

**TESTI CONSIGLIATI**

Un organico sviluppo della materia può essere reperito, ad esempio, nei testi:

A. Burdese - «Manuale di Metallurgia» - UTET, Torino.

A.H. Cottrell - «An Introduction to Metallurgy» - Arnold, Londra.

A.R. Bailey - «A Text-book of Metallurgy» - Macmillan, Londra.

J. Wulff, H.F. Taylor, A.J. Shaler - «Metallurgy for Engineers» - Wiley, New York.

M.S. Burton - «Applied Metallurgy for Engineers» - McGraw-Hill, New York.

## METROLOGIA GENERALE E MISURE MECCANICHE

Prof. A. BRAY

Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso di Metrologia richiede come esami propedeutici: Scienza delle Costruzioni, Meccanica applicata alle macchine ed Elettrotecnica, oltre tutti gli esami del biennio.

### PROGRAMMA

#### *Metrologia generale.*

- Nomenclatura, definizioni fondamentali e qualità metrologiche degli strumenti di misura.
- Influenza del tempo sulle misure di una grandezza: strumenti a semplice ritardo e strumenti pendolari.
- L'analisi dei risultati. Rappresentazione tabellare e grafica dei dati. Impostazione ed analisi statistica di un esperimento.

#### *Misure meccaniche.*

- La misura della forza, dinamometria con trasduttori meccanici acustici, pneumatici ed elettrici (celle di carico). Macchine di prova dei materiali e metodi usati per la determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali.
- La misura della deformazione, estensimetria con trasduttori meccanici, ottici, acustici, pneumatici ed elettrici. Gli estensimetri elettrici a resistenza: caratteristiche, criteri di scelta, circuiti elettrici di misura per prove di trazione, compressione, flessione e torsione.
- Determinazione dello stato di deformazione nel piano e nello spazio a mezzo di rosette estensimetriche.
- La misura della deformazione alle alte temperature.
- La fotoelasticità. La polarizzazione della luce. I polariscopi. La fotoelasticità tridimensionale. Il photostress.
- Il metodo moirè per l'analisi delle deformazioni. I reticoli fotografici. La sensibilità del metodo.
- Le tensovernici o vernici fragili. La sensibilità, la taratura, i metodi di rivelazione delle fratture.
- La misura delle vibrazioni e delle accelerazioni. I sistemi a tastosonda di tipo meccanico e di tipo elettrico. I sistemi sismici.
- Metodi non distruttivi per la determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali.

#### *Temi delle esercitazioni.*

- La distribuzione statistica e la rappresentazione grafica di risultati di durezza e di diametri di sfere.
- La taratura di una macchina universale di prova dei materiali e determinazione della sua durezza.
- La taratura di un dinamometro di tipo meccanico con la macchina a pesi diretti.
- Gli estensimetri ottici e la loro taratura.
- La precisione delle misure estensimetriche.
- La misura del coefficiente di Poisson con gli estensimetri elettrici.
- Misure del momento torcente con gli estensimetri elettrici.
- Determinazione delle tensioni principali di una struttura con le rosette e con il metodo fotoelastico.

Le esercitazioni di laboratorio sono svolte dagli studenti presso l'Istituto di Metrologia «G. COLONNETTI» del C.N.R. (Strada delle Cacce, 73).

### TESTI CONSIGLIATI

- A. Bray - «Estensimetri elettrici a resistenza», editore CNR (1965).  
 A. Bray, V. Vicentini - «La metrologia e l'analisi delle sollecitazioni», editore Levrotto & Bella (1975).

# MINERALOGIA E LITOLOGIA

Prof. GIORGIO MAGNANO

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

I PERIODO DIDATTICO

## NOTIZIE GENERALI

Insegnamento annuale, rivolto agli allievi del corso di laurea in Ingegneria Mineraria iscritti al II anno, oppure al III se provenienti da altro corso di laurea o da Facoltà dove la materia non sia prevista nel piano degli studi del biennio iniziale. In base al nuovo Statuto del Politecnico, sostituisce a tutti gli effetti l'insegnamento di MINERALOGIA a decorrere dall'anno 1975-76.

Nella prima parte del corso vengono illustrati gli aspetti morfologici e strutturali, le proprietà fisiche e chimiche, la genesi ed i metodi di studio e di riconoscimento delle varie classi di minerali; nella seconda i processi di formazione, le giaciture ed i caratteri generali delle rocce, per passare infine alla loro classificazione ed allo studio dei tipi litologici fondamentali. L'insegnamento, di tipo istituzionale, ha finalità propedeutiche, cioè si propone di fornire all'allievo ingegnere minerario, di qualsiasi indirizzo, le conoscenze necessarie per accedere allo studio di Geologia, di Giacimenti minerali e di altre discipline del triennio a carattere tecnico-scientifico ed applicativo.

Lezioni ed esercitazioni richiedono una frequenza di complessive 7 ore settimanali. La prova d'esame è orale.

Precedenza consigliata: Chimica.

## PROGRAMMA

- *Mineralogia generale.* Elementi di cristallografia geometrica e strutturale: stato cristallino e stato amorfo, struttura reticolare; operazioni di simmetria, i sette sistemi cristallini; particolarità morfologiche dei cristalli, aggruppamenti regolari ed aggregati; principali metodi di analisi strutturale basati sull'impiego dei raggi X. Proprietà fisiche scalari e vettoriali dei minerali e rispettive metodologie sperimentali, con più esteso riferimento alle proprietà ottiche. Polimorfismo, isomorfismo. Processi minerogenetici primari e secondari; pseudomorfoosi. Giaciture generali.

- *Mineralogia descrittiva.* Classificazione cristallochimica dei minerali. Diffusione delle varie famiglie e specie mineralogiche. Descrizione ed esame dei minerali più importanti quali componenti di rocce in senso lato e di depositi utili in particolare.

- *Litologia.* Processi di formazione, tipi di giacitura, diffusione delle rocce costituenti la parte superficiale della litosfera. Caratteristiche di struttura e di tessitura, composizione chimica e mineralogica delle rocce. Generalità sui metodi più usati nell'indagine petrografica.

Classificazione delle rocce. Descrizione dei tipi fondamentali di rocce ignee, sedimentarie e metamorfiche ed esame dei rispettivi campioni con particolare riferimento a quelli più caratteristici italiani.

*Esercitazioni.* Vertono sugli argomenti sottoelencati:

goniometria, studio sistematico di modelli cristallografici, verifica sperimentale della fenomenologia ottica studiata, osservazione di campioni di minerali e di rocce.

## TESTI CONSIGLIATI

L. Peretti - «Lezioni di Mineralogia e Geologia», ed. Giorgio, Torino.

A. Bianchi - «Corso di Mineralogia e Geologia»: vol. I - Mineralogia, vol. II - Litologia e Geologia, ed. CEDAM, Padova.

G. Gottardi - «I minerali», ed. Boringhieri, Torino.

## MISURE CHIMICHE E REGOLAZIONI

Prof. MAURIZIO PANETTI

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

I PERIODO DIDATTICO

## NOTIZIE GENERALI

**Scopo del corso.** Il corso ha lo scopo di fornire all'allievo Ingegnere: a) i principi fondamentali necessari per risolvere nella professione i problemi correnti della regolazione degli impianti chimici ed eventualmente per approfondire la teoria della Regolazione stessa; b) le basi per manipolare i dati sperimentali e giungere ad una interpretazione logica degli stessi.

**Nozioni propedeutiche necessarie.** Analisi matematica del biennio - Fisica sperimentale - Idraulica - Principi di Ingegneria Chimica - Chimica Analitica.

## PROGRAMMA

Argomenti trattati:

- **Teoria degli errori.** Curva gaussiana degli errori. Indici di precisione: deviazione standard, errore quadratico medio della media, errore probabile. Anomalie della distribuzione normale:  $\sqrt{\beta_1}$  e  $\beta_2$ . Definizione del chi quadrato. Level e interval confidence. Propagazione degli errori. Metodo dei minimi quadrati.

- **Misure di grandezze fondamentali.** Temperature (termometri a liquido - a solido - a tensione di vapore; termometri a resistenza; coppie termoelettriche; pirometri ottici) - pressioni - tensioni di vapore - vuoto - umidità - livelli e portate.

- **Regolazione.** Generalità. Elementi di misura del I e II ordine ed equazioni differenziali relative; risposte a segnali a gradino, lineari e sinusoidali. Caratteristiche dei sistemi fisici: elettrici, liquidi, gassosi e termici e corrispondenti analogie. Concetto di capacità e resistenza. Elementi della dinamica di un processo: equazioni differenziali e operazionali. Rappresentazione a blocchi. Organo finale di regolazione: valvola. Modi di regolazione: on-off, proporzionale, integrale, derivato e loro combinazioni. Regolatori pneumatici: complesso ugello-paletta. Trasduttori e amplificatori pneumatici. Analisi di un processo regolato. Trasformata di Laplace: funzione di trasferimento. Rappresentazione nel piano complesso. Esempi di impianti regolati.

- **Analisi in continuo.** Analisi in continuo attraverso misure di indice di rifrazione, di densità, di viscosità, spettrofotometriche, gascromatografiche, e misure con analizzatori particolari.

Le esercitazioni non sono previste in orario.

Un'ora settimanale sarà però dedicata ad esercitazioni in aula alternate con esercitazioni collettive in laboratorio.

## TESTI CONSIGLIATI

W.J. Youden - «Metodi statistici per Chimici» - ETAS Kompass, 1964.

P. Angeleri - «Regolazioni e Misure» - Vallecchi, Firenze, 1965.

C. Gianì - «La regolazione automatica nell'industria» - Zanichelli, Bologna, 1965.

Johnson - «Automatic Process Control» - Ed. McGraw-Hill, 1967.

C. Torresan - «Automazione di impianti chimici e termici» - Ed. Hoepli, 1966.

S. Siggia - «Continuous Analysis of Chemical Process Systems» - Ed. John Wiley, 1959.

## MISURE ELETTRICHE per elettronici

Proff. ITALO GORINI e SERGIO SARTORI

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

#### *Esami propedeutici.*

Fisica II, Elettrotecnica, Analisi I e II, Complementi di matematica.

### PROGRAMMA

Concetti generali sulle misure e sui sistemi di misura. Sistema internazionale di unità di misura (S.I.). Campioni; misure assolute; riferibilità. Trasduttori. Strumenti di misura indicatori: magnetoelettrici, elettrodinamici, elettromagnetici. Metodi di confronto in corrente continua: ponti e potenziometri. Generalità sui sistemi di acquisizione automatica dei dati e sugli strumenti numerici. Metodi di confronto in corrente alternata. Trasformatori di misura. Cenni di tecnica di prevenzione degli infortuni. Cenni di statistica. Cenni sulle misure magnetiche.

Il programma è svolto mettendo in particolare rilievo i problemi di analisi degli errori di misura e di scelta di metodi.

#### *Esercitazioni.*

Ogni settimana, al lunedì, vengono presentate le esercitazioni di prossima attuazione e commentate quelle già effettuate. Le esercitazioni sono di carattere sperimentale e vengono svolte a settimane alterne. I titoli sono i seguenti:

1. Risposta in frequenza di un sistema del 2° ordine.
2. Misura di resistenza in corrente continua con metodo voltamperometrico.
3. Misura di impedenza in corrente alternata con voltmetro, amperometro, wattmetro.
4. Ponti di Wheatstone e di Thomson.
5. Misure con l'impiego di potenziometro.
6. Misura di una resistenza di isolamento.
7. Ponti in corrente alternata.
8. Misura della cifra di perdita con l'apparecchio di Epstein.

### TESTI CONSIGLIATI

G. Zingales - «Corso di Misure Elettriche» - Libreria Ed. Università - Padova.  
 Appunti vari pubblicati dalla CLUT su argomenti non contenuti nel testo dello Zingales.

## MISURE ELETTRICHE per elettrotecnici

Prof. A. ABETE

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTROTECNICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Sono propedeutiche approfondite cognizioni di Analisi Matematica, Fisica Generale ed Elettrotecnica.

L'esame, orale, verte su tutti gli argomenti di programma con particolare riferimento alla discussione delle relazioni elaborate nelle esercitazioni teoriche e sperimentali.

### PROGRAMMA

È un corso per la preparazione di base, teorica e pratica, alle misure su apparecchiature e impianti elettrici a frequenza industriale; diviso in tre parti, comprende gli argomenti di seguito indicati.

1. Fondamenti di metrologia generale: unità di misura; errori e valutazioni statistiche; caratteristiche statiche, comportamento dinamico e criteri di scelta di uno strumento di misura.
2. Strumentazione: componenti e campioni elettrici; strumenti elettrici ed elettronici analogici e numerici; oscillografi e registratori; apparecchiature per l'elaborazione del misurando; cenni su sensori, telemisure e acquisizione automatica dei dati.
3. Metodi di misura: misure di resistenze piccole, di isolamento e di terra; misure su circuiti in corrente continua e su circuiti in corrente alternata monofase e trifase in regime sinusoidale e deformato; metodi di confronto; misure magnetiche; tarature di strumenti.

Il corso è coordinato e integrato da seminari su argomenti monografici e da esercitazioni di laboratorio che riguardano: rilievo dei parametri dinamici di uno strumento del secondo ordine; rilievi sull'oscilloscopio catodico; misure di resistenze piccole, di isolamento e di terra, ecc., come da parte 3 del programma.

### TESTI CONSIGLIATI

Zingales - «Corso di Misure Elettriche» - CLEUP.  
Abete - «Schede di Misure Elettriche» - CLUT.

MISURE ELETTRICHE (TEMPO E FREQUENZA)  
(METROLOGIA DEL TEMPO E DELLA FREQUENZA secondo il nuovo Statuto)

Prof. C. EGIDI

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

II PERIODO DIDATTICO

*PROGRAMMA NON PERVENUTO*

## MISURE ELETTRONICHE

Prof. GIULIO GREGORETTI e SIGFRIDO LESCHIUTTA

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso ha come premessa quelli di Elettronica I e II, di Campi Elettromagnetici e Circuiti e di Comunicazioni Elettriche; inoltre è indispensabile che gli allievi abbiano una buona conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Misure Elettriche.

### PROGRAMMA

Oscilloscopi a raggi catodici: caratteristiche dei tubi, presentazioni semplici e multiple di f.d.o., caratteristiche dei diversi blocchi di un oscilloscopio e descrizione degli schemi di un'apparecchiatura commerciale. Oscilloscopi a memoria, oscilloscopi campionatori.

Generatori di segnali campioni con rete di reazione RC ed LC, ed a battimento. Generatori di funzioni.

Misure di tensioni continue: voltmetri analogici, voltmetri numerici. Misure di tensioni alternate: voltmetri a valore medio, di cresta, a valore efficace. Analizzatori d'onda, distorsionometri, metodi di misura mediante confronto, misura di campo elettromagnetico.

Misure di fase: con oscilloscopio, con metodi di zero, a lettura diretta mediante bistabili, metodi ad alta frequenza.

Misure di frequenza: a battimenti, riportate a misure di fase, frequenzimetri a contatore, varie. Confronto a distanza di campioni. Misure di potenza con misuratore d'uscita, con bolometri, con accoppiatori direzionali.

Misure di impedenza con ponti, con dispositivi a circuiti oscillatori, con impedenziometro vettoriale, con linea fessurata, con accoppiatori direzionali e voltmetro fasometro.

Misure su linee: impedenza caratteristica, attenuazione, diafonia. Misure di cifra di rumore.

### Esercitazioni.

Due su misure di tensione, due sull'uso degli oscilloscopi, tre scelte fra le seguenti:

- a) misure su alimentatori;
- b) misure d'impedenza caratteristica ed attenuazione di cavi;
- c) misure di frequenza;
- d) misure con linea fessurata;
- e) misure di caratteristiche di oscilloscopi;
- f) g) misure su ricevitori a modulazione d'ampiezza ed a modulazione di frequenza;
- h) misure su televisore;
- i) misure d'impedenza ad alta frequenza.

**MISURE NUCLEARI**  
Prof. FRANCESCA DEMICHELIS

Corso di laurea in INGEGNERIA NUCLEARE

I PERIODO DIDATTICO

**NOTIZIE GENERALI**

Per la buona comprensione del corso si richiede la conoscenza di Fisica I, Fisica II, Analisi I, Analisi II, Fisica Nucleare, Fisica Atomica e Fisica del Reattore Nucleare.

**PROGRAMMA**

*Tipi di misure nel campo della spettrometria nucleare.*

Rivelazione di particelle  $\alpha$  e  $\beta$  e di radiazioni  $\gamma$ . Spettrometria  $\beta$ . Spettrometria  $\gamma$ . Studio degli schemi di decadimento di nuclidi radioattivi. Misure di coefficienti di conversione interna. Misure di coincidenze delle radiazioni. Intensità delle sorgenti radioattive. Misure relative. Metodo di confronto. Misure assolute di intensità di sorgenti radioattive. Correlazione angolare nella emissione delle radiazioni.

