili appunti dattiloscritti delle lezioni.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DEI SISTEMI Sez. A AG0021

Proff. Sergio BITTANTI, Sergio RINALDI

Programma di esame

1. Sistemi a stati finiti (automi)

Esempi (illuminazione sala, rotazione agraria, contatore, riconoscitore di parole). Definizione di automa. Automi di Moore e automi di Mealy. Descrizione di un automa con grafi e tabelle. Matrice di incidenza. Equilibrio. Reversibilità. Connessione e test con matrice di incidenza. Indistinguibilità. Algoritmo di Paull-Unger. Equivalenza. Minimalità e realizzazione minima. Uscite di equilibrio. Legge di controllo. Stima dello Stato. Regolatore. Controllo in tempo minimo. Il Package FISSA per l'analisi e la simulazione degli automi. "Le Cellule" (un automa reticolare con regole di transizione locali).

2. Sistemi lineari continui

Definizione di sistema lineare continuo. Esempi: sistemi elettrici, meccanici, termici, economici,..... Formula di Lagrange: movimento libero, movimento forzato e principio di sovrapposizione delle cause e degli effetti. 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. Raggiungibilità e test di Kalman. Forma canonica di controllo e altre forme canoniche. Il problema della legge di controllo. Assegnamento dei poli. Osservabilità e principio di dualità. Forma canonica di osservazione e altre forme canoniche. Stima dello stato. Ricostruttore asintotico dello stato. Il problema del regolatore. Regolatori lineari costituiti da controllori e ricostruttori. Esempi di applicazione: la regolazione di un satellite su orbita circolare, la stabilizzazione di una struttura meccanica instabile. Scomposizione canonica e minimalità. Stabilità esterna. Risposta all'impulso. Convoluzione e trasformate di Laplace (Cenni). Funzione di trasferimento: definizione e calcolo. Significato pratico di poli, zeri e guadagno. Calcolo qualitativo delle risposte all'impulso e allo scalino. Metodo delle perturbazioni singolari per l'analisi di sistemi lineari a dinamica differenziata. Applicazioni del metodo delle perturbazioni singolari in sistemi elettrici. Schemi a blocchi e formula di Mason. Regime periodico e risposta in frequenza. Diagrammi di Nyquist. 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. Realizzazione minima dei sistemi a un ingresso e una uscita. Il problema degli ingressi casuali. Sistemi lineari nelle probabilità. Il package LISA per l'analisi dei sistemi lineari continui.

3. Sistemi lineari discreti

Definizione di sistema lineare discreto. Esempi. Discretizzazione dei sistemi continui. Stabilità. Raggiungibilità, legge di controllo e assegnamento dei poli. Osservabilità, stima dello stato e ricostruttore asintotico. Trasformate zeta e funzione di trasferimento. Sistemi a segnali campionati. Invertibilità. Relazioni ingresso-uscita e modelli ARMA. Calcolo della funzione di trasferimento e dei parametri del modello ARMA a partire dalla serie di dati di ingresso e uscita. I sistemi discreti come algoritmi di elaborazione dei segnali. Sistemi positivi. Il package LISA per l'analisi dei sistemi discreti.

4. 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. Esempi di applicazione del metodo di Liapunov. Criteri di instabilità. Stabilità in grande. Equazione di Liapunov. Linearizzazione. Stabilità dell'equilibrio via linearizzazione. Applicazione al problema del carico di punta. Sistemi del secondo ordine: equilibri, cicli, teoremi di Bendixon e Poincaré. Uso del teorema di Poincaré

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.

nell'analisi di un oscillatore elettrico. Biforcazioni e catastrofi. Esempi di catastrofi in sistemi elettromeccanici, economici e biologici. Metodo della perturbazioni singolari per l'analisi di sistemi non lineari a dinamica differenziata. Applicazioni del metodo delle perturbazioni singolari in sistemi idraulici, elettrici ed economici. Funzionamento caotico dei sistemi non lineari. Sistemi lineari con vincoli sugli ingressi: teorema della copertura convessa. Il package SOSS per l'analisi e la simulazione dei sistemi non lineari del secondo ordine. Cenno ad altri package per la simulazione di sistemi di ordine superiore.

5. Elementi di modellistica e simulazione

Il significato e la storia della modellizzazione. Il concetto di similitudine. La simulazione su calcolatore dei sistemi dinamici. Tecniche di discretizzazione dei sistemi contini. Calcolo vettoriale e simulazione di sistemi a grandi dimensioni. Tecniche di visualizzazione dei dati. Cenni alla teniche e ai linguaggi di simulazione. Prestazioni di un modello di simulazione. Ruolo dei dati e taratura dei modelli. Il caso dei modelli lineari nei parametri

Esercitazioni

Durante l'anno l'allievo parteciperà alle normali esercitazioni di gruppo e svolgerà in modo autonomo (eventualmente presso il Centro di calcolo) delle esercitazioni che prevedono l'uso di un personal computer (IBM compatibile). Per queste esercitazioni, che costituiscono parte integrante del corso e dell'esame, lo studente dovrà munirsi dei dischetti di videogiochi e algoritmi di Teoria dei Sistemi (CLUP).

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova scritta, con eventuale discussione dell'elaborato, od orale, a scelta del candidato. Durante l'anno verrano 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. 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,
mentre per gli esercizi si deve far riferimento a:
S. Rinaldi, *Teoria dei sistemi: esercizi (nuova edizione)*, CLUP.
Per i richiami di algebra lineare si consiglia:
G. Fronza. A. Locatelli, S. Rinaldi, *Elementi di algebra lineare*, CLUP.

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DEI SISTEMI Sez. B AG0088

Prof. Sergio RINALDI

Programma di esame

1. Introduzione

Generalità sulla modellistica: 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 simulazione e modelli di previsione. Modelli decisionali: modelli di pianificazione e modelli di gestione. Esempi di casi.

2. Elementi di dinamica dei sistemi

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 assegnamento 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 dei transitori. Risposta in frequenza: definizione, significato pratico, proprietà filtranti dei sistemi dinamici, banda passante e risonanza. Esempi riassuntivi.

3. Simulazione

Tecniche di simulazione e mezzi di calcolo (unità grafiche e loro uso). Cenni ai metodi di taratura dei modelli: stima ai minimi quadrati, stima off-line e on-line; stima bayesiana e criterio della massima verosomiglianza.

4. Previsione

Finalità delle previsioni. Previsore stocastici (modelli ARMAX e previsore di Kalman). Cenni ai metodi di taratura.

5. Elementi di teoria del controllo e di automazione

Disturbi e regolazione. Schemi di regolazione in anello aperto, anello chiuso e compensazione. Criteri di sintesi: stabilità, ottimalità, insensitività. Comportamento dei sistemi di controllo a transitorio esaurito: errore dovuto al segnale di riferimento, a disturbo in uscita, a disturbo sul trasduttore e sull'attuatore; errore dovuto a disturbo parametrico sul processo e sul trasduttore. Progetto di un sistema di controllo, prescrizioni nel dominio del tempo e della frequenza. Progetto statico e progetto dinamico. Criteri di Nyquist e Bode. Sistemi di controllo a relè.

Identificazione delle caratteristiche statiche e dinamiche degli impianti. Problemi di campionamento, quantizzazione e filtraggio dei segnali. Misure di concentrazione, temperatura, pressione, livello, ... Convertitore A/D e D/A. Regolatori PID e loro taratura: regole di Ziegler e Nichols. Microprocessori e calcolatori di processo in linea e fuori linea. Realizzazione di sistemi informativo-decisionali. Cenni a strutture di controllo complesse (decentralizzato e adattivo). Esempi.

Esercitazioni

Il programma comprenderà:

1) esercitazioni numeriche, riguardanti gli elementi di dinamica dei sistemi e teoria del controllo;

2) esercitazioni al terminale, sulle tecniche di simulazione presentate nel terzo capitolo.

3) studi di casi, riguardanti la taratura e la simulazione di modelli complessi, e l'uso dei modelli in problemi di regolazione.

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 di 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

S. Rinaldi, *Note al corso di Analisi dei Sistemi*, parte 1 e 2, CLUP, 1983.
S. Bittanti e N. Schiavoni, *Modellistica e controllo*, Voli. 1 e 2, CLUP, 1977.
S. Rinaldi, *Teoria dei Sistemi-Esercizi*, CLUP, 1984.