*Misure nel campo della Fisica dei neutroni.*

Proprietà caratteristiche dei neutroni. Relazioni fra lunghezze d'onda, energia, velocità. Sorgenti di neutroni veloci. Sorgenti di neutroni termici. Sorgenti pulsate. Neutroni monoenergetici di varie lunghezze d'onda. Selettori meccanici dei neutroni. Chopper meccanico a fenditure rettilinee. Chopper a fenditure curve. Risoluzione in energia. Choppers fasati. Chopper a fenditure elicoidali. Spettrometria di neutroni. «Pulse-shape discrimination». Accenno a misure di flussi. Misure di sezioni d'urto. Sezioni d'urto totali. Inscattering semplice. Inscattering multiplo. Misure di sezioni d'urto non elastiche. Misure di sezioni d'urto non elastiche con il metodo di trasmissione attraverso una sfera. Moltiplicazione di neutroni e misure di trasmissione. Sezioni d'urto di cattura, di attivazione e di fissione. Scattering di neutroni da un nucleo fisso. Sezione d'urto di scattering ed ampiezze di scattering. Ampiezza e lunghezza di scattering. Lunghezze di scattering positive e negative. Scattering di neutroni con spin diverso da zero. Scattering magnetico. Scattering coerente ed incoerente. Scattering da nuclei vincolati.

*Proprietà ottiche dei neutroni. Indice di rifrazione per i neutroni.*

Riflessione totale di neutroni. Angolo critico. Riflessione di Bragg. Scattering a basso angolo. Polarizzazione dei neutroni. Doppia trasmissione di neutroni polarizzati. Riflessione da specchi magnetici. Doppia riflessione dei neutroni. Esperienza sui neutroni analoga a quella di Stern-Gerlach. Misura del momento magnetico del neutrone. Misura dell'ampiezza di scattering dei neutroni. Misura della carica del neutrone. Effetto del campo gravitazionale sui neutroni. Misura del decadimento dei neutroni. Neutroni ultrafreddi.

*Acceleratori e problemi di focalizzazione.*

Acceleratori lineari di elettroni. Focalizzazione. Acceleratori a induzione. Focalizzazione. Oscillazioni betatroniche. Acceleratori a gradiente alternato. Traiettorie di particelle cariche in campi magnetici. Lenti magnetiche. Vari tipi di lenti magnetiche. Quadrupoli magnetici. Traiettorie di particelle cariche in un quadrupolo magnetico. Ottica dei fasci. Studio dell'ottica mediante matrici. Applicazioni delle matrici all'ottica dei fasci. Approssimazione della lente sottile al caso del quadrupolo magnetico. Doppie di quadrupoli. Tripletti di quadrupoli. Campo magnetico con simmetria di quadrupolo. Espressione matematica. Ottica delle traiettorie nei sistemi quadrupolari.

*Esercitazioni.*

Esercitazioni pratiche sull'impiego dei rivelatori di radiazioni  $\beta$  e  $\gamma$ .  
Spettrometria  $\gamma$  - Taratura di rivelatore e scintillazione.  
Misure del coefficiente di conversione interna.  
Misura dell'intensità di sorgenti radioattive.

*TESTI CONSIGLIATI*

B.F. Turchin - Slow Neutron.  
Gurevich - Low energy neutron Physics.  
Marton - Method of Experimental Physics.  
Steffen - High energy beam optics.  
Siegbahn -  $\alpha, \beta, \gamma$ , Ray Spectroscopy.

## MISURE SULLE MACCHINE E SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

Prof. ANTONIO COFFANO

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTEOTECNICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

*Esami propedeutici:* Misure Elettriche  
Macchine Elettriche.

### PROGRAMMA

- 1.1 - Prove di sovrariscaldamento - Metodi con carico reale - Metodi con carico reattivo - Le «prove equivalenti» - I metodi a circolazione di energia - Le prove a durata ridotta.  
Durata delle prove di riscaldamento - Transitori termici.
- 1.2 - Prove di isolamento e di rigidità - Prove a frequenza industriale - Prove a impulso.
- 1.3 - Valutazione del rendimento - Metodo diretto, metodo indiretto, metodo semidiretto.
- 2.1 - Applicazioni al trasformatore ed all'autotrasformatore - Determinazione del gruppo di appartenenza.
- 2.2 - Applicazioni al motore asincrono.
- 2.3 - Applicazioni agli alternatori trifase - Determinazione delle reattanze di dispersione, sincrone, transitorie e subtransitorie.
- 2.4 - Applicazioni alle macchine a corrente continua.
- 3.1 - Cenni alla prova degli interruttori e dei fusibili.
- 3.2 - Controlli sulle linee aeree.

### Esercitazioni.

Le esercitazioni consistono in una prova di rendimento con metodo indiretto eseguita, rispettivamente, su: trasformatore, alternatore, motore asincrono; nella prova di un motore asincrono al freno Pasqualini o alla dinamo-freno.

### TESTI CONSIGLIATI

Fascicoli delle norme CEI che saranno indicati.

G. Zingales - «Misure sulle macchine e sugli impianti» - Padova.

F. Neri - «Misure sulle macchine» - Vol. II (dispense esaurite ma consultabili presso la Biblioteca dello I.E.N.G.F., Torino).

V. Modoni - «Prove e difetti delle macchine e delle apparecchiature elettriche» - Bologna.

## MISURE TERMICHE E REGOLAZIONI

Prof. LUIGI CROVINI

Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

I PERIODO DIDATTICO

### PROGRAMMA

1. Caratteristiche dei trasduttori termici.
  - 1.1 - Caratteristiche statiche. Sensibilità, linearità, fedeltà e precisione.
  - 1.2 - Caratteristiche dinamiche, tempo di risposta, errori dinamici.
2. Fondamenti delle misure termiche.
  - 2.1 - Fondamenti delle misure di temperatura.
  - 2.2 - Fondamenti delle misure di pressione.
3. Cenni di misure elettriche in relazione alle misure termiche. Amplificatore differenziale. Potenzimetro da laboratorio e registratore. Ponti per termoresistenze.
4. Trasduttori termici con uscita in tensione. Termocoppie. Termopile. Trasduttori fotovoltaici. Trasduttori piezoelettrici di pressione.
5. Trasduttori termici con uscita in resistenza. Termoresistenze. Bolometri. Fotoresistenze. Trasduttori di pressione.
6. Trasduttori termici con uscita meccanica. Termometri ad espansione di liquido ed a tensione di vapore.
7. Metodi radiometrici di misura.
  - 7.1 - Principi e definizioni fondamentali.
  - 7.2 - Pirometria ottica monocromatica e a radiazione totale.
  - 7.3 - Misure di emissività.
8. Cenni sulle misure di proprietà termiche dei materiali.
  - 8.1 - Misure di capacità termica, conducibilità termica, titolo di vapore, potere calorifico dei combustibili.
  - 8.2 - Cenni di dilatometria ed idrometria.
9. Trasduttori e sistemi in regime dinamico. Caratteristica in regime dinamico. Funzione di trasferimento; cenni sulla trasformata di Laplace.
10. I sistemi di regolazione termica. Rappresentazione a blocchi. Classificazione e comportamento. Esempi applicativi. Cenni sui criteri di stabilità.

Cinque esercitazioni di laboratorio su misure elettriche, termometria, pirometria, conducibilità termica e regolazioni.

### TESTI CONSIGLIATI

Solo per consultazione:

- M. Kutz - «Temperature control» - J. Wiley & Sons.  
 G. Terny - «La mesure des températures au laboratoire...» - Dunod, Parigi.

## MOTORI PER AEROMOBILI

Prof. GIUSEPPE BUSSI

Corso di laurea in INGEGNERIA AERONAUTICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso descrive i turbomotori e i principali propulsori a getto (turboreattori a semplice e a doppio flusso; autoreattori) d'impiego aeronautico e ne discute le prestazioni.

Per una proficua partecipazione, tornano d'utilità conoscenze di base nel campo delle macchine a fluido e della meccanica dei fluidi, fornite nei corsi di Macchine, Aerodinamica e Gasdinamica.

### PROGRAMMA

1. Spinta (espressione standard, spinta interna, resistenza addizionale); rendimenti, impulsi e consumi specifici.
2. Cicli a gas per turbomacchine. Influenza delle principali variabili termodinamiche sul lavoro utile e sul consumo specifico della potenza.
3. Studio delle prestazioni in sede di progetto. Ottimizzazione del doppio-flusso, della turboelica.
4. Analisi funzionale dei componenti. Prese d'aria per volo subsonico e supersonico; turbocompressori e turboespansori; combustori, effusori.
5. Regolazione e studio delle prestazioni in condizioni di impiego. Presentazione in forma adimensionata delle prestazioni; correzione delle prestazioni.
6. Metodo per l'aumento temporaneo della spinta o della potenza: iniezione d'acqua e post-combustione.
7. Accoppiamento presa d'aria-motore: caso del turboreattore e dell'autoreattore.
8. Controllo del combustibile e sistema combustibile.
9. Miscellanea (invertitori di spinta; silenzianti; avviatori e avviamento; prove al banco).

### Esercitazioni.

Le esercitazioni consistono in calcoli di prestazioni dei diversi tipi di propulsore od i componenti (presa d'aria; effusori) e nella prova al banco di turbina a gas e di modello di autoreattore.

### TESTI CONSIGLIATI

Jet Propulsion for aerospace applications - Hesse Mumford - Pitman.  
 Mechanics and thermodynamics of Propulsion - Hill-Peterson Addison-Wesley.  
 The Jet Engine - Rolls-Royce (1971) Limited, Derby.

# PETROGRAFIA

Prof. P. NATALE

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

II PERIODO DIDATTICO

## NOTIZIE GENERALI

Il corso ha lo scopo di ampliare le conoscenze petrografiche già acquisite dall'allievo in corsi precedenti, soprattutto per quanto concerne il riconoscimento e la classificazione delle rocce sulla base dello studio macro e microscopico, nonché l'analisi e la descrizione delle caratteristiche strutturali delle formazioni rocceose alle diverse scale.

Si ritengono in linea di massima propedeutici i corsi di *Mineralogia e litologia* e di *Geologia*.

## PROGRAMMA (4 ore settimanali)

- La conoscenza delle rocce: aspetti naturalistici e tecnici. Scopo e programma del corso.
- Richiami sulla struttura e composizione della litosfera e sul ciclo litogenetico generale.
- I metodi di studio delle rocce. L'indagine petrografica, macro e microscopica.
- Richiami di ottica cristallografica e tecniche microscopiche per la diagnosi e l'analisi mineralogica quantitativa.
- I minerali delle rocce ed il loro riconoscimento macro e microscopico.
- Le rocce ignee. Litogenesi magmatica: magmi e loro evoluzione. Chimismo e mineralogia. Caratteri morfologici e strutturali. Rassegna dei principali gruppi di rocce plutoniche, vulcaniche ed ipoabissali.
- Le rocce sedimentarie. Litogenesi: gliptogenesi, trasporto e sedimentazione. Ambienti di sedimentazione. Diagenesi. Aspetti chimici e mineralogici. Rassegna dei principali gruppi di rocce sedimentarie: detritiche, organogene, chimiche.
- Le rocce metamorfiche. Litogenesi: condizioni e fattori del metamorfismo; tipi di metamorfismo. Zonalità e facies metamorfica. Caratteri morfologici e strutturali. Rassegna dei principali gruppi di rocce metamorfiche. Rocce metasomatiche e rocce migmatitiche.

## Esercitazioni (3 ore settimanali).

Le esercitazioni sono dedicate in massima parte al lavoro di laboratorio petrografico e soprattutto allo studio microscopico delle rocce in sezione sottile. Vengono inoltre svolte due o più esercitazioni sul terreno con esame di affioramenti di tipiche formazioni rocceose delle Alpi Occidentali.

## TESTI CONSIGLIATI

- G. Peyronel Pagliani - «Guida al corso di petrografia» - Libr. Ed., Milano, 1969.  
 A. Boriani - E. Clerici Risari - «Petrografia - Guida alle esercitazioni pratiche» - Libr. Ed., Milano, 1972.  
 C. D'Amico - «Le rocce metamorfiche» - Ed. Patron, Bologna, 1973.

**PETROLCHIMICA**  
Prof. G. BATTISTA SARACCO

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

II PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

*Scopi del corso.* Rassegna e studio dei principali prodotti chimici la cui materia prima è di origine petrolifera, con particolare riguardo alla produzione di olefine ed aromatici e loro derivati.

*Nozioni propedeutiche.* Chimica Generale, Chimica Organica, Chimica Fisica, Principi di Ingegneria Chimica e Chimica Industriale, Chimica applicata.

*PROGRAMMA*

*Argomenti del corso:*

- Caratteristiche ed aspetti economici della produzione petrolchimica - Le materie prime - Processi di separazione e ricupero di prodotti petroliferi di interesse petrolchimico - Processi di raffinaria.
- Reazioni tipiche delle olefine: idroformilazione, alchilazione, ossidazione, idratazione e polimerizzazione.
- Produzione di olefine - C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>, C<sub>9</sub>, C<sub>12</sub>, e superiori per cracking termico, steam cracking, cracking catalitico ecc., deidrogenazione catalitica, ossidativa, transfer di idrogeno.
- Separazione e purificazione di olefine - Etilene, propilene, butene, pentene, olefine pesanti lineari.
- Produzione di aromatici - Processi vari.
- Produzione di detergenti sintetici.
- Produzione di proteine dal petrolio.

*TESTI CONSIGLIATI*

Dispense di petrolchimica - Ed. CLUT.

Girelli, Matteoli e Parisi - «Trattato di Chimica Industriale ed applicata» - Vol. 2° - Ed. Zanichelli, Bologna.

R.F. Goldstein & A.L. Waddams - «The Petroleum Chemicals Industry» - E. & F.N. Spon LTD - London (1967).

K.A. Kobe & J.J. McKetta - «Advances in Petroleum Chemistry and refining» - Int. Publ. John Wiley & Sons New York (1964).

## PREPARAZIONE DEI MINERALI

Prof. ENEA OCCELLA

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso ha lo scopo di illustrare criticamente le apparecchiature e le macchine impiegate negli impianti di trattamento delle rocce e dei minerali, sulla base dell'esame dei rinfusi, delle prestazioni delle apparecchiature tipiche ed in funzione dei requisiti dei prodotti commerciali.

I prerequisiti consistono nel superamento degli esami seguenti: Analisi matematica I, Geometria I, Fisica I, Chimica, Fisica II, Disegno, Mineralogia, Meccanica applicata alle macchine (o corsi equivalenti), Fisica tecnica.

### PROGRAMMA

- Le proprietà geometriche (granulometria, forma) e fisiche (densità, caratteristiche magnetiche, elettriche, ecc.) dei grezzi minerali, come fattore propedeutico alla determinazione delle loro possibilità di arricchimento. Proprietà delle torbide.
- Principi generali della separazione dei grani minerali; liberazione; equivalenza; caratteristiche di epurabilità; precisione delle operazioni di separazione.
- Significato economico della preparazione dei minerali; valutazione dei grezzi minerali.
- La frantumazione industriale: classificazione ed esemplificazione. La macinazione e le relative operazioni ausiliarie.
- Classificazione dei grani in funzione delle caratteristiche geometriche e gravimetriche: vagliatura; movimento dei grani nei fluidi; classificazione idraulica; classificazione centrifuga e pneumatica. Separazione con torbide dense, con crivelli, tavole ed apparecchi derivati.
- Concentrazione dei minerali per flottazione. Aspetti fisici e chimico-fisici del fenomeno della flottazione. Attuazioni tecnologiche e campo di applicazione; accessori caratteristici.
- Concentrazione dei minerali con metodi speciali. Concentrazione per comminazione differenziale ed in base a proprietà ottiche, termiche, ecc. Separazione magnetica ed elettrostatica.
- Accessori: addensatori, filtri, essiccatori, separatori di polveri. Esemplificazione di diagrammi tipici di trattamento di rocce e minerali.

### Esercitazioni.

Il corso comprende circa 50 ore di esercitazioni di calcolo e progetto di apparecchiature ed impianti; ulteriori 80 ore di esercitazioni pratiche sono effettuate in laboratorio (analisi delle proprietà tecniche dei minerali; esame del funzionamento e delle prestazioni delle più importanti macchine per la preparazione dei minerali).

### TESTI CONSIGLIATI

Fascicoli di dispense (per un totale previsto di circa 600 pagine), a cura dell'Ing. A. Morandini Frisa, distribuiti agli studenti in corso al prezzo di L. 5.000 circa.