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DEI SISTEMI DI COMUNICAZIONE AG0020

Prof. Sandro BELLINI

Programma di esame

1) Modelli dei sistemi di comunicazione. Formulazione statistica dei problemi di trasmissione dell'informazione.
2) Rappresentazione 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. Tecniche per la protezione dai disturbi: codificazione e decodificazione di codici a blocco e convoluzionali.
5) Sistemi analogici. Stima di parametri. Ricostruzione di segnali analogici perturbati da disturbi. Filtraggio lineare e ricorsivo. Modulazione lineare e non lineare.
6) Cenni sulla codificazione di sorgente, sui codici di linea, sulle reti di comunicazione.

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 di esame

L'esame consta di una prova 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.

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.

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DELLA PLASTICITÀ AN0041

Prof. Roberto CONTRO

Programma di esame

Parte I - Fondamenti di teoria generale della plasticità

1. Criteri di plasticizzazione per stati di tensione pluriassali: nozione di funzione di snervamento e di potenziale plastico; plasticità perfetta e plasticità incrudente; incrudimento isotropo, cinematico, misto, alla Koiter; criteri di Tresca, di von Mises, di Mohr-Coulomb, di Druker-Prager.

2. Deformazioni plastiche incrementali e leggi di scorrimento: postulato quasi-termodinamico di Drucker e sue conseguenze, leggi di scorrimento in plasticità perfetta e in plasticità incrudente, generalizzazione di Koiter, leggi di scorrimento associate ai criteri di Tresca e von Mises. Estensioni e limiti della Teoria della Plasticità per lo studio del comportamento di materiali non convenzionali; cenno a modelli alternativi.

3. Teoremi fondamentali di analisi incrementale, di analisi limite e di stabilizzazione; teoremi di unicità e principi di minimo per tensioni e deformazioni; teorema statico, cinematico e di unicità dell'analisi limite e di stabilizzazione.

Parte II - Teoria delle strutture elastoplastiche

1. Complementi al calcolo a rottura dei sistemi di travi: effetti che influenzano il valore del momento plastico nelle membrature, "interazione" tra momento, azione assiale, torsione, taglio; graticci metallici, archi.Progetto di minimo peso. Cenni di programmazione lineare (L.P.) per la soluzione di problemi di analisi e di progetto limite.

2. Stati piani di tensione e stati piani di deformazione in regime elastoplastico: lastre sottili rettangolari, circolari di rotazione, tubi di grosso spessore, forzamento di involucri cilindrici, flessione di travi a forte curvatura.

3. Calcolo a rottura delle piastre sottili inflesse: condizioni di plasticità e leggi di scorrimento per le piastre, carico di collasso per piastre circolari e rettangolari isotrope; calcolo di spostamenti e deformazioni a collasso. Calcolo a rottura delle piastre in cemento armato.

4. Calcolo a rottura di gusci di rivoluzione; gusci cilindrici in condizione di pressione uniforme o idrostatica; gusci conici e gusci sferici.

Parte III - Analisi delle strutture elastoplastiche per elementi finiti

1. Modelli di spostamento, componenti generalizzate di tensione e deformazione dell'elemento finito, relazione tra la legge costitutiva del materiale e quella dell'elemento, linearizzazione a tratti e descrizione analitica corrispondente; matrice elasto-plastica dell'elemento.

2. Metodi iterativi e metodi incrementali per l'analisi elasto-plastici incrementale e finita.

3. Metodi di programmazione matematica per problemi di analisi limite, incrementale e finita; traduzione dei problemi di analisi limite e di stabilizzazione in problemi di programmazione lineare (L.P.), formulazione statica, cinematica, dualità; formulazione del problema di analisi incrementale e finita quale problema di programmazione quadrata (Q.P.) e problema lineare di complementarietà (L.C.P.).

Esercitazioni

Nelle esercitazioni saranno sviluppati complementi alle lezioni ed esercizi.

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.

Libri consigliati

L. Malvern: *Introduction to thè Mechanics of a Continuous Medium*, ed. Prentice Hall, 1969.
W-F. Chen, A.F. Salub: *Constitutive Equations for Engineering Materials*, ed. Wiley, 1982.
W-F. Chen, D.J. Han: *Plasticity for Structural Engineers*, ed. Springer-Verlag, 1988.
J. Martin: *Plasticity*, ed. MIT, 1975.
C. Massonet, M. Save: *Calcolo Plastico a Rottura delle Costruzioni*, ed. CLUP, 1980.
C. Massonet, M. Save: *Calcolo a Rottura*, Voi. II, ed. Zanichelli, 1968.
Plasticity Today, A. Sawcruk, G. Bianchi ed.s, ed. Elsevier, 1985.
Engineering Plasticity by Mathematica! Programming, M. Cohn, G. Maier ed.s, ed. Pergamon Press, 1979.
M. P. Nielsen, *Limit Analysis and Concrete Plasticity*, ed. Prentice-Hall, 1984.
D. R. J. Owen, E. Hinton: *Finite Elements in Plasticity*, ed. Pineridge Press., 1980.

Durante il corso verranno fornite dettagliate indicazioni sulle fonti più opportune per lo studio e l'approfondimento degli argomenti trattati; per alcuni di questi saranno redatte delle sintesi orientative.

Tutti i testi consigliati sono disponibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Ingegneria Strutturale e presso la Biblioteca Centrale.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DELLA REGOLAZIONE AG0013

Prof. Arturo LO CATELLI

Programma di esame

1. Problemi di controllo ottimo

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. Assegnamento dei poli

2.1. Stato accessibile
2.2. Stato non accessibile

3. **Sintesi del regolatore non interagente**

3.1. Regolatori dinaminici e algebrici
3.2. Non interazione e stabilità

4. Sintesi del regolatore insensitivo

4.1. Insensitività forte
4.2. Insensitività terminale

5. **Elementi di analisi e sintesi di sistemi di controllo multivariabili nel dominio delle frequenze**

Modalità di esame

Lo studente può, al momento dell'esame, scegliere se essere interrogato, oltre che sugli argomenti di cui ai punti 1) e 2), sugli argomenti di cui ai punti 3) e 4) (che sono reperibili sui testi sotto indicati) o su quelli di cui al punto 5) (per i quali sarà possibile contare, quasi esclusivamente, su appunti presi a lezione).

Libri consigliati

A. Locatelli: *Elementi di Controllo Ottimo*, CLUP
A. Locatelli: *Raccolta di Problemi di Controllo Ottimo*, Pitagora
A. Locatelli: *Appunti di Teoria della Regolazione*, CLUP
G. Fronza, A. Locatelli, S. Rinaldi: *Elementi di Algebra Lineare*, CLUP

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DELLE RETI ELETTRICHE AG0019

Prof. Mauro SANTOMAURO

Programma di esame

1. Postulati fondamentali delle reti elettriche e loro significato fisico.
Modelli matematici. Elementi costitutivi delle reti elettriche. Definizioni di bipolo, n-polo, n-porta. Regole di connessione. Analisi e sintesi delle reti.

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. Criteri di stabilità. 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. Diagrammi di Bode e di Nyquist. Reti in regime periodico non sinusoidale.

9. Analisi di reti dinamiche lineari con l'uso della trasformata di Laplace.
Definizione e proprietà della trasformata di Laplace (t.d.L.). Metodo simbolico per l'analisi delle reti. Risposta con stato zero e con ingresso zero. Funzione di trasferimento H(s). Poli e zeri. Sviluppo in frazioni parziali. Soluzione dell'equazione di stato con la t.d.L. Legame tra H(s) e le matrici di stato A,B,C,D. Frequenze naturali e poli di H(s). Legame tra H(s) e H(jw). Costruzione grafica del modulo e della fase di H(jw). Parametri caratteristici immagine e di diffusione di un doppio bipolo. Perdite di inserzione. Adattamento.

10. Progetto di reti elettriche assistito da calcolatore.
Normalizzazione di impedenza e di frequenza. Sensitivity: definizione, proprietà, e metodi di calcolo. Il progetto come problema di ottimizzazione. La cifra di merito. Metodi di ottimizzazione. Studio di casi.

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.