Testi ulteriori: A.M. Gaudin - «Principles of mineral dressing», McGraw-Hill, New York; 1939.

A.F. Taggart - «Elements of ore dressing», J. Wiley, New York; 1951.

P. Blazy - «La valorisation des minerais», Press. Univ. France, Paris; 1970.

## PRINCIPI DI GEOMECCANICA

Prof. LELIO STRAGIOTTI

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

L'insegnamento analizza il comportamento geomeccanico delle formazioni naturali rocciose e terrose, integrando in tal campo gli insegnamenti naturalistici di Litologia e Geologia. Esso rappresenta l'anello di collegamento tra questi ultimi e l'Arte mineraria e - subordinatamente - la Meccanica delle rocce e la Geotecnica (di cui anticipa i fondamenti meccanici essenziali sulla base dell'osservazione e dello studio dei fenomeni fisici) e la Geologia applicata.

Ha conseguentemente carattere fondamentale per il corso di laurea in ingegneria mineraria, ma potrebbe risultare utile anche per ingegneri civili, specie se non comprendono nel loro piano degli studi insegnamenti di Geotecnica o Meccanica delle rocce. Ha come materie propedeutiche la Geologia e la Scienza delle costruzioni.

### PROGRAMMA

- Richiami di Geologia generale e strutturale e di Scienza delle costruzioni. Terminologie geomeccaniche generali; analisi dei fattori geologici, litologici e tecnici che condizionano il comportamento di rocce e terre.
- Analisi delle proprietà caratterizzanti rocce e terre come materiali: proprietà litologiche, fisiche, meccaniche e tecniche e loro determinazione in laboratorio; modelli di comportamento meccanico e criteri di resistenza; classificazioni tecniche.
- Analisi delle formazioni in situ: elementi fondamentali per la descrizione e lo studio delle masse rocciose, del loro stato tensionale e del loro comportamento; l'influenza dell'acqua.
- Studio e progettazione di opere d'ingegneria connesse a formazioni rocciose o di strutture in terra ed in roccia. Analisi delle metodologie fondamentali di studio, con riferimento a campi di lavoro tipici della meccanica dei terreni, della meccanica delle rocce e dell'arte mineraria.
  - L'impiego di modelli nello studio di strutture in roccia ed in terra.
  - Fondamenti ed applicazioni del metodo dell'equilibrio limite; impostazione dello studio e delle verifiche di stabilità con riferimento a scarpate naturali e artificiali.
  - Il problema dell'apertura e conservazione dei vuoti sotterranei: analisi dell'equilibrio col metodo delle tensioni; analisi di stabilità nell'intorno degli scavi; la funzione delle armature.
  - Il problema delle fondazioni in terra ed in roccia: concetti generali.
  - Cenni ai mezzi artificiali per modificare le caratteristiche meccaniche delle formazioni naturali o per migliorare le condizioni di stabilità di strutture; stati di coazione nelle strutture in roccia.
- Problemi di geomeccanica nelle coltivazioni minerarie.
  - Problemi statici di alcuni cantieri di scavo tipici.
  - Analisi dei problemi di stabilità di carattere generale conseguenti a scavi, coltivazione di miniere, produzione di fluidi dal sottosuolo; l'impiego della frana o della ripiena per la liquidazione dei vuoti; la definizione dei massicci di protezione; i fenomeni di subsidenza.
  - La sistemazione dei rifiuti in discarica; problemi di stabilità.
  - Il fenomeno dei colpi di tensione.
- Analisi degli aspetti geomeccanici di operazioni varie su rocce: abbattimento con esplosivi e con macchine; comminazione; perforazione; ecc.

*Esercitazioni.*

- Modi di analisi di stati tensionali piani; rappresentazioni sul piano di Mohr; proprietà dei mezzi elastici e dei mezzi incoerenti dotati di attrito interno.
- Determinazione di laboratorio di alcune caratteristiche fisiche, meccaniche e tecniche di rocce e terre.
- Rappresentazioni di discontinuità strutturali nelle formazioni in sito; proiezioni stereografiche.
- Applicazione del metodo dell'equilibrio limite: analisi delle spinte delle terre su muri.
- Studio della distribuzione delle tensioni nell'intorno di un pozzo, o di una galleria indefinita.
- Studio di un problema di bullonaggio di rocce in sotterraneo.
- Studio di problemi vari relativi a cantieri minerari: analisi di stabilità di fronti di cava; calcolo di pilastri di coltivazione; analisi di sollecitazioni in galleria aperta in ri-piena; valutazione dei cedimenti a giorno.

*TESTI CONSIGLIATI*

Stante la varietà degli argomenti trattati, l'insegnamento non si basa su di un unico testo di studio. Di volta in volta verranno segnalati agli allievi i testi fondamentali e le pubblicazioni cui attingere per completare eventualmente le nozioni impartite. Tali testi e pubblicazioni sono consultabili presso la Biblioteca dell'Istituto di Arte Mineraria.

## PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA

Prof. SILVIO SICARDI

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

**Scopi del corso.** Rassegna, analisi critica ed applicazione delle nozioni fondamentali per lo studio e per la progettazione delle apparecchiature dell'industria chimica, con particolare riferimento ai problemi della cinetica degli scambi di materia, di calore e di quantità del moto.

**Nozioni propedeutiche.** Per una adeguata comprensione degli argomenti trattati è richiesta la conoscenza dei fondamenti di Fisica, Chimica Generale, Analisi Matematica, Fisica Tecnica e Chimica Fisica.

### PROGRAMMA

#### Argomenti del corso.

1. Bilanci di energia e materia.
2. Concetti termodinamici necessari per lo studio e progettazione degli impianti chimici; proprietà molecolari dei gas e dei liquidi; diagrammi di stato.
3. Operazioni unificate nell'industria chimica: distillazione, assorbimento, desorbimento, estrazione liquido/liquido, lavaggio e lisciviazione, adsorbimento. Calcoli grafici ed analitici relativi.
4. Trasporto di materia, calore, quantità di moto in sistemi monofasi.
5. Correlazioni per la previsione della cinetica degli scambi con l'impiego di numeri adimensionali ricavati mediante l'analisi dimensionale, l'analisi per meccanismi e l'analisi delle equazioni di conservazione. Analogie tra gli scambi di quantità di moto, di calore, e di materia.
6. Trasferimenti interfase di materia e calore.
7. Trasporto simultaneo di materia e calore: igrometria, essiccamento, concentrazione, cristallizzazione; termocompressione e sue applicazioni.
8. Studio dei problemi di fluidodinamica applicati all'industria chimica: trasporto di liquidi e gas e relative misurazioni e controlli; agitazione e mescolamento; decantazione; classificazione; centrifugazione; filtrazione in letti granulari e porosi; fluidizzazione; trasporti pneumatici.

Il corso è previsto per gli allievi del 4° anno di Ingegneria chimica.

#### Esercitazioni.

Viene sviluppato un ampio programma di applicazioni pratiche quantitative della materia trattata con uno sviluppo corrispondente a sei ore settimanali.

### TESTI CONSIGLIATI

- R.B. Bird, W.E. Steward, E.N. Lightfoot - «Fenomeni di trasporto» - Ambrosiana, Milano; (1970).
- A. Foust, L. Wenzel - «Principles of Unit Operations» - John Wiley & Sons Inc. New York (1960).
- G. Natta, I. Pasquon - «Principi della Chimica Industriale» - Tamburini, Milano (1966).
- A. Houghen, K. Watson, R. Ragatz - «Chemical Process Principles» - John Wiley & Sons Inc. New York (1959).
- W.J. Moore - «Chimica Fisica» - Piccin, Padova (1962).

**PROCESSI BIOLOGICI INDUSTRIALI**

Prof. GIUSEPPE GENON

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

**NOTIZIE GENERALI**

*Scopi del corso:* il corso intende illustrare la cinetica dei processi biologici e la loro applicazione pratica all'ingegneria dei processi produttivi e dei procedimenti di depurazione delle acque.

*Corsi propedeutici:* Chimica organica, Chimica Fisica, Principi d'Ingegneria Chimica, Chimica Industriale.

**PROGRAMMA***Argomenti del corso.*

1. Caratteristiche delle sostanze biologiche - Tipo di microorganismi - Enzimi - Proteine.
2. Cinetica delle reazioni biologiche ed enzimatiche - Aspetti energetici.
3. Metodi di coltivazione continua di lieviti e batterici - Scambi di calore e di materia.
4. Aerazione ed agitazione nel corso di reazioni biologiche.
5. Problemi di scale-up da processi di laboratorio a scala industriale.
6. Applicazioni pratiche a processi di fermentazione, depurazione biologica e produzione di proteine.

**TESTI CONSIGLIATI**

- G. Aiba, A. Humphrey, N. Millis - «Biochemical Engineering» - Academic Press N.Y. London 1973.  
E. Loun, P.K. Stumpt - «Outlines of biochemistry» - J. Wiley & Sons.  
W.W. Eckenfelder, D.J. O'Connor - «Biological Waste Treatment» - Pergamon Press 1961.  
F.C. Webb - «Biochemical Engineering» - Van Nostrand Company, London 1964.

## PRODUZIONE DEGLI IDROCARBURI

Prof. RICCARDO VARVELLI

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

II PERIODO DIDATTICO

**PROGRAMMA**

- 1) Caratteristiche chimico-fisiche degli idrocarburi.
- 2) Condizione degli idrocarburi in giacimento.
- 3) Caratteristiche chimico-fisiche delle rocce serbatoio.
- 4) Morfologia dei giacimenti petroliferi.
- 5) Il passaggio dalla perforazione alla produzione.
- 6) Completamento, singolo o multiplo, permanente o selettivo, di un pozzo petrolifero.
- 7) Operazioni di perforazione della colonna di rivestimento (casing).
- 8) Considerazioni sulla portata di fluido attraverso gli spazi della colonna di rivestimento.
- 9) Composizione di una batteria di tubi di produzione (tubing).
- 10) Sollecitazioni di una batteria di produzione.
- 11) Infrangiatura di superficie di una batteria di produzione.
- 12) Andamento della pressione lungo la batteria di produzione.
- 13) Iniezione sotto pressione di malta cementizia in strato (squeeze).
- 14) Stimolazione dei pozzi petroliferi per acidificazione o per fratturazione idraulica.
- 15) Produzione artificiale mediante pompamento o gas-lift.
- 16) Separazione in superficie dell'olio, del gas e dell'acqua.
- 17) Trattamento superficiale dell'olio e del gas (desolforazione, disidratazione, degasolinaggio).
- 18) Trasporto in condotte dell'olio greggio e del gas naturale.
- 19) Stoccaggio dell'olio greggio e del gas naturale.
- 20) Esami di laboratorio dei campioni prelevati a testa pozzo.

NOTA - Le esercitazioni accompagneranno e si alterneranno senza soluzione di continuità agli argomenti esposti in chiave teorica. Le esercitazioni toccheranno l'aspetto pratico dei suddetti argomenti.

## PROGETTO DI AEROMOBILI

Prof. ETTORE ANTONA

Corso di laurea in INGEGNERIA AERONAUTICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Materie considerate propedeutiche, oltre quelle a contenuto matematico e meccanico dei biennio:

- Scienza delle Costruzioni
- Aeronautica Generale
- Aerodinamica
- Costruzioni Aeronautiche
- Tecnologie Aeronautiche.

### PROGRAMMA

Classificazione dei veicoli con particolare riferimento agli aeromobili e dei missili. Sistemi di motopropulsione e sustentazione. Lineamenti dello sviluppo delle tecniche aeronautiche e spaziali.

Potenza specifica e velocità massima dei veicoli. Forze aerostatiche. Forze aerodinamiche. Distribuzione di portanza in campo subcritico. Distribuzione carichi aerodinamici in campo supersonico. Classificazione dei contributi di resistenza aerodinamica; determinazione della resistenza in campo subsonico, transonico e supersonico. Regola delle aree. Resistenza minima ideale.

Espressioni delle forze aerodinamiche in base al teorema della quantità di moto ed applicazioni ai rotori, ai sistemi elica-ala ipersostentatori ed alla determinazione sperimentale della resistenza di profilo.

Polari di forma e polari effettive di velivoli. Alcune proprietà delle polari in relazione alle prestazioni dei velivoli. Prestazioni delle aerodine.

Leggi di similitudine ed esperienze su modelli. Applicazioni ai modelli aerodinamici ed idrodinamici, alle prove di vite, di sgancio. Applicazione ai modelli per lo studio dei fenomeni aeroelastici.

Legge di similitudine strutturale. Impiego nella rappresentazione e nella sintesi di risultati sperimentali e teorici in diagrammi di progetto con particolare riferimento alle strutture soggette a fenomeni di instabilità. Modelli analogici. Campi e finalità del loro impiego.

Funzioni dei componenti strutturali. Componenti delle strutture a guscio, problemi connessi con le discontinuità di carico e di geometria. Aperture.

Carichi statici e di fatica sulle strutture. Condizioni di carico a descrizione deterministica ed a descrizione probabilistica. Criteri di progetto strutturale: vita sicura e sicurezza nella rottura. Fenomeni aeroelastici. Descrizione, classificazione.

Modelli elementari di fenomeni aeroelastici statici e dinamici.

Indici del peso e indici di bontà delle strutture.

Progetto delle giunzioni: giunzioni rivettate; giunzioni mediante adesivi.

Regolamenti di Navigabilità degli aeromobili. Evoluzione dei regolamenti e loro moderni criteri ispiratori. Sicurezza: definizione; criteri di sicurezza relativi ai carichi statici, ai carichi a descrizione probabilistica, ai fenomeni aeroelastici, ai fenomeni di fatica, alle condizioni di volo. Affidabilità: definizione; evoluzione del concetto e della pratica determinazione.

Principali materiali metallici impiegati nelle strutture aeronautiche.

### Esercitazioni.

Vengono sviluppati una serie di argomenti trattati durante il corso con particolare riferimento alla similitudine, all'affidabilità, al calcolo di giunzioni a mezzo di rivetti e di incollaggi e al disegno di tipiche strutture degli aeromobili.

### TESTI CONSIGLIATI

Testo di riferimento: G. Gabrielli - «Lezioni sulla Scienza del Progetto degli Aeromobili» - Ed. Levrotto & Bella, Torino - Vol. I.

Testi di consultazione: B. Etkin - «Dynamics of Flight» - Ed. Wiley.  
I. Bazovsky - «Principi e metodi dell'affidabilità», Ed. Etas Kompass.  
Abbott and van Dohenoff - «Theory of wing Section», Ed. Dover.  
Rrkins and Hage - «Airplane Performance Stability and Control», Ed. Wiley.  
Horner - «Fluid Dynamic Drag».

## PROGETTO DI AEROMOBILI II

Prof. GIANNI GUERRA

Corso di laurea in INGEGNERIA AERONAUTICA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Lo scopo del corso è la presentazione e l'applicazione di metodologie di analisi e di calcolo adatte per affrontare in modo sistematico alcuni problemi del progetto aeronautico.

Si ritiene consigliabile la frequenza a chi abbia interesse a temi di progetto generali della fase preliminare e specifici dei sistemi di comando e controllo del volo.

Per una partecipazione completa è utile avere già alcune conoscenze di base sulle prestazioni e sulle qualità di volo, sui servomeccanismi e sulla elaborazione elettronica dei dati.

### PROGRAMMA

Nell'ambito delle lezioni vengono trattati i seguenti argomenti:

- Linee concettuali per la definizione di un progetto aeronautico: il problema del progetto, tema e fondamentali, norme e regolamenti. Fasi di svolgimento del progetto, preliminare, di massima di sviluppo: aspetti tecnici, economici, organizzativi.
- il progetto preliminare: considerazioni generali sulla configurazione del velivolo; analisi dei pesi, previsioni di massima del peso dei componenti; studi parametrici e dimensionali; analisi di sensibilità, fattore di ingrandimento in peso.
- Organi di atterramento: tipi e caratteristiche; complesso pneumatico-ammortizzatore, diagrammi di lavoro; forze sollecitanti i carrelli, fattore di carico all'atterramento, equazioni del sistema elastico-ammortizzatore.
- Il progetto di sistemi di comando e controllo del volo: superfici di governo, compensazione aerodinamica delle superfici mobili; trasmissioni di comando, servocomandi, dispositivi di sensibilità artificiale; sistemi di controllo del volo.

Le esercitazioni consistono nell'affrontare temi specifici di progetto connessi con gli argomenti trattati nelle lezioni. In particolare vengono applicate tecniche di studio parametrico del progetto preliminare, di analisi dei pesi e del centramento, di scelta della configurazione e dimensionamento di una superficie di governo, di studio di una trasmissione di comando, di verifica del progetto del sistema di comando e controllo del volo mediante simulazione al computer.