11. La simulazione circuitale.
Caratteristiche generali di un programma per la simulazione circuitale. Il programma SPICE2: struttura, prestazioni, uso. Cenni ad altri tipi di simulazione. Cenni al layout di circuiti integrati.
12. **Analisi dei circuiti digitali.**
Sistemi tempo-continui e tempo-discreti. Circuiti digitali e sequenze temporali. Equazioni alle differenze finite. La trasformata z: proprietà e calcolo. La z-trasformata inversa. Analisi di circuiti digitali nel dominio del tempo. Caratterizzazione mediante equazioni di stato. Analisi nel dominio della variabile z. Rappresentazioni matriciali e mediante grafi di flusso di segnale. Funzioni di trasferimento: sistemi ricorrenti e non ricorrenti. Stabilità. Forme canoniche. Risposta in frequenza.
13. **Introduzione alla sintesi di circuiti analogici e digitali.**
Cenni sulle tecniche di sintesi di circuiti analogici. Relazione tra circuiti analogici e digitali: corrispondenza tra i piani s e z. Campionamento. Cenni sulla sintesi di filtri digitali IIR. Trasformazioni di variabile: z-standard e bilineare. Metodi di approssimazione mediante polinomi trigonometrici.

Esercitazioni

Durante l'anno saranno svolte esercitazioni numeriche e sperimentali (analisi e progetto di reti elettriche mediante calcolatore).

Modalità di esame

L'esame consta di una prova scritta e di un colloquio. La prova scritta può essere sostituita da un progetto relativo alla progettazione assistita da calcolatore. In questo caso parte del colloquio sarà dedicato alla discussione del progetto.

Libri consigliati

Per le sezioni da 1 a 10 si segue il testo:
L. Chua, C. Desoer, E. Kuh: *Linear and Nonlinear Circuits*, Ed. Me Graw-Hill (in italiano: *Circuiti Lineari e non lineari*, Ed. Jackson).
Per la sezione Ile disponibile in manuale d'uso di SpiCAD.
Per le sezioni 12 e 13 si seguono i primi due capitoli del testo:
A.V. Oppenheim, R.W. Schafer: *Digital Signal Processing*, Ed. Prentice-hall (in italiano: *Elaborazione numerica dei segnali*, Ed. F. Angeli).

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DELL'INFORMAZIONE E DELLA TRASMISSIONE Sez. A AG0012

Prof. Guido TARTARA

Programma di esame

1. La trasmissione dell'informazione. Introduzione.
Modello dei sistemi di comunicazione.
Informazione e sorgenti. Quantità d'informazione; entropia delle sorgenti; rappresentazione dell'informazione e codificazione efficiente; I teorema di Shannon.
Esempi.
Informazione e canali di trasmissione. Capacità di canale e II teorema di Shannon.
2. I fondamneti di calcolo delle probabilità.
3. Richiami sull'analisi di segnali e sistemi lineari.
Serie e integrale di Fourier; spettri e correlazione.
I segnali nei sistemi lineari: analisi nel dominio del tempo e della frequenza.
Relazione tra forme d'onda e banda. Interferenza intersimbolica. Criterio di Nyquist.
4. Il rumore e la ricezione in presenza di rumore.
Natura fisica del rumore. Caratteristiche e rappresentazione
Filtro adattato; ricevitore e correlazione
Distorsioni lineari e non lineari
5. La comunicazione numerica.
II teorema del campionamento. Esempi (segnale vocale e televisivo). La conversione numerica di segnali analogici; applicazione alla modulazione impulsiva a codice (PCM).
Trasmissione in divisione di tempo di segnali numerici.
6. Tecniche di modulazione per la trasmissione
Tecniche di modulazione numeriche. Modulazione di ampiezza, di fase, di frequenza; modulazioni composte. Sistemi di demodulazione. Esempi: modem per la trasmissione dati.
Cenni sulla modulazione analogica.
Multiplex a divisione di frequenza.
7. Tecniche di codificazione: protezione dagli errori nella trasmissione e in telematica.
Rivelazione e correzione degli errori. Il canale binario simmetrico.
Codici a blocco. Codici di Hamming; codici ciclici; rappresentazione polinomiale.
Cenni sui codici convoluzionali.
Applicazioni.
8. Prestazioni dei sistemi di comunicazioni.
Relazione tra rapporto segnale/rumore, banda e tempo di trasmissione.
Capacità di trasmissione dei canali di comunicazione.
9. Introduzione ai sistemi di telecomunicazioni.
Generalità sui sistemi radio (ponti radio, satelliti) e sui sistemi a cavo e fibra ottica.
Generalità sulla rete telefonica.
Cenni ed esempi sulle architetture delle reti di telecomunicazioni.

Modalità di esame

L'esame *e* orale, ed è preceduto da una prova scritta.

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.

Libri consigliati

S. Bellini: *Elementi di teoria dei segnali.* CLUP.
G. Tartara: *Teoria dei sistemi di comunicazione.* Boringhieri (capitolo 5)
Note dalle lezioni del corso vengono messe a disposizione degli studenti. Inoltre vengono indicati durante il corso altri testi utili.

Programma dell'insegnamento di

TEORIA DELL'INFORMAZIONE E DELLA TRASMISSIONE Sez. B AG0044

Prof. Sandro BELLINI

Programma di esame

1. **Analisi dei sistemi lineari stabili nel dominio del tempo.** Linearità. Invarianza nel tempo. Integrale di convoluzione. Funzione impulsiva. Risposta all'impulso.
2. **Trasformazione di Fourier.** Definizione e proprietà. Funzione di trasferimento. Regime sinusoidale. Metodi per il calcolo della risposta a forme d'onda qualsiasi. Forme d'onda periodiche. Sviluppo in serie di Fourier. Uso delle sole frequenze positive. Rappresentazione di segnali passa-banda mediante l'inviluppo complesso. Trasformate bidimensionali (cenni).
3. **Campionamento.** Trasformata del segnale campionato. Filtri di ricostruzione. Prefiltraggio del segnale. Trasmissione a divisione di tempo. Trasformata discreta di Fourier. Elaborazione numerica dei segnali (cenni).
4. **Segnali costituiti da sequenze di simboli.** Scelta di forme d'onda per la trasmissione numerica. Forme d'onda con zeri equidistanti. Interferenza tra i simboli.
5. **Probabilità, variabili casuali e processi casuali.** Teoria della probabilità. Densità di probabilità e funzione di distribuzione. Indipendenza statistica. Funzioni di variabili casuali. Momenti. Legge dei grandi numeri e teorema del limite centrale. Processi casuali. Valor medio. Autocorrelazione. Densità spettrale di potenza. Processi gaussiani nei sistemi lineari tempo-invarianti.
6. **Segnali e disturbi.** Descrizione del segnale telefonico e del segnale televisivo. Effetto dei disturbi introdotti dai sistemi di trasmissione. Rumore termico, rumore elettronico, rumore impulsivo, ecc. Temperatura di rumore.
7. **Conversione in forma numerica di segnali analogici.** Quantizzazione. Potenza del disturbo e sua minimizzazione. Quantizzazione dei segnali telefonico e televisivo.
8. **Informazione media di sorgenti discrete e codificazione binaria.** Definizione dell'informazione media, e suo calcolo per sorgenti semplici. Codificazione di sorgente: codice di Huffmann. Cenni alla codificazione di canale.

Modalità di esame

L'esame orale è preceduto da una breve prova scritta tendente ad accertare l'apprendimento dei concetti basilari contenuti nei punti 1, 2, 3 e 5 del programma, indispensabili per la comprensione della parte restante.

Libri consigliati

S. Bellini: *Elementi di teoria dei segnali*, CLUP.
F. Carassa: *Comunicazioni Elettriche* (Appendici + Cap. 1 - 1 1)
Numerosi altri testi possono essere utili. Alcuni di questi (in particolare quelli disponibili in biblioteca) vengono indicati nelle prime lezioni del corso.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TEORIA E PRATICA DELLE MISURE (§ U.D.) AX0001

(per gli allievi del primo anno del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)

Proff. Mariano CUNIETTI, Alberto GIUSSANI

Programma di esame

1 - Statistica descrittiva

Popolazione, individui, argomento di classificazione statistica.

La variabile statistica semplice, modalità argomento, frequenze relative, assolute e loro rappresentazioni grafiche.