### TESTI CONSIGLIATI

G. Gabrielli - «Lezioni sulla Scienza del Progetto degli Aeromobili», Vol. II, ed. Levrotto & Bella, Torino.

Materiale didattico consigliato:

B. Etkin - «Dynamics of Flight», Wiley.

J.H. Blakelock - «Automatic Control of Aircraft and Missiles», Wiley.

G.B. Perotto - «Sistemi di automazione, Servosistemi», UTET, Torino.

G.B. Nicolò, L. Giorgieri - «Linee concettuali per la definizione di un progetto Aeronautico», Aeronautica Missili e Spazio n.1, 1971.

## PROGETTO DI APPARECCHIATURE CHIMICHE

Prof. U. FASOLI

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

II PERIODO DIDATTICO

### PROGRAMMA

**Introduzione.** Apparecchiature in regime transitorio e stazionario, a stadi e continue, con flussi equicorrenti e controcorrenti. Operazioni unitarie. Concetto e calcolo di stadio di equilibrio e di unità di trasferimento. Scambiatori di calore e concentratori tradizionali e non. Forni, fornaci, e pipestilli, Cristallizzatori.

**Distillazione.** Equilibri liquido-vapore a 2 o più componenti. Distillazione binaria: calcolo del numero di stadi di colonne a piatti e dell'altezza di quelle a riempimento. Distillazione discontinua. Condizioni ottimali di funzionamento. Distillazione a vapore aperto e a flash. Sistemi a molti componenti: metodi di calcolo. Distillazione azeotropica ed estrattiva. Distillazione termica. Efficienza di colonne a piatti. Dimensionamento colonne: diametro, distanza tra i piatti, bilancio e stabilità idraulica. Criteri discriminativi sui tipi di piatto. Montaggio piatti. Bollitori e deflegmatori.

**Assorbimento e desorbimento.** Calcolo del numero di stadi teorici, altezza e numero di unità di trasferimento. Colonne a riempimento: perdita di carico, hold-up, coefficienti di scambio, aree interfacciali, flooding, loading, portata liquida minima (minimum wetting rate). Discussione dei vari tipi di riempimento. Assorbimento equicorrente e controcorrente ed altri tipi di assorbitori. Calcolo assorbitori in presenza di reazione chimica.

**Estrazione liquido/liquido e liquido/solido.** Calcolo di apparecchiature a stadi e a contatto continuo e loro dimensionamento. Proprietà influenti l'operazione e problemi di separazione delle fasi. Criteri di scelta del solvente.

**Adsorbimento e scambio ionico.** Principi e calcolo delle apparecchiature. Tempi di esaurimento. Definizione del meccanismo controllante. Pompe parametriche.

**Essiccamento.** Principi di psicrometria e diagrammi igrometrici per il sistema aria-acqua e per sistemi con diversi costituenti. Essiccamento di liquidi e di solidi. Calcolo e dimensionamento essiccatori: effetti termici, trasporto di calore tra le fasi, trasporto di umidità nel solido ed in fase gassosa. Concentratori speciali a film sottile, a film battente, distillatori molecolari, liofilizzatori.

**Separazione solido/liquido.** Sedimentatori, chiarificatori ed ispessitori. Centrifughe. Filtri a letto granulare e a tela filtrante. Coadiuvanti.

**Agitazione e miscelazione.** Potenza dissipata. Calcolo apparecchiature. Scelta del tipo e velocità dell'agitatore. Grado di miscelazione.

**Impianti di trattamento dei solidi.** Richiami di macchinario (frantoi, mulini, finitori e superfinitori) bricchettaggio, comminuzione e vagliature. Calcolo teorico dell'energia richiesta e della capacità degli impianti. Legge di Bond Kick Rittinger. Impianti magnetici di separazione.

**Impianti di trasporto, deposito e spedizione dei solidi.** Richiami di macchinario. Criteri di scelta. Sistemi di rilevamento, regolazione e sincronizzazione. Trasporto pneumatico. Sili.

**Esercitazioni:** 6 ore settimanali.

### TESTI CONSIGLIATI

- McCabe, Smith - «Unit Operations of Chemical Engineering» - McGraw-Hill, 1956.  
 R. Treyball - «Mass Transfer operations» - McGraw-Hill, Toronto, 1955.  
 D.Q. Kern - «Process Heat Transfer» - McGraw-Hill, 1950.

## PROPAGAZIONE DI ONDE ELETTROMAGNETICHE

Prof. GIOVANNI E. PERONA

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

### NOTIZIE GENERALI

Non vi è distinzione formale tra lezioni ed esercitazioni in quanto esempi specifici ed esercizi verranno presentati durante tutto il corso. Si prevede che il corso, tenuto nel secondo periodo didattico nell'anno 1975/76, verrà spostato al primo periodo didattico negli anni successivi.

### PROGRAMMA

- 1) La prima parte del corso è prevalentemente descrittiva e comprende i seguenti argomenti:
  - a) bande di frequenza e loro utilizzazione: gli usi delle varie bande di frequenza e i fenomeni fisici che ne influenzano la propagazione sono esaminati a partire da frequenze di qualche Hz fino a frequenze ottiche;
  - b) elementi sulle antenne: in breve ed in forma semplice sono descritti vari tipi di antenne, loro caratterizzazione ed uso, circuiti equivalenti, guadagno, area equivalente.
- 2) La seconda parte del corso approfondisce alcuni aspetti della propagazione delle onde elettromagnetiche, particolarmente interessanti per le applicazioni; ogni anno verranno sviluppati almeno due dei seguenti argomenti:
  - a) propagazione troposferica: indice di rifrazione nella atmosfera terrestre, equazioni dell'ottica geometrica in mezzi isotropi non omogenei, applicazione allo studio dei collegamenti in ponte radio, ducting troposferico e suoi effetti, propagazione in presenza di pioggia e nebbia, esame della validità delle approssimazioni dell'ottica geometrica;
  - b) propagazione ionosferica: plasmii artificiali e naturali e loro principali caratteristiche, indice di rifrazione nei plasmii, ottica geometrica in tali mezzi, raggio ordinario e raggio straordinario, effetto Faraday, la ionosfera terrestre e sue caratteristiche principali, riflessione e rifrazione di onde radio nella ionosfera, effetti ionosferici sulle radiocomunicazioni e sui collegamenti con satelliti;
  - c) remote sensing: uso delle onde elettromagnetiche per lo studio dell'ambiente, in particolare sia per misure da terra (ad es.: radar meteorologici) sia per misure da satelliti in varie bande.

Seminari: in alternativa ad alcune parti del corso, gli allievi che lo richiedano potranno seguire gruppi di lezioni su uno dei seguenti argomenti monografici: ottica coerente ed olografia; propagazione in semiconduttori e strutture periodiche.

### TESTI CONSIGLIATI

G.E. Perona - « Appunti di lezione ».

Libri di utile consultazione:

Ratcliffe - « Magnetoionic Theory ».

Livingstone - « The Physics of Microwave Propagation ».

## PROSPEZIONE GEOFISICA

Prof. GIUSEPPE RATTI

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

II PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

È un insegnamento semestrale, di nuova istituzione, che rappresenta un'integrazione di Geofisica Mineraria (Geofisica applicata, secondo nuovo Statuto), con riguardo ai problemi più specificamente geologici e minerari. Ha carattere applicativo e concerne l'impostazione e l'organizzazione di rilevamenti geofisici, l'impiego di strumenti di prospezione, l'elaborazione dei risultati.

Non vi è un programma prefissato, nel senso che saranno sviluppati quei metodi di prospezione geofisica che presenteranno interesse per gli allievi, eventualmente in relazione alla tesi di laurea.

Il corso comprenderà numerose esercitazioni pratiche sul terreno.

**PROSPEZIONE GEOMINERARIA**

Prof. PIETRO NATALE

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

I PERIODO DIDATTICO

**PROGRAMMA**

- Finalità della prospezione geomineraria. Fasi della ricerca e conoscenze di base.
- Conoscenze generali e geologiche del territorio da esplorare, con particolare riguardo al lavoro di rilevamento geologico.
- L'analisi metallogenica preliminare. Fondamenti metallogenici generali e studio del significato giacimentologico del quadro geo-petrografico regionale.
- La prospezione del territorio mediante le varie tecniche di rilevamento mineralogico, geochimico e geofisico.
- Lo studio dell'indizio mineralizzato. Lavori di accertamento.
- Teoria e pratica della campionatura. Caratterizzazione tecnologica del minerale. Cubatura.
- L'analisi della coltivabilità del giacimento. Aspetti tecnici ed economici.
- La valutazione dell'economicità dell'impresa mineraria.

**Esercitazioni.**

- Esercitazioni pratiche di rilevamento sul terreno ed elaborazione in aula dei dati. Esercizi di stratimetria.
- Saggi diagnostici chimici e mineralogici.
- Calcoli di campionatura e di valutazione.

**TESTI CONSIGLIATI**

- V.M. Kreiter - « Geological prospecting and exploration ».  
J. Sandier - « Mise en valeur des gisements métallifères ».  
R. Parks - « Examination and valuation of mineral property ».

## RADIOTECNICA

Prof. C. EGIDI

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

I PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

Il corso di Radiotecnica, che molti anni fa conteneva sostanzialmente tutte le nozioni necessarie per chi si occupasse di radiocomunicazioni, si è andato progressivamente restringendo negli obiettivi e approfondendo fino alla forma attuale, in modo da tenere conto dello sviluppo dei numerosi argomenti che oggi costituiscono il corso di laurea in elettronica.

Esso ha come premessa una parte del corso di Comunicazioni Elettriche e il corso di Elettronica Applicata I, ma naturalmente si avvale in una certa misura anche di altri corsi precedenti.

*PROGRAMMA*

È sostanzialmente dedicato allo studio ed alla progettazione di massima dei ricevitori, con particolare riguardo per quelli radiofonici e televisivi.

Parte dai complementi sulla modulazione radiofonica, stereofonica e televisiva ed illustra le basi fondamentali del processo di ripresa e riproduzione delle immagini televisive in bianco e nero e a colori, elementi tutti che non vengono forniti nei corsi precedenti o paralleli. Proceede poi verso lo studio degli schemi tipici dei ricevitori sonori e televisivi, quasi esclusivamente a transistori con cenni agli elementi integrati e richiami a quelli a tubi, in modo da tenere sempre conto dello stato attuale delle costruzioni industriali del settore. Prosegue quindi verso la progettazione di alcune parti fondamentali di questi apparecchi, nei limiti consentiti dal tempo a disposizione. Sfiora soltanto, per analoghi motivi, la progettazione dei trasmettitori in generale e dei ricevitori televisivi a colori.

Il corso di Radiotecnica fornisce all'ingegnere elettronico la preparazione tipica necessaria per una inserzione nelle divisioni progettative delle fabbriche di ricevitori civili e professionali.

Per ovviare alle accresciute necessità della Radiotecnica moderna, specialmente nei confronti della progettazione delle apparecchiature, che non trovano spazio nelle limitate dimensioni di un corso universitario, vengono proposti, in sede di tesi di laurea, compiti progettativi che in una certa misura completano il corso e costituiscono l'approfondimento di alcuni argomenti ivi appena accennati, in attesa di una futura sistemazione più organica che preveda l'istituzione di un corso successivo specificamente dedicato ai problemi della radiofonia ed alla progettazione dei vari circuiti costituenti il ricevitore.

## REATTORI NUCLEARI

Prof. SILVIO EDOARDO CORNO

Corso di laurea in INGEGNERIA NUCLEARE

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso è destinato agli allievi del 5° anno, che si prefiggono di approfondire gli aspetti neutronici della Ingegneria Nucleare, sia in ordine ai metodi di progettazione dei noccioli, che per la soluzione dei problemi di statica e dinamica che sorgono nell'esercizio delle centrali di potenza.

Rappresenta un approfondimento di argomenti tipici di Fisica dei Reattori Nucleari e ha lo scopo di mettere in contatto gli allievi con alcuni metodi matematici più avanzati e rigorosi di formulazione teorica della neutronica, su cui si basano attualmente i codici di progettazione per calcolatore.

Il corso si prefigge inoltre di avviare gli allievi ad affrontare problemi originali di ricerca scientifica, in neutronica applicata, specie nel campo della dinamica.

*Corso propedeutico:* Fisica del reattore nucleare.

### PROGRAMMA

1. *Teoria del trasporto dei neutroni* - Diverse forme della equazione di Boltzmann linearizzata per i neutroni e la loro mutua equivalenza. Sviluppo in armoniche sferiche della densità in fase. Approssimazioni  $P_L$  e  $B_L$ . Spettro neutronico in rallentamento.
2. *Teoria dell'assorbimento in risonanza* - Con particolare riguardo al metodo della risonanza intermedia.
3. *Teoremi fondamentali della Fisica dei reattori nucleari* - Loro dimostrazione rigorosa nell'ambito delle teorie asintotiche. Calcolo delle sezioni d'urto a molti gruppi energetici. Transitori spettrali di interfaccia nelle strutture moltiplicanti non omogenee.
4. *Metodi analitici e numerici nella soluzione di problemi di dinamica spaziale dal punto di vista neutronico* - Transitori da espulsione di barre di controllo. Teoremi di equivalenza tra strutture moltiplicanti divergenti e stazionarie. Teoria rigorosa della «Funzione di importanza», anche in regime non stazionario. Funzione di trasferimento di un reattore. Metodi perturbativi in neutronica.
5. *Particolarità della fisica dei reattori veloci autofertilizzanti.*
6. *Problemi del ciclo del combustibile* - Reattori termici e veloci. Fattore di conversione iniziale. Cenni al ruolo primario della fonte nucleare nella soluzione del problema energetico mondiale.

*Esercitazioni.* È previsto un pomeriggio per settimana, con possibilità di attività interdisciplinare e uso del calcolatore.

### TESTI CONSIGLIATI

- Bell, Glasstone - «Nuclear Reactor Theory», Van Nostrand Reinh., 1970.  
 B. Davison - «Neutron Transport Theory», Oxford U.P., 1958.  
 Z. Akcasu - «Mathematical Methods in nuclear reactor dynamics», Academic Press, 1971.  
 V. Boffi - «Fisica del reattore nucleare», Patron, 1975, 2 voll.  
 Appunti del docente.

## REOLOGIA DEI SISTEMI OMOGENEI ED ETEROGENEI

Prof. ROMUALDO CONTI

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso si propone di illustrare l'applicazione della reologia all'ingegneria chimica e pertanto si compone di due parti: una in cui vengono introdotti e sviluppati i concetti fondamentali della reologia e una in cui gli stessi vengono applicati nella problematica di specifiche tecnologie ed apparecchiature. Esami propedeutici: Fisica I, Analisi I ed Analisi II.

### PROGRAMMA

*Premessa.* Proprietà dei fluidi con particolare riguardo alle caratteristiche reologiche dei fluidi non-newtoniani: pseudoplastici, dilatanti, di Bingham, viscoelastici, tixotropici, reopectici. (Fluidi «drag-reduction»). Modelli per l'interpretazione delle proprietà reologiche.

#### *Statica dei fluidi.*

##### *Sistemi omogenei:*

- a) Moto dei fluidi newtoniani e non-newtoniani - Equazione di continuità - Equazione del moto - Moto viscoso e moto turbolento - Viscosità turbolenta - Profili di velocità.
- b) Bilancio energetico - Equazione dell'energia - Equazione di Bernoulli - Perdite di carico in condotti per fluidi newtoniani e non-newtoniani - Misure di portata.
- c) Moto di fluidi comprimibili.
- d) Moto di fluidi speciali.

##### *Sistemi eterogenei:*

- a) Moto di fluidi eterogenei - Moto di fluidi attorno a corpi solidi - Strato limite - Resistenza di forma - Moto di particelle solide e fluide in fluidi, anche in campi di forze non gravitazionali - Flusso in letti granulari - Principi di filtrazione - Principi di fluidizzazione.
- b) Flusso bifasico in tubi e letti granulari.

##### *Riferimenti diretti ad operazioni chimiche:*

- a) Filtrazione in letto granulare, filtrazione centrifuga, lavaggio per filtrazione.
- b) Sedimentazione libera e forzata, classificazione.
- c) Trasporto pneumatico, cicloni, letti fluidizzati.
- d) Perdite di carico in letti granulari di flussi bifasici in contro ed equicorrente: hold-up, loading, flooding, regime pulsato.
- e) Gorgogliatori.
- f) Reattori agitati: potenza dissipata dell'agitatore per varie geometrie del sistema; sospensione di solidi in liquidi per agitazione, emulsione, agitazione di fluidi non-newtoniani - Grado di miscelazione - Concetto di segregazione.

#### *Esercitazioni.*

Vengono proposti calcoli su applicazioni degli argomenti studiati con uno sviluppo globale di 15/20 ore.

### TESTI CONSIGLIATI

- R.B. Bird, W.E. Steward, E.N. Lightfoot - «Fenomeni di trasporto», Ambrosiana Milano 1970.  
 F.A. Holland - «Fluid flow for Chemical Engineers», Arnold London (1973).  
 A. Foust, L. Wenzel - «Principles of Unit Operations» - John Wiley & Sons Inc. New York (1966).  
 W.L. Wilkinson - «Non-newtonian fluids», Pergamon Press London (1960).

## RICERCA OPERATIVA

Prof. ANNA MARIA OSTANELLO-BORREANI

Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

II PERIODO DIDATTICO

## NOTIZIE GENERALI

4 ore lezione - 4 ore esercitazione (corso intero).

*Propedeuticità:* corsi di matematica del biennio - Elementi di programmazione - Elementi di Statistica.

Conoscenze specifiche *richieste:* matrici, spazi vettoriali - funzioni di più variabili.

## PROGRAMMA

## Parte I

- Considerazioni generali sulla R.O. - Fasi di studio di un problema di R.O. - Modelli.
- Formulazione generale di modelli lineari di ottimizzazione - Algoritmi di soluzione - Dualità - Costi marginali - Tests di sensibilità - Parametrizzazione - Obiettivi multipli - Decomposizione - Problemi decisionali a più livelli.

## Parte II

- Ottimizzazione sui reticoli (Programmazione reticolare) - Grafi - Reticoli - Cicli e cocicli - Dualità.
- Problema del trasporto e del potenziale - Algoritmi di flusso e applicazioni (cammino più corto, assegnazioni, etc.) - Interpretazione reticolare del metodo del Simplex.
- Multiflusso - Flussi con moltiplicatori.
- Cammini critici (PERT costi e tempi).

## Parte III

- Programmazione lineare a numeri interi.
- Esempi di problemi applicativi - Connessione con la programmazione reticolare - Algoritmo del piano secante - Algoritmo di Branch and bound.

## Parte IV

- Programmazione dinamica lineare.
- Analisi di fenomeni dinamici - Teorema di ottimalità - Ottimizzazione a più livelli - Ricerca di una politica ottimale - Applicazioni.
- Cenni di teoria dei giochi.

## Parte V

- Modelli decisionali non lineari - Cenni di programmazione non lineare - Convessità - Teorema del punto di sella - Condizioni di Kuhn-Tucker - Algoritmi di calcolo.

## Esercitazioni.

- Esercizi sugli argomenti trattati - Costruzione di modelli didattici - Uso del calcolatore per soluzione dei modelli.
- Analisi completa di modelli reali, a scelta.

## TESTI CONSIGLIATI

- Hillier F.S. e Lieberman G.J. - «Introduzione alla Ricerca Operativa» - F. Angeli ed. 1973 (traduz. da edizione inglese 1968).
- A. Kaufmann - «Méthodes et modèles de la R.O. - Tome I, II» - Dunod 1964.
- L. Ermini - «Programmazione Lineare» - ISEDI ed. 1972.
- G.B. Dantzig - «Linear Programming and extensions» - Princeton Univ. Press 1963.
- Colomi e Brioschi - «Ricerca operativa» - CLUP Milano 1973.
- C. Berge e A. Ghouila Hourii - «Programmes, jeux et Réseaux de Transport» - Dunod 1967.
- S. Vajda - «Planning by Mathematics» - Pitman Paperbacks 1973.

## SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

per aeronautici

Prof. A.M. SASSI

Corso di laurea in INGEGNERIA AERONAUTICA

I PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

Le lezioni spiegano la teoria e portano esempi di applicazione. Durante le esercitazioni vengono eseguiti elaborati sotto la guida degli assistenti e periodicamente si effettuano prove scritte di verifica dell'apprendimento progressivo. L'esame consiste in una parte scritta sulla prima parte del programma che può anche essere sostenuta a metà del corso. L'interrogazione avviene soltanto a fine corso su tutto il programma:

Gli esami propedeutici sono: Analisi I e II; Meccanica razionale.

*PROGRAMMA**PARTE I - Travature.*

Travature piane sollecitate nel loro piano - Equilibrio degli sforzi - Caratteristiche di sollecitazione - Travature reticolari piane - Equilibrio degli sforzi - Statica degli sforzi nello spazio - Deformazioni nel piano - L'equazione dei lavori virtuali - Deformazioni delle travature reticolari - Flessione delle travi diritte - Sistemi piani iperstatici - Trave continua - Travature simmetriche - Deformazioni nello spazio - Strutture iperstatiche nello spazio - Linee d'influenza di spostamenti.

*PARTE II - Teoria della trave - Resistenza.*

Analisi della deformazione - Analisi dello stato di tensione - Le proprietà del corpo elastico - Il problema di De St. Venant - Sforzo normale e flessione - La torsione - Il taglio - La teoria delle travi - Il carico di punta.

*Esercitazioni.*

Le esercitazioni consistono in applicazioni della teoria svolta a lezione; in esse gli studenti imparano a risolvere problemi concreti. Si richiamano principi di statica e di geometria delle masse indispensabili per lo svolgimento dei calcoli richiesti. E' possibile, per gli studenti che lo vogliono, sostituire le esercitazioni riferentisi alla II parte del corso con lo studio più approfondito di un problema particolare che risolveranno in gruppo di non più di 5 allievi sotto la guida del docente.

*TESTI CONSIGLIATI*

P. Cicala - «Scienza delle Costruzioni» vol. I e II - Levrotto & Bella, Torino.  
A. Sassi, P. Bocca, G. Faraggiana - «Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni», Levrotto & Bella, Torino.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI  
per civili

Prof. FRANCO LEVI

Corso di laurea in INGEGNERIA CIVILE

I PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

Si allega il programma. Come indicato nella prefazione del libro di F. Levi, il corso « conserva una forma classica, fondata sull'ipotesi elastica e sul concetto delle tensioni ammissibili. Così pure, nello sviluppo delle applicazioni, non si accenna che di sfuggita alla possibilità di ricorrere agli strumenti moderni di calcolo automatico. Tale indirizzo, in apparenza obsoleto rispetto agli attuali orientamenti della materia, si giustifica a nostro avviso con il carattere propedeutico dell'insegnamento di cui trattasi. Noi riteniamo infatti che vi sia tuttora vantaggio ad iniziare lo studio del difficile problema dell'equilibrio del corpo deformabile pel tramite della teoria elastica, onde acquisire una prima solida base di riferimento, alla quale potranno utilmente appoggiarsi ulteriori sviluppi in campo anelastico. Nella presentazione orale dei vari capitoli noi non manchiamo tuttavia di richiamare l'attenzione sul carattere convenzionale e talvolta arbitrario del concetto di «tasso ammissibile», in particolare in presenza di azioni esterne di diversa origine: forze e deformazioni impresse.

Analoghi ragionamenti valgono, a parer nostro, a spiegare l'omissione degli argomenti attinenti all'applicazione sistematica del calcolo numerico. Non ci sembra infatti logico abordarre la metodologia necessaria per risolvere i problemi ad alto numero di incognite quando ancora non si sono assimilati i concetti fondamentali; ed è ovvio che l'illustrazione di questi ultimi risulta più chiara se riferita ad esempi elementari. Sarà compito dei Corsi successivi fornire gli strumenti, di carattere essenzialmente matematico, che consentono di estendere la trattazione in tale direzione. È invece stata nostra cura iniziare il Corso con una illustrazione succinta, ma abbastanza accurata, della teoria generale del corpo elastico, onde mettere in chiara evidenza la portata delle ipotesi via via introdotte per la risoluzione dei problemi tecnici. È questa la via classica, additata dal Colonnetti e suffragata da lunga esperienza didattica, alla quale siamo rimasti fedeli per intima convinzione».

È disponibile una raccolta di esercizi di M. Bertero e S. Grasso che segue passo passo il programma del Corso.

*Esami propedeutici consigliati:*

Analisi I e II

Geometria

Fisica I e II

Meccanica razionale.

**PROGRAMMA***Teoria del corpo deformabile - Elasticità.*

- Premessa - Definizione e ruolo della «Scienza delle Costruzioni» - Suoi aspetti «formativo» ed «informativo».
- Statica del corpo rigido e meccanica del corpo deformabile - Risoluzione dei problemi staticamente indeterminati - Equilibrio da forze esterne e stati di coazione - L'ipotesi della elasticità: portata e limiti di applicazione - Cenni sui principi di sicurezza.
- Analisi della deformazione - Componenti dello spostamento e componenti della deformazione - Condizioni di congruenza e di compatibilità.
- Analisi dello stato di tensione - Definizioni e notazioni - Componenti speciali di tensione - Relazione di Cauchy - Tensioni principali - Isostatiche - Esempi di tracciamento - Equazioni di equilibrio alla superficie ed equazioni indefinite.
- Energia potenziale elastica - Stato naturale, stato non deformato - Ipotesi dell'elasticità - L'energia potenziale come funzione quadratica delle componenti di deformazione - Espressione dell'equilibrio del solido elastico col principio dei lavori virtuali - Teorema di Clapeyron - Azioni statiche ed azioni dinamiche - Relazione tra componenti di tensione e componenti della deformazione - Espressione dell'energia potenziale in funzione delle  $\sigma, \tau$  e delle  $\epsilon, \gamma$  - Energia vincolata, lavoro di deformazione.
- Legge di Hooke - Principio di sovrapposizione degli effetti - Altre proprietà del corpo elastico.
- Ipotesi dell'isotropia - Coefficienti elastici - Relazione fra  $E, m, G$ .

*Casi semplici di sollecitazione.*

- Il solido prismatico - Risoluzione del Clebsch - Principio di De Saint Venant - Caratteristiche della sollecitazione - Generalizzazione del procedimento - Impostazione elementare dei casi semplici.
- Trazione semplice - Tensioni e deformazioni - Misure di  $E, m$  - Cenni sulle macchine di prova e sugli estensimetri - Diagramma sforzi-deformazione - Intagli.
- Flessione semplice - Ipotesi di Navier - Flessione retta - Flessione deviata - Forma delle sezioni inflesse - Lavoro di deformazione - Equazione differenziale della linea elastica.
- Pressoflessione - Cenni riassuntivi di geometria delle masse ed applicazione alla combinazione dello sforzo normale e del momento flettente - Trattazione analitica - Regione di nocciolo - Lavoro di deformazione.
- Il problema della sezione parzializzata - Richiami di statica grafica - Sezioni non armate - Sezioni armate - Cenni sul comportamento a rottura.
- Concetto di precompressione - Principali vantaggi.
- Instabilità del solido caricato di punta - Considerazioni intuitive - Teoria di Eulero - Limiti di validità - Caso dei solidi tozzi - Pilastrini in cemento armato - Importanza dei fenomeni di instabilità.
- Flessione e taglio - Formule approssimate - Lavoro di deformazione - Fattore di taglio - Variazione delle tensioni intorno al punto - Cerchio di Mohr - Nozione di centro di taglio.
- Torsione semplice - Cilindro circolare - Altre forme di sezione - Analogia - Lavoro di deformazione - Elementi cavi a parete sottile - Cenni sui profili aperti.
- Sollecitazioni composte - Cenni sui criteri di resistenza più importanti in sede applicativa.

*Teoria delle travi inflesse.*

- Richiami sui tipi di vincoli - Tipologia delle travi e degli archi.
- Richiami sui diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione - Nozione di linea di influenza - Applicazione alle travi isostatiche.
- Linea elastica delle travi inflesse - Metodo analitico - Esempi.
- Travi iperstatiche ad una campata - Considerazioni intuitive sul comportamento - La trave parzialmente incastrata come elemento delle ossature a maglia - Trattazione approssimata.
- Applicazione diretta del principio dei lavori virtuali (metodo di Muller-Breslau) - Calcolo di reazioni iperstatiche e di spostamenti - Applicazione alla risoluzione diretta di problemi iperstatici nel caso generale.
- Teorema di Betti - Applicazione al tracciamento delle linee di influenza di spostamenti - Estensioni alle linee di influenza delle reazioni dei vincoli.
- Teorema di Menabrea - Teorema di Castigliano - Applicazione alla risoluzione di problemi iperstatici ed al calcolo di deformazioni.
- Trave continua - Equazione dei tre momenti - Calcolo delle reazioni - Nozioni sui punti fissi - Trave ad asse spezzato.
- Linea elastica - Metodo grafico - Corollari del teorema di Mohr.

*Le travature reticolari.*

- Generalità - Conteggio dei vincoli.
- Poligoni cremoniani.
- Metodo di Ritter.
- Applicazione dei teoremi generali e del metodo di Muller Breslau alle travature reticolari.

*Esercitazioni.*

Comprendono un minimo di sei ore settimanali di esercitazioni in aula e due-tre esercitazioni di laboratorio.

*TESTI CONSIGLIATI*

- F. Levi - «Scienza delle Costruzioni» - Levrotto & Bella 1974 (III ed.).
- M. Bertero-S. Grasso - «Esercizi di Scienza delle Costruzioni» - Levrotto & Bella 1974.
- G. Colonnetti - «Scienza delle Costruzioni» - Einaudi Torino.
- O. Belluzzi - «Scienza delle Costruzioni» - Zanichelli Bologna.

**SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**  
per chimici, elettrotecnici, minerari, nucleari

Prof. C.E. CALLARI

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

I PERIODO DIDATTICO

**NOTIZIE GENERALI**

**Esami propedeutici:**

Meccanica Razionale  
Analisi Matematica.

**PROGRAMMA**

- Introduzione generale alla statica del corpo rigido e del corpo deformabile.
- Studio dei solidi deformabili elasticamente.
- Analisi dello stato di tensione e deformazione.
- Condizioni di sollecitazione nelle strutture monodimensionali.
- Criteri di rottura e di resistenza dei materiali.
- Calcolo delle strutture iperstatiche elastiche.
- Teoremi sul lavoro di deformazione delle strutture elastiche.
- Cenno sullo studio degli effetti dei carichi mobili sulle strutture.
- Fenomeni di instabilità.
- Cenni sullo studio di strutture bidimensionali semplici.

**Esercitazioni.**

Vengono applicati praticamente i concetti teorici esposti nelle lezioni; in apertura del corso vengono in particolare richiamati e sviluppati, con intento applicativo, gli argomenti relativi alla geometria delle masse e alla statica del corpo rigido.

**TESTI CONSIGLIATI**

F. Levi - «Lezioni di Scienza delle Costruzioni».

O. Belluzzi - «Scienza delle Costruzioni» vol. I.

M. Bertero - G. Grasso - «Esercizi di Scienza delle Costruzioni», Levrotto & Bella, Torino.

## SCIENZA DELLE COSTRUZIONI per elettronici

Prof. UGO ROSSETTI

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso per elettronici, oltre a fornire i fondamenti del corso classico di teoria dell'elasticità e teoria delle travi, indica ed esemplifica nei seminari finali alcuni aspetti applicativi.

*Esami propedeutici consigliati:* Meccanica Razionale e Fisica I.

### PROGRAMMA

- 1) Elemento trave - Caratteristiche della sollecitazione.
- 2) Travature piane - Vincoli - Reazioni - Diagrammi delle sollecitazioni.
- 3) Analisi della deformazione.
- 4) Analisi dello stato di tensione.
- 5) Proprietà del corpo elastico.
- 6) Deformazioni delle travi inflesse - Linea elastica - Principio dei lavori virtuali.
- 7) Sistemi piani iperstatici.
- 8) Il problema di St. Venant - Casi semplici di sollecitazione - Corno al cemento armato ed al precompresso - Condizioni di resistenza - Tensioni ideali.
- 9) Il carico di punta.

*Seminari conclusivi* (nelle ultime tre settimane di corso gli allievi possono scegliere tra uno dei seguenti seminari)

- A) *Complementi al corso base.*
  - Travature reticolari piane.
  - Linee d'influenza.
  - Teoremi sul lavoro di deformazione.
- B) *Sperimentale.*
  - Le prove sui materiali e strutture - Prove su modelli - Estensimetri elettrici - Apparecchiature elettroniche di misura (con Laboratorio).
- C) *Instabilità.*
  - Questioni di seconda approssimazione nell'instabilità elastica - Teoria di Engesser - Shanley.
- D) *Applicazioni di calcolo automatico.*
  - Esempi di calcoli strutturali con calcolatore - Programmazione.
- E) *Strutture.*
  - Ipotesi di carico - Normativa - Cemento armato - Precompresso - Strutture metalliche - Applicazioni ad una struttura di interesse elettronico.

### *Esercitazioni.*

Nella prima parte: esercitazioni analitiche in aula. Nei seminari finali esercitazioni analitiche, grafiche e sperimentali, secondo i diversi indirizzi.