1 momenti di una V.S., momenti fondamentali, media, valore quadratico medio, varianza, relazioni e significato descrittivo.

Disuguaglianza di Tchebycheff.

Variabile statistica doppia, tabella a doppia entrata e sua rappresentazione grafica, curva regressione e curva variabilità, fascia di regressione.

Correlazione fra i due argomenti e procedure di misura, indice di Pearson, coefficiente di correlazione lineare.

2 - Calcolo delle probabilità

Operazione di estrazione a caso e sue caratteristiche, il caso, legge empirica del caso.

L'attesa e la sua giustificazione, la probabilità come misura della giustificazione, metodi di misura delle probabilità.

La variabile casuale, uguaglianza numerica con V.S. e differenza concettuale.

Complicazione dello stato di attesa: terorema sulla probabilità, complicazione della estrazione: principio della popolazione equivalente, complicazioni della popolazione, V.C. doppia e sistemi di V.C.

Sistemi algebrici di V.C. e regole sul calcolo dei momenti fondamentali (media e varianza) di alcuni sistemi algebrici di V.C.

3 - La stima

Concetto generale di stima, onestà ed attendibilità di una stima.

Stima dei momenti di una V.C. mediante estrazioni a caso.

Media empirica semplice e media empirica ponderata.

Stima delle varianze della media empirica semplice e della media empirica ponderata.

Principio dei minimi quadrati ed applicazione alla determinazione di grandezze incognite.

Coefficiente di correlazione lineare di tipo funzionale.

4 - Variabile casuale normale e le altre distribuzioni classiche

Teorema centrale della statistica o di Laplace-Tchebycheff.

La variabile casuale normale sue caratteristiche analitiche e statistiche.

La distribuzione binomiale e le distribuzioni di Poisson.

5-1 processi stocastici

L'inferenza statistica.

I tests sulle medie, sulle varianze e sulle curve di distribuzione.

Definizioni di processo stocastico e cenni sulle sue caratteristiche applicative.

Libri consigliati

M. Cunietti: *Le misure ed il loro trattamento*, Ed. CLUP, Milano, 1977.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TEORIA E PRATICA DELLE MISURE **AX0001**

(per allievi meccanici)

Proff. Mariano CUNIETTI, Alberto GIUSSANI

Programma di esame

I Parte

1.1. La misura e l'ambiente reale; misura vera; errori accidentali e sistematici.
1.2. Formula della media empirica; la media empirica come "indice empirico" o "stima" della media teorica.
1.3. Errore quadratico medio della media empirica di n misure.
1.4. Indice empirico dell'errore quadratico medio.
1.5. Formula della media ponderata empirica. Definizione di peso; scelta dei pesi.
1.6. Errore quadratico medio della media ponderata empirica.
1.7. Indice empirico dell'errore quadratico medio dell'unità di peso (j|0.
1.8. Valore vero ed espressione dell'errore nelle misure indirette.
1.9. Errore quadratico medio di una misura in presenza o no di correlazioni fra le misure dirette.

II Parte

2.1. La variabile statistica semplice. I momenti. La disuguaglianza di Tchebycheff. Istogramma. Distribuzione normale.
2.2. Le variabili statistiche a due dimensioni. Curve di regressione e variabilità. Indice di Pearson. Coefficiente di correlazione lineare.
2.3. La legge empirica del caso. Concetto di probabilità, sua definizione e misura.
2.4. Le variabili casuali. Teoremi sulle probabilità. Sistemi di v.c. Regole sui momenti dei sistemi.
2.5. Coefficiente di correlazione lineare di tipo funzionale.
2.6. Concetti generali sul trattamento delle misure di grandezze nel controllo dei processi e prodotti industriali.
2.7. Cenni sull'inferenza statistica e sui processi stocastici.

Libri consigliati

M. Cunietti: *Le misure ed il loro trattamento*, Ed. CLUP, Milano, 1977.
G. Togliatti: *Fondamenti di statistica*, III ed. CLUP, 1976.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TEORIA E PRATICA DELLE MISURE (Statistica) AX0008

(per gli allievi dei Corsi di Laurea in Ingegneria Civile, Elettronica ind. Informatica, Elettrotecnica e Nucleare)

Prof. Luigi MUSSIO

Programma di esame

I. INSIEMI (LE MISURE), CAMPIONI E MODELLI STOCASTICI.

1. Variabili statistiche e variabili casuali: insiemi di definizione, frequenze, probabilità (distribuzione e densità di probabilità); teoremi delle probabilità totale e composta, teorema di Bayes.
2. Statistica descrittiva:
- rappresentazione e momenti di variabili a una dimensione: istogramma, centro (la moda, la mediana e la media), dispersione (l'ampiezza, i quantili e la varianza; teorema di Chebyshev), asimmetria, curtosi;
- rappresentazioni e momenti di variabili a due dimensioni: tabella a doppia entrata, connessione, regressione (teorema di decomposizione ortogonale degli scarti), correlazione, curve di regressione e di variabilità (la retta di regressione);
3. Le distribuzioni delle variabili casuali rettangolare, binomiale e normale; esempi di altre distribuzioni.
4. Trasformazioni di variabili casuali:
- trasformazione della distribuzione di probabilità: esempi: convoluzione, le distribuzioni delle variabili X^2, t di Student, F di Fischer;
- teorema della media, corollario per il caso lineare;
- legge di propagazione della varianza e della covarianza;
- teorema di indipendenza (l'ellisse d'errore) e trasformazioni lineari per il caso normale.
5. La legge empirica del caso e il teorema centrale della statistica.

IL STIMA DI PARAMETRI DI MODELLI.

1. Caratteristiche delle stime: campionamento bernoulliano, correttezza, consistenza, efficienza, limite minima varianza (per le stime lineari), sufficienza, robustezza.
2. Stime con il metodo della massima verosimiglianza:
- le statistiche campionarie della distribuzione normale: la media aritmetica e ponderata, la varianza, il coefficiente di correlazione;
- i parametri di altre distribuzioni.
3. Stime con il metodo dei minimi quadrati:
- equazioni di condizione;
- equazioni di condizione con parametri aggiuntivi;
- equazioni di condizione con parametri aggiuntivi e vincoli;
- casi non-lineari (non-linearità dei parametri aggiuntivi, riproduzione dei pesi).

Esempi:
- l'interpolazione;
- la regressione lineare multipla;
- il metodo degli elementi finiti;
- le reti di tipo geodetico.

Problemi di calcolo:
- algoritmi di algebra lineare (metodi esatti, iterativi e sequenziali);
- operazioni sui grafi (algoritmi di riordino, dissezione, clustering);
- tests numerici di condizione.

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.

4. Progettazione dell'esperimento:
- affidabilità interna ed esterna;
- ottimizzazione della configurazione delle misure (primo ordine);
- ottimizzazione della precisione delle misure (secondo ordine).
5. Identificazione di errori grossolani:
- gli stimatori robusti;
- il metodo della "minima somma dei moduli".

III. **CONTROLLO DI QUALITÀ, CONTROLLO E CONFRONTO D'IPOTESI**

1. Inferenza statistica: livello di significatività e potenza di un test, intervalli fiduciari di una statistica campionaria.
2. I tests ordinari sulle frequenze, la media, la differenza di medie, la varianza, il rapporto fra varianze e il coefficiente di correlazione per campioni numerosi e piccoli campioni normali; i tests ordinari non-parametrici.
3. I tests multipli di buon adattamento, d'indipendenza, di analisi della varianza e per lo studio delle componenti di varianza-covarianza; i tests multipli non-parametrici.
4. I tests per i minimi quadrati: sulla bontà di una compensazione, sulla significatività dei parametri, sull'adeguatezza del modello stocastico, per la detezione di errori grossolani.

IV. **INSIEMI ORDINATI (LE MISURE E LA LORO CATALOGAZIONE), SERIE O LATTICI, PROCESSI STOCASTICI.**

1. Proprietà dei processi stocastici: momenti d'insieme, momenti calcolati lungo la realizzazione, stazionarietà in senso forte e debole, ergodicità, invarianze, spettri di potenza.
2. Identificazione del modello stocastico:
- stime di auto e cross-covarianza;
- funzioni di covarianza.
3. Stime ottimali lineari alla Wiener-Kolmogorov:
- collocazione minimi quadrati;
- collocazione minimi quadrati con parametri di un modello funzionale;
- tests di buon adattamento.