### TESTO CONSIGLIATO

«Estratto dalle lezioni di Scienza delle Costruzioni» di P. Cicala e dispensa di U. Rossetti.

Dispense sui seminari conclusivi.

## SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

per meccanici

Prof. PLACIDO CICALA

Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

La Scienza delle Costruzioni determina lo stato di tensione e di deformazione a cui le costruzioni sono soggette nella loro funzione di trasmissione degli sforzi. Il corso del 3° anno considera solo le strutture unidimensionali (travi e sistemi di travi, non le piastre o i gusci).

Per l'apprendimento di tale materia è indispensabile la conoscenza della statica nel piano e nello spazio, nonché della geometria delle aree, oltre alle nozioni comuni di analisi. È opportuna la conoscenza della cinematica nel piano. Il corso a sua volta è propedeutico a quelli nei quali si studia la progettazione e realizzazione delle strutture (Corsi di Tecnica delle Costruzioni, Costruzioni di Macchine, Costruzioni Aeronautiche, ecc.).

### PROGRAMMA

Analisi dello stato di deformazione.

Analisi dello stato di tensione.

Equazione dei lavori virtuali.

Proprietà del corpo elastico e limiti relativi.

Teoria di St. Venant delle travi. Casi semplici e sollecitazioni composte.

Travature piane caricate nel piano. Travature piane caricate trasversalmente. Travature spaziali. Calcolo degli sforzi e delle deformazioni negli schemi isostatici e in quelli iperstatici.

Fenomeni di instabilità elastica.

Schemi semplici di comportamento anelastico delle travature.

N.B. - Il programma dettagliato, in 14 pagine, viene messo a disposizione degli allievi del corso.

### Esercitazioni.

Le esercitazioni consistono in applicazioni della teoria svolta a lezione: inoltre si richiamano i principi di statica e geometria delle masse indispensabili per lo svolgimento dei calcoli richiesti. Indicazioni precise sul tipo di problemi che gli studenti sono chiamati a risolvere possono aversi dal 2° dei libri sotto consigliati.

### TESTI CONSIGLIATI

P. Cicala - «Scienza delle Costruzioni», vol. I e II, Levrotto & Bella, Torino.

A. Sassi, P. Bocca, G. Faraggiana - «Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni», Levrotto & Bella, Torino.

Per la mole della materia e la limitazione del tempo che mediamente gli studenti vi possono dedicare, non si consiglia agli stessi, in una prima fase di preparazione, uno studio di altri testi ma piuttosto un completamento della preparazione mediante studio di quelle parti del testo ufficiale che non possono essere svolte a lezione o esercitazione.

## SICUREZZA STRUTTURALE

Prof. EZIO LEPORATI

Corso di laurea in INGEGNERIA CIVILE

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso, semestrale, è stato istituito nell'anno accademico 1974-75. Gli argomenti fondamentali trattati sono:

sicurezza strutturale in senso lato, plasticità, metodologie di verifica della sicurezza probabilistiche e semiprobabilistiche agli stati limite, analisi ed evoluzione delle normative relative alle strutture in cemento armato, in cemento armato precompresso e metalliche. Analisi statistica dei carichi e delle resistenze.

### Esami propedeutici.

L'insegnamento di «Sicurezza strutturale» deve essere preceduto da «Scienza delle Costruzioni».

Nel corso di «Sicurezza strutturale» vengono inoltre analizzati argomenti che trovano trattazione anche negli insegnamenti di:

- «Elementi di statistica»
- «Tecnica delle Costruzioni I»
- «Complementi di Scienza delle Costruzioni».

### PROGRAMMA

- Problemi di progettazione. Tecnici responsabili. Sicurezza ed economia.
- I metodi di verifica della sicurezza: deterministici, semiprobabilistici, probabilistici.
- Il metodo delle tensioni ammissibili. Richiami dei concetti fondamentali. I criteri di resistenza. Discussione del metodo con particolare riferimento ai problemi non lineari.
- Il metodo semiprobabilistico agli stati limite FIP-CEB. Cenni ad altri metodi semiprobabilistici.
- Plasticità delle strutture in acciaio. I diagrammi di deformazione dei materiali. La funzione di snervamento. La flessione plastica. Legami momento-curvatura. Le cerniere plastiche. La torsione plastica. I diagrammi di interazione: sforzo normale-flessione; taglio-flessione; flessione-torsione; sforzo normale-torsione. La deformazione di strutture isostatiche in campo elasto-plastico. L'influenza della plasticità sulle reazioni e sulle caratteristiche di sollecitazione di strutture iperstatiche. Effetti di redistribuzione. Diagrammi carichi-caratteristici di sollecitazione in campo elasto-plastico, il «limit-design». Moltiplicatori staticamente ammissibili e cinematicamente sufficienti. Il teorema statico. Il teorema cinematico. Il metodo di Greenberg-Prager. Applicazioni alle travi a parete piena ed ai telai. Il comportamento elasto-plastico delle travature reticolari iperstatiche.
- Le resistenze: analisi statistica.
- I carichi: definizione e richiami alla CNR-UNI 10012. Idealizzazione statistica. La variabilità nel tempo e nello spazio.
- La probabilità di raggiungimento di uno stato limite. Criteri di scelta dei relativi valori.
- Il metodo di calcolo probabilistico agli stati limite. Problemi monodimensionali e pluridimensionali. La combinazione di carichi variabili stocasticamente. Il procedimento operativo al «livello II». I procedimenti operativi al livello I.
- Inquadramento dei metodi semiprobabilistici «CEB-FIP» e «first order-second moment» nel problema generale di verifica della sicurezza.
- L'evoluzione della normativa italiana per le costruzioni in c.a., c.a.p. e metalliche nel quadro della sicurezza strutturale.

*Esercitazioni.*

Nella prima parte delle esercitazioni (circa metà semestre) sono trattati, specie dal punto di vista applicativo, i seguenti argomenti di statistica:

- elementi di calcolo delle probabilità,
- la variabilità ad una dimensione. I parametri statistici fondamentali. Distribuzioni teoriche: variabili discrete e continue,
- la variabilità a due dimensioni,
- trasformazione di variabili casuali. Le operazioni fondamentali,
- espressioni approssimate dei parametri statistici di variabili casuali,
- cenni alla variabilità a più dimensioni,
- elementi della teoria del campione. Stimatori e loro proprietà.

Nella seconda parte delle esercitazioni vengono effettuati esempi di applicazioni di:

- calcolo a rottura di strutture,
- deformazioni di strutture in campo elasto-plastico,
- verifiche di sicurezza probabilistiche e semiprobabilistiche agli stati limite ultimi e di esercizio.

*TESTI CONSIGLIATI*

- Per i concetti fondamentali del corso:

J. Ferry Borges - M. Castanheta - «Structural Safety» LNEC 2nd edition Lisboa, 1973.

- Per il capitolo sulla plasticità delle strutture metalliche:

O. Belluzzi - «Scienza delle Costruzioni» vol. III, Zanichelli.

R. Baldacci - C. Ceradini - E. Giangreco - «Plasticità» vol. II parte A, Tamburini, 1971.

- Per gli elementi fondamentali di statistica:

F. Ricci - «Statistica ed elaborazione statistica delle informazioni» Zanichelli, 1975.

**S I D E R U R G I A**  
per chimici e meccanici  
Prof. AURELIO BURDESE

Corso di laurea in INGEGNERIA CHIMICA

I PERIODO DIDATTICO

**NOTIZIE GENERALI**

«Siderurgia» è un corso di indirizzo ed ha lo scopo di affinare la preparazione dell'ingegnere in campo metallurgico, fornendo conoscenze specialistiche sulle leghe ferrose, con particolare riferimento ai processi ed impianti siderurgici, senza però trascurare un più approfondito studio delle proprietà strutturali, meccaniche e chimiche dei prodotti siderurgici e delle loro caratteristiche di impiego. Per seguire il corso è necessaria un'ottima conoscenza delle nozioni impartite nel corso precedente di Metallurgia (o di Tecnologia dei materiali metallici) ed in quelli di Chimica applicata e Fisica tecnica, soprattutto per quanto si riferisce ai combustibili, ai fenomeni di trasmissione del calore ed ai refrattari.

Al fine di approfondire le conoscenze in campo siderurgico è consigliabile seguire anche il corso di «Tecnologie siderurgiche», relativo alle lavorazioni meccaniche che comportano deformazione plastica.

**PROGRAMMA**

1) *Chimica fisica dei processi siderurgici.* Equilibri omogenei ed eterogenei in sistemi di interesse siderurgico - Sistemi costituiti da ossidi in progressiva riduzione - Bagni metallici - Equilibri metallo-scoria - Termodinamica dei processi siderurgici.

2) *La combustione nei processi siderurgici.* Combustibili - Preriscaldamento e recupero di calore - Classificazione e controllo di forni.

3) *Riduzione degli ossidi.* Riducibilità - Riduzioni dirette e indirette - Equilibri di riduzione degli ossidi di ferro - Effetto di ossidi estranei ed in particolare dei costituenti delle scorie siderurgiche.

4) *Ghisa.* Altoforno ed impianti ausiliari - Altoforno elettrico e forni per ferroleghe - Seconda fusione - Inoculazione e colata - Sferoidizzazione e malleabilizzazione - Ghise legate - Caratteristiche d'impiego.

5) *Acciaio.* Processi di preaffinazione e di affinazione - Disossidazione e colata - Fabbricazione di acciai speciali - Lavorazione e utilizzazione dell'acciaio - Trattamenti termici e caratteristiche strutturali e di impiego degli acciai - Comportamento in opera dell'acciaio.

**Esercitazioni.**

Impianti siderurgici e complementi su prove fisico-meccaniche e metallografiche.

**TESTI CONSIGLIATI**

Notizie di base sul programma del corso possono essere reperite, ad esempio, nei testi:

A. Burdese - «Manuale di Metallurgia» - UTET, Torino.

W. Nicodemi e R. Zoja - «Processi e Impianti Siderurgici» - Tamburini, Milano.

G. Violi - «Processi Siderurgici» - Etas Kompass, Milano.

Si veda inoltre ai libri consigliati per i corsi di «Metallurgia e Metallografia» e di «Tecnologia dei materiali metallici».

## SINTESI DELLE RETI ELETTRICHE

Prof. C. BECCARI

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

I PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

Il corso si inserisce negli indirizzi di elettronica circuitale e di elettronica per telecomunicazioni; lo scopo è quello di mettere gli studenti in grado di progettare diversi tipi di funzioni di trasferimento di sistemi lineari ed analogici sia mediante circuiti passivi sia mediante circuiti attivi.

Prerequisiti al corso sono gli insegnamenti di Elettronica applicata II, Comunicazioni elettriche, e, ovviamente, Elettronica applicata I, Teoria delle reti elettriche ed Elettrotecnica.

*PROGRAMMA*

Analisi del comportamento nel dominio del tempo dei filtri ideali in frequenza e del comportamento nel dominio della frequenza dei filtri ideali nel tempo; effetto delle distorsioni di ampiezza e di fase. Approssimazione causale dei filtri ideali non causali.

Sintesi di funzioni di trasferimento mediante doppi bipoli RC attivi; soluzioni impieganti amplificatori di tensione, convertitori di impedenza negativa, giratori, amplificatori operazionali.

Problemi di sensibilità; confronto fra le varie attuazioni; decomposizioni delle funzioni di trasferimento ottime agli effetti della minimizzazione della sensibilità rispetto ai parametri attivi.

Proprietà dei doppi bipoli LC ed RC; condizioni necessarie e sufficienti per l'attuabilità simultanea di una o più funzioni di doppio bipolo. Attuazioni secondo Cauer e secondo Darlington del generico doppio bipolo reattivo. Attuazioni a scala prive di trasformatori; cenni alle condizioni di Fujisawa e di Watanabe.

Criteri di approssimazione delle funzioni di trasferimento; filtri approssimati secondo il criterio dei minimi quadrati, secondo Butterworth, Cebiscef, Cauer, Bessel, secondo il criterio del ritardo ad ondulazione costante; filtri con parametri generali, filtri parametrici di Colin-Watanabe, di Bingham, di Beccari. Trasformazioni equivalenti; compensazione delle perdite.

*Esercitazioni.*

Le esercitazioni consistono nello svolgimento di temi particolari individuali, con relativa relazione orale in aula, su argomenti specifici compresi nel programma precedente o su sviluppi specializzati di argomenti visti nei corsi di Elettrotecnica e di Teoria delle Reti Elettriche.

*TESTI CONSIGLIATI*

L.P. Huelsman - «Theory and design of active RC circuits» - McGraw-Hill, New York 1968.

DV.S. Humpherys - «The analysis, design, and synthesis of electrical filters». Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1970.

## SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof. EZIO BIGLIERI

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

#### *Scopo del corso.*

Volendo classificare gli argomenti di competenza dell'ingegneria delle telecomunicazioni secondo lo schema *componenti-tecniche-sistemi*, è a quest'ultimo aspetto che il corso rivolge principalmente la sua attenzione. Esso si ripropone di costituire un momento di sintesi tra le nozioni apprese in alcuni corsi precedenti: si vuole infatti mostrare come tecniche e componenti già noti contribuiscano all'architettura di un sistema complesso.

L'obiettivo del corso è di fornire un panorama dei principali sistemi di telecomunicazione, esaminando di ciascuno le funzioni peculiari, le caratteristiche radioelettriche, le principali soluzioni tecniche.

### PROGRAMMA

a) *Ponti radio.* Questo sistema viene analizzato in modo particolarmente dettagliato, come esempio di sistema di comunicazione a microonde tra punti fissi. Vengono esaminati i tipi di segnali di informazione trasmessi mediante i ponti radio: segnale telefonico multiplo in frequenza, segnale televisivo, musicale, telegrafico.

I problemi di propagazione rivestono un'importanza particolare; vengono perciò analizzati, dopo alcuni richiami sulla propagazione nello spazio libero, gli effetti dovuti all'atmosfera e alla presenza del suolo. Vengono quindi esaminate le antenne impiegate, dal punto di vista delle caratteristiche di ricezione e trasmissione e dei tipi usati.

Per garantire gli elevati standard qualitativi che sono richiesti a questi sistemi, sono fondamentali le considerazioni sul rumore; dopo opportune premesse sulla teoria del rumore termico e di intermodulazione, questa viene utilizzata per determinare la qualità di un collegamento.

b) *Comunicazioni mediante satelliti.* Dopo una classificazione dei satelliti per telecomunicazioni e dei tipi di servizi prestati, vengono esaminate le principali tecniche di modulazione, oltre al problema dell'accesso multiplo.

c) *Radar* e d) *Radioaiuti alla navigazione.* Oltre ai principi generali di funzionamento, vengono descritti alcuni tra i sistemi più importanti per le applicazioni civili.

e) *Trasmissione numerica.* Un'importante applicazione di questi sistemi si ha nella trasmissione numerica di informazioni analogiche (telefonia, TV): è quindi a questo aspetto del problema che viene prestata la maggiore attenzione.

#### *Lezioni ed esercitazioni.*

Si svolgono per complessive 6 ore la settimana durante il 2° periodo didattico. Il corso viene completato da visite tecniche ad installazioni e/o ditte costruttrici.

## SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE A FLUIDO

Prof. CARLO VINCENZO FERRARO

Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

II PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

Il corso fornisce le nozioni teoriche e la pratica sperimentale necessaria per affrontare i problemi inerenti alla sperimentazione sulle macchine a fluido. È indicato specialmente per gli allievi che intendono svolgere attività sperimentale sulle macchine a fluido nell'Università, nell'industria, o presso istituti preposti a prove di omologazione o collaudo su macchine a fluido (quale, ad esempio, l'Ispettorato Generale della Motorizzazione). Il corso è semestrale.

*Nozioni propedeutiche necessarie.*

Sono necessarie le nozioni di tutte le materie del biennio e, per il triennio, di Fisica Tecnica e Meccanica Applicata; è pure necessaria la conoscenza di alcuni argomenti di Elettrotecnica e Idraulica.

Utile complemento al corso in esame è la frequenza del corso di Elementi di Elettronica.

*PROGRAMMA*

Tecniche di misura comunemente adottate nel campo delle macchine delle seguenti grandezze fisiche, sia istantanee che medie: coppia, velocità lineare, velocità angolare, potenza, portata, pressione, temperatura. Errori di misura.

Applicazione delle tecniche dette ai rilievi sperimentali richiesti più frequentemente con particolare riferimento ai seguenti:

- a) Caratteristica meccanica, linea di regolazione e cubica di utilizzazione di motori volumetrici ed a turbina.
- b) Caratteristica manometrica di compressori.
- c) Coefficiente di riempimento di macchine volumetriche.
- d) Numero di ottano dei carburanti.
- e) Caratteristiche di trasmissioni idrauliche.
- f) Analisi dei gas di scarico dei motori termici.