Esempi:
- serie temporali storiche;
- modelli digitali a supporto territoriale;
- processi a più componenti.

Problemi di calcolo
- costruzione delle stime empiriche di covarianza;
- identificazione della funzione di covarianza "modello";
- filtraggio del segnale dal rumore e calcolo degli e.q.m. di stima;
- predizione del segnale.

Modalità di 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.

Programma dell'insegnamento di

TEORIA E PRATICA DELLE MISURE (Statistica) AX0008

(per allievi elettronici non informatici)

Prof. Ferdinando SANSÒ

Programma di esame

Parte I

1. Statistica. La variabile statistica a una dimensione, rappresentazioni grafiche. Momenti di una variabile statistica. La variabile statistica a due dimensioni. Regressione e correlazione. Curve di regressione e variabilità. Indici di dipendenza. Indici di correlazione e di regressione.

2. Calcolo delle probabilità. Legge empirica del caso. Assiomi e teoremi sulla probabilità. La variabile casuale. Sistemi di variabili casuali. Distribuzioni: binomiale, Poissoniana, normale. Teorema centrale della statistica.

3. **Distribuzioni campionarie.** Distribuzioni per campioni numerosi di medie e varianze campionarie. Campionamento Bernoulliano, Poissoniano proporzionale ed ottimale. Distribuzioni campionarie esatte: χ^2, t di Student, F di Fisher.

4. **Controllo di qualità, controllo di ipotesi.** Test di significatività di alcune statistiche campionarie (percentuali, medie, varianze, differenze di medie) dedotte da piccoli e grandi campioni. Tests sequenziali. Limiti fiduciari per statistiche campionarie. Analisi di varianza.

5. **Il problema della stima.** Caratteristiche delle statistiche stimate. Metodi di stima: massima verosomiglianza e minimi quadrati. Stima dei parametri di un modello lineare.

Parte II

1. Complementi di calcolo delle probabilità. Distribuzioni bidimesionali continue e discontinue, distribuzioni marginali e condizionate. Distribuzione normale bidimensionale e sua curva di regressione. Distribuzioni derivate con trasformazioni di variabile Y = g(X). Distribuzione della somma di due variabili casuali.

2. La regressione lineare semplice e multipla. Stima di parametri, loro varianza e relativi limiti fiduciari. Analisi di varianza della regressione. Ricerca della migliore equazione di regressione con procedimenti di selezione all'indietro, in avanti e sequenziale.

3. **Estensioni della distribuzione di Poisson.** Distribuzione esponenziale. Distribuzione Gamma.

4. **Processi Stocastici.** Momenti di insieme: media, autocorrelazione, autocovarianza, cross-correlazione, cross-covarianza. Stazionarietà in senso stretto e stazionarietà debole. Integrali stocastici: momenti temporali. Ergodicità. Ergodicità delle medie, correlazione e spettri di potenza. Processo di Poisson. Processi stocastici autoregressivi e a media mobile. Condizioni di stazionarietà ed invertibilità. Identificazione del tipo di modello. Calcolo approssimato e raffinamento dei parametri. Test di buon adattamento.

Esercitazioni

Due ore settimanali.

Modalità di esame

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

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.

Libri consigliati

G. Togliatti: *Fondamenti di statistica*, CLUP, 1976.
G. Finzi: *Analisi di serie temporali*, CLUP, 1980.
P.G. Hoel: *Introduction to mathematica! statistics*, Wiley, 1971.
Sistemi incerti, CLUP, 1976 (a cura di S. Bittanti e G. Guardabassi).
G.E.P. Box, G.M. Jenkins: *Time series analysis, forecasting and control*, Holden Day (S. Francisco), 1970.

Programma dell'insegnamento di

TEORIA E SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI **AF0018**

Prof. Guido BUZZI FERRARIS

Programma di esame

Considerazioni preliminari

Parte I

Ricerca di laboratorio

- Ricerca preliminare esplorativa.
- Ricerca sistematica programmata.
- Stadio di ingegneria preliminare - Metodi per ottenere le informazioni (teorici, empirici, semiteorici) - Tipi di variabili nella ricerca sistematica - Effetti dei fattori (principali e di interazione) - Programmazione della sperimentazione.
- Sperimentazione fattoriale - Confronto fra sperimentazione classica e fattoriale - Fattoriali incompleti e confusione di effetti - Strategia della sperimentazione chimica - Metodo sequenziale - Setacciamento delle variabili. Procedimenti di confusione di fattoriali frazionati - La sperimentazione sequenziale; estensione dei fattoriali, fattoriali in sequenza - Applicazione dei programmi centrali composti e simmetrici (ortogonali e non ortogonali).
- L'individuazione delle condizioni optimun.
- Stima della regressione. Metodo dei minimi quadrati: applicazione alla stima lineare e alla stima non lineare nel caso di modelli empirici - Metodo di stima lineare - Metodi di stima non lineare - Criteri di scelta fra modelli empirici e semiteorici e tipi di sperimentazione da adottare per i due tipi di modelli.
- Analisi sistematica applicata a problemi di cinetica chimica - Reattore differenziale. Metodo classico di analisi di dati cinetici - Reattore integrale. Metodo classico di analisi di dati sperimentali - Analisi di cinetiche complesse.

Parte II

Ricerca su scala pilota

- Introduzione.
- Le similitudini: geometria, cinematica, statica, sinamica, termica, chimica - I criteri adimensionali e l'analisi dimensionale - Metodo delle equazioni differenziali - Il concetto di regime - Equazioni di scala - Regime dinamico - Regime termico. Regime chimico - Estrapolazione e similitudine estesa - effetti di contorno.
- Modelli delle singole apparecchiature.
- Trasporto di quantità di moto - Filtrazione - Trasporto di calore - Condensazione - Ebollizione - Scambio termico in condizioni di convenzione forzata nei fluidi non Newtoniani - Estrapolazione dei coefficienti globali di scambio termico - Trasporto di materia - Miscelazione - Miscelazione di fluidi non newtoniani - Reazione chimica. Reattori tubolari a flusso longitudinale - Reattori continui a miscelazione completa in serie - Combustione - Fluidodinamica dei forni - Geometria delle fiamme.

Parte III

Ottimizzazione di progetto

- Ottimizzazione di insieme - Formulazione matematica dei problemi di ottimizzazione - Funzione obiettivo.
- Metodo di ottimizzazione.
- Natura della funzione obiettivo. Variabili, legami, limitazioni - Metodo analitico-classico - Metodo dei moltiplicatori di Lagrange - Programmazione lineare. Metodo del simplesso - Metodo variazionale
- Metodo di Pontryagin - Programmazione dinamica - Metodo di programmazione a blocchi - Metodo diretto di ottimizzazione.

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.

- Ottimizzazione delle sigole unità dell'impianto.
- Determinazione del progetto più economico.

Parte IV

Ottimizzazione di conduzione

- Introduzione.
- Cenni sulla regolazione di tipo convenzionale - Regolazioni in anello aperto e in anello chiuso - Regolazione automatica a retroazione - Progetto di sistema di controllo - Diversi tipi di controllo e problemi connessi.
- Regolazione di ottimizzazione - Schema di regolazione di ottimizzazione - Rappresentazione del processo - Strategia di ottimizzazione - Attuazione delle correzioni delle variabili controllabili.
- Fasi dell'installazione di un calcolatore di controllo - Studio analitico del processo - Studio orientativo - Installazione del sistema elettronico.

Esercitazioni

Nelle esercitazioni verranno applicati metodi e sviluppati problemi relativi alle diverse parti del corso. Nella risoluzione di alcuni problemi sul calcolatore verranno dati esempi di applicazione del linguaggio di programmazione FORTRAN.

Libri consigliati

A. Cappelli - M. Dente: *Teoria e Sviluppo dei Processi Chimici*, Dispense pubblicate a cura della CLUP.

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

Programma dell'insegnamento di

TEORIA E TECNICA DEI SISTEMI DI GUIDA AEROMISSILISTICI

AK0035

Prof. Liliana FERRI DEGLI ANTONI

Programma di esame

Parte I - Il sistema di guida

I sistemi di guida e loro classificazione. Sistemi di riferimento. Tecniche di rilevazione delle grandezze di riferimento: Radar, Sistemi di scansione, Interferometri, Rilevatori.