*Esercitazioni.*

Una esercitazione settimanale riguardante rilievi sperimentali in laboratorio, con relativi calcoli, del tipo indicato ai punti a) b) c) d) e) f) del programma.

*TESTI CONSIGLIATI*

Essenzialmente si consigliano gli appunti di lezione, essendo impossibile individuare un testo in cui siano trattati tutti gli argomenti del programma. Alcuni di essi sono, comunque, sufficientemente trattati in:

«Mechanical Measurements» - Beckwith-Buck (Editrice Addison-Wesley).

**SPERIMENTAZIONE SU MATERIALI E STRUTTURE**

Prof. M. BERTERO

Corso di laurea in INGEGNERIA CIVILE

II PERIODO DIDATTICO

*PROGRAMMA NON PERVENUTO*

## STATISTICA E TEORIA DELL'INFORMAZIONE

Prof. VALENTINO CASTELLANI

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Per seguire con profitto il corso è richiesta una buona conoscenza dei seguenti argomenti: teoria delle probabilità, variabili casuali, sistemi lineari, elementi di teoria dei segnali e delle modulazioni. Sono quindi propedeutici i corsi di Teoria dei segnali e di comunicazioni elettriche.

L'esame consta di una prova scritta e di un colloquio orale. Durante l'anno è possibile sostenere una prova scritta che (in caso di esito positivo) vale per la prova d'esame.

Durante lo svolgimento del corso viene distribuito del materiale didattico che costituisce una traccia sintetica degli argomenti svolti a lezione.

### PROGRAMMA

Nei sistemi di trasmissione di tipo convenzionale l'informazione da trasmettere (conversazione telefonica, immagine televisiva, risultati di una misura, ecc.) viene di solito convertita in modo « analogico » in una grandezza elettrica ed inviata sul canale di trasmissione.

Se invece l'informazione da trasmettere subisce, prima della trasmissione, una « codificazione » opportuna che la trasforma in una sequenza di simboli convenzionali secondo un procedimento prestabilito, allora il canale di trasmissione si troverà a dover trattare sempre lo stesso tipo di segnali. Tali sistemi sono anche detti sistemi di trasmissione numerica dell'informazione.

Obiettivo del corso è quello di fornire gli strumenti teorici per una valutazione di massima delle prestazioni e un dimensionamento dei sistemi suddetti e per una comprensione critica dei problemi che ivi si presentano. L'orientamento applicativo riguarda prevalentemente i sistemi cosiddetti di trasmissione di dati.

I fondamenti teorici sono quelli della teoria dell'informazione nella formulazione data da Shannon. Una prima parte del corso si occupa della misura dell'informazione e della definizione di tutte le grandezze caratteristiche del sistema.

La seconda parte riguarda il problema della codificazione sia di sorgente sia di canale, cioè sia per gli aspetti relativi alla traduzione dell'informazione in un linguaggio numerico in un certo senso universale (codificazione di sorgente) sia per i problemi connessi alla protezione dell'informazione quando viene trasmessa sul canale (codici a rivelazione e/o correzione d'errore).

La terza parte è dedicata allo studio dei particolari tipi di segnali o strutture di segnali che sono più adatti alla trasmissione di informazione di tipo numerico, ed alla valutazione delle prestazioni.

L'ultima parte infine riguarda l'analisi della trasmissione sui canali reali quando cause diverse, peraltro sempre presenti, rendono non del tutto attendibili i modelli teorici che sono serviti ad impostare concettualmente il problema.

### Esercitazioni.

Essendo il corso frequentato da circa 40 studenti, non c'è una distinzione rigida tra lezioni ed esercitazioni. Queste ultime occupano circa un terzo delle ore complessive del corso e si propongono di far svolgere su esempi applicativi le nozioni apprese dalle lezioni.

### TESTI CONSIGLIATI

- F.M.Reza - « An introduction to information theory » McGraw-Hill.  
 J.M. Wozencraft, I.M. Jacobs - « Principles of communication engineering » - J. Wiley.  
 R.W. Lucky, J. Salz, E.J. Weldon - « Principles of data communication » - McGraw-Hill.

## STRUMENTAZIONE FISICA

Prof. L. GONELLA

Corso di laurea in INGEGNERIA NUCLEARE

II PERIODO DIDATTICO

## NOTIZIE GENERALI

Il corso è previsto primariamente per il neo-costituito indirizzo «fisico» della laurea in Ingegneria Nucleare, ma è inteso interessare anche studenti di altri corsi di laurea, specialmente nel periodo che dovrà intercorrere prima che si attivino gli altri corsi di carattere strumentale previsti dallo Statuto. Gli argomenti sono stati scelti in quanto l'ottica e la tecnica dell'alto vuoto sono fra le strumentazioni di più vasto interesse applicativo e manca per essi attualmente una trattazione sistematica in altri corsi; essi sono trattati a titolo esemplificativo, per mostrare il cammino che intercorre tra la descrizione di alcuni fenomeni fisici e la realizzazione di strumenti che li sfruttino per un determinato scopo. Il corso è accessibile al 3°, 4° o 5° anno.

## PROGRAMMA

*Sviluppi attuali della Metrologia:* sostituzione del concetto di incertezza a quello di errore; tipi di grandezze; grandezze d'influenza e taratura.

*Strumentazione da vuoto.*

- Fenomenologia fondamentale degli ambienti a bassa pressione e delle tecniche da vuoto.
- Parametri applicativi dedotti dalla teoria cinetica dei gas; loro limiti.
- Portata di condotti a bassa pressione. Conduttanza e velocità ai vari regimi. Regime molecolare. Unità di misura.
- Fenomeni di superficie. Adsorbimento, assorbimento e degasamenti. Formule applicative.
- Scarica elettrica nei gas e getteraggio. Spruzzamento.
- Pompe volumetriche. Pompe a getto. Pompe molecolari. Pompe ioniche. Trappole.
- Tecnologia costruttiva degli elementi di impianto a vuoto. Giunzioni. Valvole.
- Vacuometri dei vari tipi. Cercafughe.
- Tipi di impianti per vari usi.

*Strumentazione ottica.*

- Problematica generale della formazione e interpretazione dell'immagine.
- Richiami sulla riflessione e rifrazione. Deduzioni dalle equazioni di Fresnel.
- Formazione di immagini in ottica geometrica. Vergenza e potenza. Punti cardinali di un sistema ottico centrato. Ottica Gaussiana. Diaframmi e pupille. Fibre. Prismi. Specchi. Lenti. Aberrazioni geometriche e cromatica. Trattamento matriciale dei sistemi ottici.
- Strumentazione basata sull'ottica geometrica. Ottica Schlieren.
- Interferometria e diffrazione. Strumenti interferometrici. Diffrazione di Fraunhofer e di Fresnel; coerenza. Reticoli di diffrazione. Moirè. Interferometri a riflessione multipla. Microscopi a contrasto di fase.
- Polarizzazione della luce. Strumentazione in luce polarizzata. Effetti elettro- e magneto-ottici.
- Spettroscopia. Emissione e assorbimento. Spettrofotometri. Colorimetria.
- Spettroscopia a trasformata di Fourier. Funzioni di trasferimento. Immagini trasformate. Olografia.

*Esercitazioni:* esame e commento delle apparecchiature da vuoto ed ottiche esistenti in Istituto.

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti dal corso.

## TECNICA DEGLI ENDOREATTORI

Prof. A. ROBOTTI

Corso di laurea in INGEGNERIA AERONAUTICA

II PERIODO DIDATTICO

## NOTIZIE GENERALI

Il Corso di articola in due parti, all'incirca della stessa estensione; con esercitazioni di calcolo e di avvanprogetto su temi della 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> parte.

*Esami propedeutici:* Motori per aeromobili.

## PROGRAMMA

1<sup>a</sup> Parte: *Elementi di astronautica.*

Legge di gravitazione universale; problema dei due corpi; deduzione della 1<sup>a</sup> legge di Kepler; orbite circolari; prima velocità cosmica - Caratteristiche delle orbite ellittiche, paraboliche, iperboliche; deduzione della 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> legge di Kepler - Velocità di fuga da un astro, seconda velocità cosmica; eccesso iperbolico di velocità - Sistemi di tre o più corpi; sfera di influenza di un astro - Traiettoria di Hohmann; utilizzazione per satellizzazione su orbita sincrona - Velocità totale per una missione lunare - Problemi e tecniche delle missioni interplanetarie; finestra di lancio; traiettorie reali - Evasione dal sistema solare, terza velocità cosmica; evasione sfruttando l'energia dei pianeti - Fattori che influenzano le orbite dei satelliti artificiali; posizione della base di lancio, effemeridi del satellite - Perturbazioni d'orbita; precessione della linea dei nodi e delle apsidi; effetti della Luna e del Sole; dell'alta atmosfera, della radiazione solare - Fase vettrice dei veicoli spaziali, attraversamento dell'atmosfera -  $\Delta V$  di un monostadio in assenza e in presenza di resistenza aerodinamica e di gravità - Tecnica del polistadio; prestazioni dei polistadi - Principi della guida dei razzi; guida radio e guida inerziale - Impiego dei satelliti artificiali, criteri di progetto; configurazione in funzione dell'impiego, del modo di stabilizzazione e di generazione dell'energia elettrica - Elettrogenazione mediante celle fotovoltaiche; mediante pile a combustibile; mediante energia nucleare - Controllo di assetto e correzione dell'orbita dei satelliti.

2<sup>a</sup> Parte: *Propulsione spaziale.*

Generalità sugli endoreattori, caratteristiche, schemi di funzionamento, classificazione in chimici, nucleari, elettrici - Endoreattori chimici, a combinazione bipropellente liquida, a monopropellente, a propellenti solidi; caratteristiche, prestazioni - Studio della espansione dei gas nell'ugello, calcolo della velocità di efflusso - Deduzione della spinta; disegno dell'ugello; adattamento dell'ugello - Impulso specifico; velocità caratteristica, coefficiente di spinta - Endoreattori a propellenti liquidi; organi principali; problemi posti dalla combustione, dalla iniezione dei propellenti, dagli scambi termici - Dimensionamento del combustore; instabilità di combustione - Raffreddamento a ciclo rigenerativo; camera a doppia parete; camere tubolari; criteri di scelta e progettazione - Iniezione dei propellenti; tipi di iniettori, criteri di progetto; prove sugli iniettori - Accensione e relativi dispositivi - Alimentazione: mediante pressurizzazione e mediante turbopompe; criteri di progetto - Regolazione della spinta - Propellenti liquidi; principali ossidanti e combustibili; caratteristiche chimico-fisiche, produzione, manipolazione, conservazione - Endoreattori a propellenti solidi; classificazione e caratteristiche dei propellenti omogenei ed eterogenei. Leggi della combustione, velocità di combustione - Grani neutri, progressivi, regressivi; a combustione frontale, interna, esterna - Accensione; calcolo della carica incendiava - Materiali per involucri ed ugelli; acciai speciali; leghe di titanio, filati di vetro; grafiti - Cenni sugli endoreattori nucleari - Cenni sulla propulsione elettrica, in particolare sugli endoreattori ionici.

## TECNICA DEI CANTIERI

Prof. FELICE SANTAGATA

Corso di laurea in INGEGNERIA CIVILE

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

È rivolto agli studenti che propendono per un indirizzo di tipo applicativo. Si articola in 4 ore di lezioni e 4 di esercitazioni settimanali. È diventata normale la partecipazione, a fianco del docente, di specialisti ad alto livello che illustrano tecniche e metodologie applicate nel mondo del lavoro.

### Esami propedeutici.

Nessuno.

### PROGRAMMA

- Organizzazione razionale del lavoro: le tecniche di programmazione lineari e reticolari; metodologia applicativa del GANTT, PERT, CPM; PERT statistico e PERT carichi. Elaborazione automatica dei risultati.
- Cantiere edile stradale e idraulico: materiali, loro caratteristiche di accettabilità, prove; cantiere di produzione e cantiere di stesa dei conglomerati bituminosi; controlli di produzione e di stesa. Progettazione della composizione dell'impasto.
- Cantiere di movimento terre: principi fondamentali; macchine per movimento terre, loro produzione e produttività; costi orari di esercizio, costi di produzione; efficienza del cantiere.
- Cantiere di produzione del conglomerato cementizio: materiali, loro caratteristiche di accettabilità, prove. Determinazione dei parametri caratteristici di un cls in base alla normativa vigente (legge 5/XI/71 n.1086). Proprietà primarie di un cls. Progettazione della composizione dell'impasto. Cantiere del preconfezionato.
- Cantieri speciali: di galleria, per fondazioni.
- Pratica amministrativa e contabile per la condotta delle opere pubbliche: appalto, conduzione lavori. Collaudo statico, amministrativo, revisione prezzi.
- Prevenzione infortuni.

### Esercitazioni.

- Progettazione di un programma lavori, applicato al settore edilizio, con il PERT.
- Calcolo dei costi orari di esercizio, costi di produzione delle macchine movimento terre.
- Calcolo per definire il parco macchine necessario ad un cantiere di grande mole per movimento terre.
- Progettazione dell'impasto di un conglomerato bituminoso.
- Progettazione dell'impasto di un conglomerato cementizio.
- Calcolo di revisione prezzi col metodo parametrico e analitico.
- Stesura di elaborati per la conduzione dei lavori pubblici.
- Proiezione films didattici, diapositive e visite in cantiere.

### TESTI CONSIGLIATI

Gaetano Golinelli - «Il PERT».

Valentinetti - «La pratica amministrativa e contabile per la condotta delle opere pubbliche».

Zignoli - «Costruzioni edili».

## TECNICA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI

Prof. ANTONIO DI MOLFETTA

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

II PERIODO DIDATTICO

*NOTIZIE GENERALI*

Il corso fornisce agli allievi le conoscenze fondamentali per l'analisi e la previsione, in una visione unitaria, della coltivazione dei giacimenti di idrocarburi sia liquidi, che gassosi.

Non sono richiesti esami propedeutici.

*PROGRAMMA*

- Cenni sulle proprietà fisiche dei fluidi, delle rocce serbatoio e dei sistemi rocce-fluidi.
- Comportamento di fase dei fluidi di giacimento. Meccanismi naturali di produzione. Classificazione dei giacimenti di idrocarburi.
- Caratteristiche del flusso permanente e transitorio degli idrocarburi liquidi e gassosi nei mezzi porosi. Calcolo dell'entrata d'acqua nei giacimenti. Analisi dello spiazzamento fra fluidi non miscibili nei mezzi porosi omogenei ed eterogenei.
- Le equazioni della coltivazione. Influenza dei parametri di lavoro sul recupero finale. Valutazione delle riserve e del comportamento futuro dei giacimenti.
- Recupero secondario e mantenimento della pressione nei giacimenti di idrocarburi.
- Studio del flusso dei fluidi utili nelle condotte verticali di produzione.
- Principi per la valutazione economica dei possibili progetti di coltivazione.

*Esercitazioni.*

Le esercitazioni sono costituite per il 30% da prove sperimentali su modelli di flusso nei mezzi porosi e per il 70% da progetti di coltivazione dei diversi tipi di giacimenti e da esempi di interpretazione di dati rilevati sul campo.

*TESTI CONSIGLIATI*

- Baldini G. - «Elementi introduttivi alla coltivazione dei giacimenti di idrocarburi», Levrotto & Bella, 1963.
- Frick T. - «Petroleum production handbook», McGraw-Hill, 1962.
- Craft B.C. - Hawkins M.F. - «Applied petroleum reservoir engineering», Prentice-Hall, 1959.

## TECNICA DELLA PERFORAZIONE PETROLIFERA

Prof. GIOVANNI BALDINI

Corso di laurea in INGEGNERIA MINERARIA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

È scopo del corso studiare le operazioni principali della perforazione rotary per eseguirne il controllo ed il progetto.

### Esami propedeutici:

Meccanica applicata e Macchine (o corsi equivalenti); Tecnologie minerarie.

### PROGRAMMA

Caratteristiche dell'attività e responsabilità dell'ingegnere della perforazione. Schematizzazioni del pozzo durante la sua esecuzione e cenni sul suo completamento di fondo e di superficie per l'eventuale messa in produzione.

Organizzazione dei cantieri per la perforazione in terra ferma ed in mare. Schema di un impianto meccanico: comando e controllo delle diverse operazioni. Batteria di perforazione e colonne di rivestimento; principali organi meccanici; pompe di spinta e circuito del fango.

Funzioni, proprietà e tipi di fango di perforazione e loro comportamento nelle condizioni di pozzo.

Equazioni del flusso laminare e turbolento e determinazione della velocità critica per i fluidi plastici; caratteristiche dei getti di fango dallo scalpello. Andamento dell'altezza piezometrica e della pressione lungo il circuito dei fanghi di perforazione e variazione nel tempo della pressione sugli strati. Ottimizzazione del circuito di pozzo per la massima ed una data potenza richiesta allo scalpello.