Parte II - Il sistema di controllo

Comportamento aerodinamico del velivolo in relazione al sistema di controllo. Funzione di trasferimento del veicolo e influenza dei parametri aerodinamici e cinematici. Strumento per la determinazione della posizione dell'assetto: giroscopio, accelerometro ecc.. Attuatori del sistema di controllo: idraulici, pneumatici ed elettrici. Impiego dei calcolatori nei sistemi di guida. Autopiloti.

Parte III - Studio dei sistemi di guida

Sistemi di guida per i vari impieghi: inerziali, radio inerziali, a fascio direttore, ecc.. Sistemi di autoguida. Sistema di navigazione inerziale a lungo raggio. Componenti fondamentali dei sistemi di guida. Cenno all'analisi degli errori di navigazione.

Libri consigliati

Dispense preparate durante il corso.

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.

Programma dell'insegnamento di

TEORIA E TECNICA DELLA COMBUSTIONE **AK0023**

Prof. Carlo ORTOLANI

Programma di 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*; CLUP, Milano

---

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.

Programma dell'insegnamento di

TERMOCINETICA BIOMEDICA AA0009

Prof. Franco MONTEVECCHI

Programma di esame

- Fondamenti di termodinamica e termocinetica dei fenomeni biologici: le cellule e la bioenergetica.
- Schematizzazione e modelli di fluidi e tessuti biologici.
- Fondamenti di fenomeni di trasporto biologici.
- Trasporti di gas e di fluidi.
- Termofluidodinamica degli Organi biologici e artificiali per il trasporto e il trattamento dei fluidi biologici.
- Membrane e fenomeni di trasporto attraverso membrane.
- Scambio termico e trasferimento di calore nei tessuti biologici.
- Ultrasuoni e propagazione degli ultrasuoni nei tessuti biologici.
- Metodi sperimentali e strumentazione relativa.

Modalità di 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

Fenomeni di trasporto R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, Casa Editrice Ambrosiana - Milano.
Transport Phenomena and Living Systems E.N. Lightfoot, John Wiley *Sz* Sons.
Transport Phenomena in thè Cardiovascular System S. Middleman, John Wiley *Sz* Sons.
Dispense su particolari argomenti.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TERMOTECNICA AK0009

Prof. Pierangelo ANDREINI

Programma di 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, convenzione 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 di 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.

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.

Programma delPinsegnamento di

TOPOGRAFIA AX0004

(per allievi civili edili)

Prof. Luigi COLOMBO

Programma di esame

1 - Statistica

Variabile casuale e variabile statistica a una dimensione, sue rappresentazioni. Media e varianza.
La variabile casuale a *n* dimensioni. Media e covarianza.
Legge di propagazione della covarianza.
Legge di propagazione degli errori.
Tests su medie e differenze di medie per campioni normali.
Errori di misura e loro compensazione.
La stima col metodo dei minimi quadrati.

2 - Strumenti e procedimenti di rilievo

Strumenti per la misura di angoli, distanze e dislivelli.
Campi di applicazione e precisioni raggiungibili.
Strumenti speciali: estensimetri e deformometri.
Il rilievo topografico tradizionale: triangolazioni e trilaterazioni, poligonali, intersezioni, celerinien-sura.
Conformazione delle reti e loro compensazione col metodo dei minimi quadrati. Il rilievo dello stato geometrico di un edificio.
Problemi topografici specifici nell'ambito della prefabbricazione.

3 - Fotogrammetria dei "vicini"

Principi geometrici della fotogrammetria.
Camere da presa e strumenti restitutori.
Orientamento esterno dei fotogrammi.
Applicazioni della fotogrammetria terrestre al rilievo delle architetture e degli edifici in genere.

4 - Cartografia a grande scala

Le principali rappresentazioni cartografiche.
La cartografia italiana; le carte tecniche regionali.
Le carte a grande e grandissima scala dei centri storici e il loro impiego ai fini urbanistici e di uso del territorio.
Norme e capitolati per la costruzione di carte a grande scala.
Il problema del collaudo in corso d'opera.

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-fotogr ammetrici.

Modalità di esame

L'esame consiste in una prova orale.

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.

Libri consigliati

L. Soiaini - 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*, Voi. 1, voi. 2, Hoepli, Milano 1984.

Libri consultabili

G. Inghilleri: *Topografia generale*, ed. UTET, Torino.
G. Togliatti: *Fondamenti di Statistica*, ed. CLUP, Milano.
L. Colombo: *Problemi di topografia risolti con il calcolatore HP41CV*, ed. CLUP, Milano.
A. Selvini: *Principi di fotogrammetria*, ed. CLUP, Milano.

Programma dell'insegnamento di

TOPOGRAFIA AX0004

(per allievi civili non edili e allievi civili per la difesa del suolo ecc.)

Prof. Carlo MONTI

Programma di esame

1. **Elementi di Geodesia.** Geoide, sferoide ed ellissoide terrestre. Dimensioni dell'ellissoide, coordinate curvilinee, raggi principali di curvatura dell'ellisoide; sfera locale. Ellissoide internazionale. Teoremi della geodesia operativa; campo geodetico e campo topografico; teorema di Lègendre sui triangoli sferici. Calcolo delle coordinate dei punti sull'ellissoide. Cenni di geodesia astronomica. Deviazione della verticale.
2. **Teoria della compensazione delle misure.** Variabili statistiche ad una dimensione; istogrammi. Momenti e loro significato. Disuguaglianza di Tchebycheff. Variabili statistiche doppie. Indici di correlazione. Variabili casuali, legge empirica del caso. Probabilità totali e composte. Binomio di Bernulli. Distribuzione normale. Il problema della stima. Errori di misura e loro compensazione. Osservazioni dirette, indirette e condizionate. Misura della correlazione. Ellissi d'errore.
3. **Strumenti.** Strumenti per la misura di angoli azimutali e zenitali. Misura degli angoli azimutali, misura degli angoli 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 per il posizionamento dei punti via satellite (GPS) e inerziali.
4. **Il rilievo topografico di inquadramento.** Schema generale di un rilievo topografico; reti di inquadramento dei rilievi a diversa scala e a diversa dimensione. Triangolazioni. Trilaterazioni. Poligonali e intersezioni. Conformazione delle reti. Compensazione delle stesse secondo i minimi quadrati. Accuratezza delle osservazioni, verifica della precisione raggiunta, rappresentazione grafica. Metodi di ottimizzazione della forma delle reti. Simulazione a priori degli esiti della compensazione.
5. **Livellazioni.** Livellazione geometrica. Livellazione trigonometrica; sue applicazioni e sua precisione. Compensazione delle reti di livellazione. Correzione dinamica delle quote ortometriche.
6. **Rilievi di dettaglio.** Uso degli strumenti integrati e gestione dei dati.
7. **Cartografia.** Equazioni differenziali delle carte più in uso. Studio delle deformazioni. Carta di Gauss e suo impiego nei calcoli geodetici. Carte topografiche e loro corretta utilizzazione. Cartografia ufficiale italiana. Norme e capitolati per la costruzione di carte tecniche a media e grande scala.
8. **Elementi di fotogrammetria.** Camere fotogrammetriche e loro orientamento interno. Presa di fotogrammi aerei e terrestri. Restitutori analogici e analitici. Orientamento esterno dei fotogrammi e operazioni di restituzione. Applicazioni della fotogrammetria per rilievi cartografici a varie scale e per il rilievo degli oggetti vicini (architetture e strutture industriali).

Nota per gli studenti

Gli allievi edili ergotecnici possono tralasciare tutte le dimostrazioni relative al punto 1. Del punto 5, le correzioni dinamiche delle quote ortometriche. Del punto 7 si richiedono solo la posizione generale del problema delle carte, la proprietà della proiezione di Gauss, nozioni sulle carte topografiche e loro lettura, la cartografia ufficiale dello stato.

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-fotogr ammetrici.

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 di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

L. Soiaini - 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.* Voi. 1, Voi. 2, Hoepli, Milano, 1984.

Libri consultabili

G. Inghilleri: *Topografia generale,* ed. UTET, Torino.
G. Togliatti: *Fondamenti di Statistica,* ed. CLUP, Milano.
L. Colombo: *Problemi di topografia risolti con il calcolatore HP 41CV,* ed. CLUP, Milano.
P. Tardi - G. Laclavère: *Traitè de Gèodèsie,* 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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma delPinsegnamento di

TOPOGRAFIA (e fenomeni aleatori) AX0005

Prof. Fernando SANSÒ

Programma di esame

Parte **I 1. Fondamenti di teoria della probabilità**

Variabile casuale e variabile statistica a una dimensione, sue rappresentazioni. Media e varianza. Momenti, la funzione generatrice. Le più importanti variabili casuali: binomiale, normale,)(^{2}, t, F. La variabile casuale a n dimensioni. Media e covarianza. Legge di propagazione della covarianza (”legge di propaggazione degli errori”). Curva di regressione e variabilità. Il coefficiente di correlazione lineare. La normale a n dimensioni. Il teorema centrale della statistica.

2. Distribuzioni campionarie, tests di ipotesi ed intervalli fiduciari.

La media campionaria e la varianza campionaria come funzioni del campione e stima di media e varianza teoriche. Tests su medie e differenze di medie per campioni numerosi.

La distribuzione di (m, s) per campioni normali. Tests su medie e differenze di medie per piccoli campioni. Tests sulle varianze e sul confronto tra varianze. Test sul coefficiente di correlazione lineare. Test di buon adattamento ad una legge teorica.

3. La stima col metodo dei minimni quadrati.

Minimi quadrati con equazioni di condizione e con equazioni di condizione contenenti parametri (eventualmente soggetti a vincolo). L’applicazione dei minimi quadrati nella regressione lineare semplice e multipla. Tests su (o), e su ^{2} parametri.

4. Processi stocastici.

Questa parte del corso ha carattere monografico e costituisce materia facoltativa di esame.

Parte II

1. Principali strumenti topografici.

Funzionamento e precisione degli strumenti fondamentali: livello - teodolite - distanziometro.

2. Metodologie di misura.

Modalità di impiego teoriche e pratiche degli strumenti menzionati nelle misure di alta precisione di dislivelli, angoli e distanze.

3. Elaborazione delle misure topografiche.

Esempi (anche a livello numerico) di compensazioni di livellazioni, triangolazioni e trilaterazioni.

4. Strumentazione particolare.

Funzionamento precisione e metodo d’impiego di clinometri, impianti di livellazione idrostatica, collimatori, livelli zenitali, pendoli, nel controllo di grandi strutture.

Esercitazioni

2 ore settimanali dedicate alla illustrazione degli strumenti e all’apprendimento del loro uso pratico.

Libri consigliati

F. Sansò: *Dispense sul trattamento statistico delle misure.*

G. Togliatti: *Elementi di Statistica* ed. CLUP, 1976.

L. Soiaini, G. Inghilleri: *Topografia* ed. Levrotto e Bella, Torino, 1969.

C. Monti, F. Sansò: *Esercizi di Topografia, Cartografia e Geodesia* ed. CLUP, 1976.

G. Inghilleri: *Topografia generale* ed. UTET, 1974.

L. Colombo: *Metodi topografici per il controllo statico*, CLUP, 1983.

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.

POLITECNICO DI MILANO FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Anno Accademico 1990/91

Programma dell'insegnamento di

TRASMISSIONE DEL CALORE **AK0100**

Prof. Adriano MUZZIO

Programma di 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 diseguaglianza 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 di esame

L'esame consiste in una prova orale.

Libri consigliati

Appunti alle lezioni.

J.C. Slattery: *Momentum, Energy and Mass Transfer in Continua*, Me Graw-Hill.

R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot: *Transport Phenomena*, Wiley.

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.

A.J. Chapman: *Heat Transfer*, Me 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.

Programma dell'insegnamento di

TRATTAMENTI DEGLI EFFLUENTI DELL'INDUSTRIA CHIMICA (sem.) AE0018

Prof. Falco SINISCALCO

Programma di esame

0. Importanza del contenimento dell'impatto ambientale dovuto all'industria chimica e parachimica.
1. Concetti generali.
1.1 Principi di ecologia.
1.2 Ecologia speciale. Gli ambienti naturali, antropizzati e di lavoro: aspetti fisici, chimici, biologici.
1.3 Alterazioni provocate da un impatto ambientale.
1.4 Conseguenze delle alterazioni ambientali.
1.5 Rilevamento dello stato dell'ambiente.
2. Interventi per il contenimento dell'impatto ambientale. Principi di ingegneria ambientale.
2.1 Provvedimenti da applicarsi per ridurre l'entità dell'impatto.
2.2 Operazioni elementari dell'ingegneria ambientale.
2.3 Provvedimenti per ottimizzare l'immissione nell'ambiente dei fattori di impatto.
2.4 Principali metodologie di bonifiche ambientali.
3. Applicazioni pratiche ed alcune tipiche industrie chimiche e parachimiche dei criteri per ottenere una riduzione dell'impatto sull'ambiente di vita e di lavoro.

Esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni verranno esaminati i sistemi di trattamento degli effluenti impiegati in alcune tipiche industrie.
Sono previste inoltre alcune visite di studio presso stabilimenti ed industrie.

Libri consigliati

Nel corso delle lezioni vengono segnalati agli allievi libri ed articoli che possono essere consultati nella biblioteca del Dipartimento.

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.

Programma delPinsegnamento di

TRATTAMENTI DELLE ACQUE DI APPROVVIGIONAMENTO AW0004

Prof. Costantino NURIZZO

Programma di esame

Caratteristiche delle acque di approvvigionamento (richiami e complementi) - Definizione di acque di approvvigionamento - Fonti di approvvigionamento idrico convenzionali e non - Caratteri delle acque naturali: caratteri fisici ed organolettici, caratteri chimici, caratteri biologici, analisi delle acque. Requisiti delle acque per uso potabile, per usi industriali, per usi agricoli - Fabbisogni e stato dell'approvvigionamento idrico in Italia.

Finalità dei trattamenti delle acque di approvvigionamento

Le operazioni fondamentali dei trattamenti delle acque di approvvigionamento - Generalità. Accumulo. Grigliatura, stacciatura. Dosaggio ed aggiunta di reattivi. Miscelazione. Coagulazione. Flocculazione. Sedimentazione. Filtrazione: rapida (a gravità ed in pressione), filtrazione lenta. Aerazione. Adsorbimento. Metodi a membrana. Scambio ionico. Evaporazione.

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 sostanze particolari e di 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 previste inoltre delle visite tecniche, conferenze, seminari sugli argomenti del programma di insegnamento.

Modalità di 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 astewater Engineering System,*
Barnes, Wilson: *Chemistry and Unit Operations in Water Treatment,*
Montgomery: *Water Treatment - Principles and Design,*
Popel: *Lehrbuch fur Abwassertechnik und Gewasserschutz,*

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.

Programma dell'insegnamento di

TRATTAMENTI DELLE ACQUE DI RIFIUTO AW0003

Prof. Luca BONOMO

programma di 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 staccia-tura. Dissabbiatura: dissabbiatori a canale, dissabbiatori aerati, altri tipi di dissabbiatori. Disolea-tura e flottazione. Sedimentazione: teoria dei processi di sedimentazione e criteri di dimesionamento 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. Trat-tamenti 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, ossido-ridu-zione, coagulazione e flocculazione.
4. **Trattamenti dei fanghi.** Stabilizzazione aerobica. Digestione anaerobica; teoria dei processi bio-logici anaerobici; digestori ad uno stadio ed a due stadi; dimesionamento dei digestori. Ispessimento. Disidratazione dei fanghi; letti di essicamento; 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 di esame

L'esame consiste in una prova orale sulla base del programma di insegnamento anche con la discus-sione 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:

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.

libri Consigliati

L. Bonomo (a cura di): *Stabilizzazione, disidatrazione 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: *Wasterwater Engineering*, Ed. Me Graw-Hill, New York, 1972.
R. Vismara: *Depurazione biologica, teoria e processi*, Ed. Heopli, Milano, 1987.

Programma dell'insegnamento di

TRATTAMENTO DELL'INFORMAZIONE NELL'IMPRESA Sez. A AG0109

Prof. Fabio A. SCHREIBER

Programma di esame

1. **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.
2. **Modelli dei dati:** Modelli concettuali e modelli logici. Il modello *Entity-Relationship* e le sue caratteristiche. Chiavi candidate e chiavi primarie. Rappresentazione mediante tabelle. Generalizzazione e specializzazione. Aggregazione. Uso del modello E-R nella progettazione di schemi concettuali. Il modello *relazionale*: definizioni formali. Algebra relazionale e sue operazioni. Calcolo relazionale. Linguaggi commerciali: SQL, Quel, QBE. Modifiche alla base di dati. Le viste di utente. Il modello *reticolare*: generalità. La proposta DBTG Codasyl e i suoi limiti. Accesso e manipolazione dei dati a livello di record e di set. Il modello *gerarchico:* generalità. Accesso e manipolazione dei dati.
3. **Progetto di basi di dati relazionali:** Obiettivi della progettazione di beisi di dati. Fasi della progettazione di una base di dati. Un modello per la progettazione concettuale. La normalizzazione delle relazioni nel modello relazionale: definizione di normalizzazione; relazioni non normalizzate e prima forma normale; rappresentazione delle dipendenze funzionali e sintesi immediata delle relazioni in terza forma normale. Forma normale di Biyce e Codd. Problematiche di progettazione fisica: descrizione dell'architettura del sistema; strutture di accesso; scelta delle strutture di accesso. Una metodologia completa di progettazione: presentazione generale; la progettazione concettuale; la progettazione logica.
4. **Le strutture fisiche:** richiamo alla struttura delle memorie di massa e dei sistemi di Ingresso/uscita. L'organizzazione ad archivi (file). Gestione della memoria. Realizzazione dei modelli Relazionale, Reticolare e Gerarchico come archivi. Strutture sequenziali e 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. Le procedure di ordinamento.
5. **Elaborazione delle interrogazioni:** ottimizzazione delle espressioni dell'algebra relazionale. Valutazione dei costi. Esame di alcune possibili strategie.
6. **Controllo della concorrenza:** accesso concorrente e integrità dei dati. Serializzazione delle richieste. Granularità. Metodi di locking, di time-stamping e ottimistici. Sistemi multiversione. La situazione di stallo (deadlock) e il suo trattamento.
7. **Affidabilità:** concetti fondamentali. Metodi di log e checkpoint. Shadows. Modelli per la valutazione quantitativa.
8. **Sicurezza e integrità:** concetti fondamentali.
9. **Nuove architetture e applicazioni:** basi di dati distribuite e basi di conoscenza.

Esercitazioni

Verranno svolte esercitazioni settimanali, nelle quali verranno sia sviluppati esempi di progettazione di basi di dati, sia presentati studi di casi.

Modalità di esame

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

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.

Libri consigliati

H. F. Korth, A. Silberschatz: *Database System concepts*, Me Graw Hill, 1986.
O. Hanson: *Gli archivi informatici*, Masson.
S. Ceri: *La progettazione di basi di dati*, CLUP, 1980.
G. Salton, M.J. McGill: *Introduction to modem Information Retrieval*, Me Graw Hill, 1983.
Articoli su Basi di dati distribuite (fotocopie CLUP).
Raccolta di lucidi (fotocopie CLUP).

Testi complementari

C.J. Date: *An introduction to Database Systems*, IV edizione, Addison-Wesley, 1986.
R. Guihur: *Procedure di ordinamento*, Masson, 1985.

Programma dell'insegnamento di

TRATTAMENTO DELL'INFORMAZIONE NELL'IMPRESA Sez. B AG0110

Prof. Stefano CERI

Programma di esame

Nel corso vengono esaminati concetti e tecniche fondamentali per lo sviluppo di sistemi software per il trattamento dell'informazione aziendale.

Vengono studiate tecniche dell'ingegneria del software per lo sviluppo di progetti software, i sistemi di gestione di beisi di dati, unitamente ad alcuni richiami dei concetti fondamentali dei sistemi operativi.

Ingegneria del software

Il ciclo di vita del software e il costo relativo delle varie fasi - cenni su raccolta dei requisiti - specifica dei requisiti - l'analisi strutturata (Structured Analysis - De Marco) - Qualità del software, fattori di qualità, amplificazione dei difetti, errori residui - gestione dei progetti: formai technical reviews

- Testing: white box testing, cyclomatic complexity, black box testing, partizioni di equivalenza, analisi valori limite, grafi causa-effetto - strategie di test

Introduzione ai sistemi operativi

Sistemi uniprogrammati e multiprogrammati - elaborazione in linea e batch - la struttura a cipolla del sistema operativo - il concetto di file System

Tecniche di gestione degli archivi

Archivi sequenziali - archivi sequenziali con indice - indici densi e sparsi - B-f- tree - funzioni di hashing

Sistemi di gestione di basi di dati

Introduzione - Il modello entità-relazioni - il modello relazionale - algebra relazionale e SQL - cenni al modello reticolare - cenni al modello gerarchico - normalizzazione delle relazioni: struttura fisica dei dati - ottimizzazione delle interrogazioni - crash recovery: aggiornamenti immediati e aggiornamenti differiti - controllo della concorrenza: serializzabilità, locking - sicurezza: controllo dell'accesso in SQL

- crittografia: cifrario di Cesare, sostituzione semplice, codifica omofonica e cifrario polialfabetico, tecniche di trasposizione, cenni a sistemi a chiave pubblica - Data Encryption Standard

Modalità di esame

L'esame consisterà in una serie di esercizi e di domande scritte e da una prova orale, consistente nella discussione di un progetto realizzato dallo studente nell'ambito degli argomenti trattati nel corso e in qualche domanda di tipo teorico.

Precedenze di esame

Entrambe le sezioni hanno come precedenza obbligatoria Programmazione dei Calcolatori Elettronici o Elementi di Informatica.

Gli allievi della sez. B non possono sostenere l'esame di Ingegneria del Software.

Percorsi formativi consigliati:

Programmazione (Elementi di Informatica) - Trattamento sez. B

oppure

Programmazione - Sist. Operativi - Trattamento sez. A - Ing. Software

---

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.

Libri consigliati

F. Tisato, R. Zicari: *Sistemi Operativi - Architettura e progetto,* CLUP, 1985.
H. F.Korth, A. Silberschatz: *Database System Concepts,* Me Graw Hill, 1986.
I. Sommerville: *Software Engineering,* Addison - Wesley, 1989, (III edizione).

Testi consigliati per un approfondimento della materia

R. S. Pressman: *Software Engineering: a Practitioner's Approach,* 2nd Edition, Me Graw Hill, 1987.
S. Ceri: *Progettazione di Basi di Dati,* CLUP.
D. Bell, I. Morrey, J. Pugh: *Software Engineering: a Programming Approach,* Prentice Hall, 1987.
M.L. Shooman: *Software Engineering: Design Reliability and Management,* Me Graw Hill, 1983.
R. Fairley: *Software Engineering Concepts,* Me Graw Hill, 1985.

Programma delPinsegnamento di

TRAZIONE ELETTRICA AH0018

Prof. Francesco PERTICARGLI

Programma di esame

Introduzione. La trazione elettrica nei trasporti ferroviari e stradali; caratteristiche dei principali sistemi. Limiti di convenienza della trazione elettrica. La parte meccanica dei veicoli a trazione elettrica; moto dei veicoli e organi di rotolamento; il fenomeno dell'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; il problema delle 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 diretti.

Il motore monofase a collettore: caratteristiche costruttive e funzionali; il problema della commutazione; dimensionamento. Regolazione di tensione dei motori. Mezzi di trazione a raddrizzatori: impiego dei raddrizzatori non controllati e controllati; il problema del fattore di potenza e delle armoniche; ripercussioni sugli impianti di alimentazione, a frequenza industriale e a bassa frequenza; schemi adottati. Motori di trazione a corrente ondulata. 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.

Trazione diesel elettrica. Mezzi di trazione diesel elettrici: utilizzazione della potenza del motore diesel; caratteristiche dei generatori, a corrente continua e a corrente alternata trifase; 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.

Esercitazioni

Gli allievi dovranno svolgere un elaborato numerico e grafico avente per oggetto veicoli ferroviari a corrente continua.

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.

Libri consigliati

F. Perticaroli: *Trazione elettrica*, ed. CLUP-1988, Mila no.

Stampa: Grafiche San Felice - Rodano (Milano)