Cause naturali ed operative di squilibrio dei pozzi e, successivamente, di eruzione incontrollata; indizi e fattori di controllo, e mezzi e operazioni di prevenzione. Comportamento dei cuscini di fango in pozzo. Manovre per la ripresa del controllo per chiusura totale o per circolazione ridotta sotto contropressione.

Fattori d'influenza sulla perforazione rotary; influenza della profondità del pozzo sul disgiaggio e l'allontanamento dei detriti dal fronte del foro; caratteristiche del loro sollevamento. Equazioni della perforazione. Procedimento generalizzato per l'ottimizzazione della perforazione rotary con scalpelli a cono dentati. Curve di previsione della velocità istantanea e dell'avanzamento cumulativo nella perforazione, per il suo controllo nelle alternanze di strati.

Tracciato delle forze sulla batteria di perforazione. Orientamento e stabilizzazione continua e puntuale della perforazione rispetto alla verticale nelle formazioni isotrope e anisotrope, e suo orientamento azimutale.

Caratteristiche della potenza richiesta dalle varie operazioni e della sua trasmissione meccanica od elettrica negli impianti rotary. Criteri di impiego del cavo principale per la manovra e la regolazione del carico sullo scalpello. Tracciato delle forze e condizioni di lavoro per la torre, la sottostruttura ed i principali organi meccanici e di strumentazione. Sollecitazioni semplici, composte e a fatica nelle aste e nelle colonne di rivestimento per tipiche condizioni di lavoro.

Motori sotterranei; caratteristiche e campo di impiego delle turboperforatrici. Tecniche attuali per la perforazione di pozzi petroliferi e per acqua.

Caratteristiche peculiari della perforazione fuori costa da piattaforma o da natante, rispetto a quella su terraferma.

Analisi di quadri di programmazione e di rapporti giornalieri di sonda.

**Esercitazioni:** sperimentali sulle proprietà dei fanghi e sul lavoro degli scalpelli. Calcolo di un circuito di pozzo e sua ottimizzazione. Ottimizzazione della perforazione. Analisi tecnologica e operativa della «manovra», di una cementazione, di una strumentazione e della turboperforazione. Verifiche delle sollecitazioni nelle aste, e della pretensione in una colonna di rivestimento all'atto della inflangiatura. Progetti di stabilizzazione e di orientamento della perforazione.

### TESTI CONSIGLIATI

Gatlin K. - «Petroleum Engineering Drilling and well completion», Englewood Cliff 1960.  
 Cole F.W., Moore P.L. - «Drilling operations manual», The Petr. Pub. Co. 1965.  
 E.N.S.P.M. - «Le forage aujourd'hui» (3 volumi), Ed. Technip 1970.

## TECNICA DELLA REGOLAZIONE per elettronici ed elettrotecnici

Prof. ROBERTO GENESIO

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTROTECNICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Questo insegnamento può essere considerato come la prosecuzione di quello di Controlli Automatici.

È consigliabile seguire, dopo questo insegnamento, quello di Automazione che gli è strettamente connesso.

### PROGRAMMA

È diviso in due parti che trattano rispettivamente i fondamenti della teoria dei sistemi (rappresentazione, analisi, stabilità) e quelli della teoria del controllo ottimo deterministico (metodo di Pontryagin, determinazione della legge di controllo).

Il programma dell'insegnamento è di natura sostanzialmente teorica. Le esercitazioni vengono svolte con una suddivisione degli allievi in due squadre e per la prima parte trattano i principali elementi di algebra lineare (vettori, matrici, autovalori, etc.) necessari per gli argomenti da affrontare; nella seconda parte vengono svolti esercizi sulla teoria sviluppata.

### TESTI CONSIGLIATI

Per quanto riguarda i testi consigliati esistono dispense preparate dagli studenti che coprono approssimativamente tutto il programma dell'insegnamento. Una parte degli elementi di teoria dei sistemi e la teoria del controllo ottimo si trovano in

D.G. Schultz, J.L. Melsa - «State Functions and Linear Control Systems» - McGraw-Hill New York, 1967

mentre i fondamenti della teoria dei sistemi e l'algebra lineare si trovano in

C.T. Chen - «Introduction to Linear System Theory» - Rineart and Winston, New York, 1970.

## TECNICA DELLE BASSE TEMPERATURE

Prof. G. RUFFINO

Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Il corso mira ad approfondire i fondamenti scientifici della tecnica delle basse temperature. Perciò insiste sulla termodinamica di cui si può considerare una materia applicativa.

Si presuppone perciò la conoscenza dell'analisi matematica (funzioni di più variabili, derivate parziali, equazioni alle derivate parziali), della Fisica (Termodinamica e Magnetismo), della Fisica Tecnica (I Parte). Materie collaterali sono: Trasporto di calore e di massa, Macchine Termiche, Misure Termiche e Meccaniche. Materia applicativa che ha vaste aree in comune colla Tecnica delle Basse Temperature è la Chimica Industriale per quanto concerne la separazione e depurazione dei Gas. Applicazioni importanti, nell'ambito nazionale, sono la conservazione e il trasporto di derrate alimentari, lo stoccaggio e la distribuzione di gas liquidi per metallurgia e meccanica. Anche la ricerca e l'ingegneria nucleare fanno largo uso di tecniche criogeniche.

### PROGRAMMA

Sviluppo storico della tecnica delle basse temperature. Panorama dei problemi e delle applicazioni.

Trasformazioni termodinamiche interessanti la refrigerazione.

Proprietà dei materiali alle temperature criogeniche. Fenomeni fisici criogenici: superconduttività e superfluidità.

Cicli di refrigerazione. Ciclo di Carnot inverso. Cicli a vapore a uno e più stadi. Cicli a gas: ciclo di Stirling inverso, ciclo di Linde, ciclo di Claude. Cicli a cascata. Cicli composti a vapore e a gas. Cicli a diluizione. Cicli a refrigerazione magnetica.

Liquefazione dei gas. Liquefazione dell'aria: sistemi di Linde-Hampson, semplice e preraffreddato, sistema di Linde a due stadi, sistemi di Claude, di Haylandt, di Kapitza. Liquefazione del neon, dell'idrogeno, dell'elio.

Separazione dei gas. Diagrammi di stato. La rettificazione. La colonna di rettifica; calcolo dei piatti. Separazione dei gas dell'aria: sistemi di Linde a colonna semplice e doppia. Sistemi di Linde-Fränkli e di Heylandt. Separazione dell'argon e del neon. Separazione dell'idrogeno e del deuterio. Depurazione dei gas.

Componenti dei sistemi di refrigerazione; compressori, scambiatori, rigeneratori, macchine e valvole di espansione. Isolamento termico ed elementi di tecnica del vuoto.

Misure criogeniche: temperatura, pressione, portata, livello di liquidi.

Sistemi di stoccaggio e trasporto: il dewar semplice e doppio. Contenitori isolati con polveri, con resine espanse, con superisolanti. Linee di trasferimento di liquidi criogenici. Valvole. Veicoli terrestri e navi (metaniere). Magazzini frigoriferi.

Cenno di applicazioni speciali: magneti con superconduttori; macchine e linee elettriche a temperature criogeniche. Giroscopi e rotaie superconduttrici. Applicazioni bio-mediche.

### Esercitazioni.

Saranno tenute con ritmo settimanale dopo le prime due settimane di lezione e consistiranno in applicazioni numeriche al calcolo di massima di sistemi criogenici e al dimensionamento dei componenti. Inoltre avranno luogo due visite a impianti criogenici.

**TESTI CONSIGLIATI**

L'esperienza degli anni scorsi ha dimostrato che è assai facile prendere note alle lezioni, col vantaggio di una più rapida e sicura preparazione agli esami. Alcuni ex-allievi possiedono appunti che il Titolare del corso ritiene eccellenti, anche se non ne assume la responsabilità dei dettagli.

Si consiglia la consultazione dei seguenti manuali:

R. Barron - «Cryogenic Systems», McGraw-Hill.

R.B. Scott - «Cryogenic Engineering», Van Nostrand Co.

G.K. White - «Experimental Techniques in Low-Temperature Physics», Oxford Univ. Press.

# TECNICA DELLE COSTRUZIONI (\*)

per meccanici

Prof. LUIGI GOFFI

Corso di laurea in INGEGNERIA MECCANICA

I PERIODO DIDATTICO

## NOTIZIE GENERALI

Il corso intende fornire allo studente una preparazione che lo renda atto alla progettazione di strutture in acciaio ed in cemento armato, particolarmente nell'ambito delle costruzioni industriali, la cui progettazione concreta costituisce argomento delle esercitazioni.

Per poter seguire proficuamente il corso di Tecnica delle Costruzioni è essenziale la conoscenza della Scienza delle Costruzioni ed il superamento del relativo esame.

## PROGRAMMA

Premesse: le travi, reazioni vincolari in strutture iso e iperstatiche, caratteristiche della sollecitazione, tensioni unitarie - Legame tra tensioni unitarie e deformazioni unitarie - Strutture reticolari - Linee di influenza.

### PARTE I - *La progettazione: proporzionamento del complesso strutturale (statica esterna).*

- I carichi agenti sulle costruzioni (NORME UNI-CNR 10012), Effetti sismici e vento: spinta delle terre.
- Le azioni esterne indipendenti dai carichi: effetti della temperatura e del ritiro.
- Fenomeni di fluage e di rilassamento. Prove dinamiche e a fatica.
- Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce: teorie e prove sperimentali. Cedimenti elastici (costante di Winkler) e anelastici.

### PARTE II - *La progettazione: proporzionamento degli elementi resistenti in acciaio.*

- Gli acciai normali da costruzione: caratteristiche meccaniche e tensioni ammissibili. Elementi delle strutture in acciaio.
- Cenni alle norme vigenti per la costruzione di strutture metalliche.
- Dimensionamento delle sezioni resistenti nelle strutture metalliche. Elementi tesi e inflessi. Effetti dei fori nello stato di tensione uni e bidimensionale. Elementi compressi; verifica al carico di punta di elementi ad anima piena e reticolare; metodo  $\omega$ . Pressoflessione di travi snelle.
- Instabilità delle travi composte (con calastrelli). Instabilità delle pareti sottili nelle travi ad anima piena.
- La torsione nelle travi metalliche. Torsione di travi a cassone (travi a parete sottile).
- La torsione e il taglio: il centro di taglio.
- Instabilità torsionale: effetto Wagner ed instabilità flessionale trasversale.
- Giunzioni chiodate e bullonate. Criteri di proporzionamento delle giunzioni. Comportamento delle giunzioni per sovrapposizione, a semplice, doppio coprighiunto. Giunzioni correnti, giunzioni di forza nelle travi composte e loro calcolo. Giunzioni ad asse curvo. Giunzioni di cantonali e di piattabande e loro proporzionamento. Giunzione di travi ad anima piena. Travi reticolari, realizzazione dei nodi e loro proporzionamento. I bulloni ad alta resistenza.
- Le strutture saldate. Cenni sulle saldature; pregi e difetti. Giunzioni di testa e a T a completa penetrazione, giunzioni a cordoni d'angolo (frontali e longitudinali). Giunzioni correnti e giunzioni di forza nelle strutture saldate; proporzionamento e verifica di calcolo. Travi a parete piena e reticolare saldate, realizzazione dei nodi.
- Gli appoggi delle strutture metalliche.

---

(\*) Secondo il nuovo Statuto: Tecnica delle costruzioni industriali.

**PARTE III - La progettazione: degli elementi resistenti in c.a.**

- Strutture in c.a.; caratteristiche generali; criteri di costruzione. Confezione del calcestruzzo. Caratteristiche fisico-meccaniche del calcestruzzo e influenza sul regime degli sforzi e delle deformazioni nelle strutture in c.a. - L'aderenza; il rapporto «*n*».
- Cemento armato ordinario; criteri di progetto e verifica a sollecitazioni normali. La compressione semplice; carico di punta. Proporzionamento delle sezioni tese.
- Flessione semplice. Proporzionamento di sezioni rettangolari e criteri di verifica. Proporzionamento di sezioni rettangolari e a T; effetto della doppia armatura.
- Caso di sezione di forma qualsiasi. Flessione deviata.
- Pressoflessione. Criteri di progetto e verifica della stabilità per le sezioni rettangolari e a T. Metodi grafici per casi generali (Guidi). Tensoflessione.
- Flessione composta (flessione e taglio); proporzionamento delle armature per il taglio; ferri piegati e staffe; disposizione razionale delle armature.
- Torsione semplice; armatura a elica con staffe e ferri longitudinali; armature longitudinali e staffe.
- Le coazioni conseguenti al ritiro del cls. o alle variazioni termiche.
- Solai in c.a. e composizione strutturale. Coperture industriali in c.a. - Plinti di fondazione, in calcestruzzo e in c.a. e fondazioni su travi rovesce.
- Norme italiane per il progetto e l'esecuzione delle opere in cemento armato.
- Il cemento armato precompresso. Concetti generali sulla precompressione. Travi a cavi scorrevoli e a fili aderenti.

**PARTE IV - Cenni sulle costruzioni in legno.**

- Il legno come materiale da costruzione. Solidi in legno caricati assialmente. La trave lignea inflessa. Le giunzioni.

**TESTI CONSIGLIATI**

- G. Oberti - «Corso di Tecnica delle Costruzioni», Levrotto & Bella, Torino.  
 Zignoli - «Costruzioni metalliche», UTET.  
 Santarella - «Prontuario del c.a.», Hoepli.

## TECNICA DELLE COSTRUZIONI I

Prof. G. OBERTI

Corso di laurea in INGEGNERIA CIVILE

II PERIODO DIDATTICO

**NOTIZIE GENERALI**

Corso di applicazione della Scienza delle Costruzioni al calcolo e al dimensionamento di strutture in acciaio e in cemento armato.

*Esame propedeutico consigliato:* Scienza delle Costruzioni.

**PROGRAMMA****PARTE I - LA PROGETTAZIONE DEL COMPLESSO STRUTTURALE**

- *I dati del problema.* Geometria della struttura e travatura principale; schematizzazione dei vincoli. Ipotesi di carico sulle costruzioni (Norme CNR-UNI, 10012) e per apparecchi di sollevamento e trasporto; carichi permanenti e sovraccarichi (neve, vento, ecc.); effetti termici; ritiro e stagionatura dei materiali.
- Azioni principali e complementari.
- Richiami sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali da costruzione: elasticità, plasticità, viscosità (fluage e rilassamento), Snervamento e rottura. Effetti di fatica.
- Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e delle rocce. Cedimenti per rifluimento e per assestamento: cedimenti elastici (costante di Winkler) e anelastici.
- *Le incognite del problema* (richiami). Tensioni e deformazioni nel punto generico di una struttura. Tensioni principali; cerchi di Mohr. Caso particolare delle strutture monodimensionali (travi ed archi), piane e spaziali; sollecitazioni per una generica sezione normale; deformazioni del cono generico.
- *Criteri di sicurezza.* Verifica locale del grado di sicurezza nel caso di materiali sottoposti a tensioni omogenee; mono- bi- e triassiali. Cenni sui criteri di calcolo a rottura, e sugli stati limiti. Sicurezza strutturale globale.
- *Richiami di Scienza delle Costruzioni.* Sull'applicazione del metodo dei lavori virtuali al calcolo degli spostamenti e delle incognite iperstatiche; sulle linee di influenza relative a reazioni vincolari, a sollecitazioni, a spostamenti per strutture isostatiche.

**PARTE II - PROPORZIONAMENTO DEGLI ELEMENTI RESISTENTI****Costruzioni in acciaio.**

- Gli acciai da costruzione. Tensioni ammissibili e riduzioni per effetto di fatica. Elementi della struttura metallica: barre, lamiere; travi (NP, IPE, HE, ecc.).
- Dimensionamento delle sezioni resistenti. Elementi tesi e inflessi; effetto dei fori sullo stato di tensione uni e bidimensionale.
- Elementi compressi; verifica al carico di punta di elementi ad anima piena e reticolari. Metodo  $\omega$ . Pressoflessione di travi snelle. Effetto delle deformazioni di taglio sul carico di punta dei tralicci metallici e delle travi composte (con calastrelli). Instabilità delle pareti sottili nelle travi ad anima piena.
- Torsione nelle travi metalliche; richiami all'analogia idrodinamica. Torsioni di travi a cassone (formula di Bredt). Instabilità torsionale (cenni).
- Strutture chiodate. Criteri di proporzionamento delle chiodature. Giunzioni per sovrapposizione, a semplice, doppio coprigiunto. Chiodature correnti; chiodatura di forza nelle travi composte e loro calcolo. Giunzioni di cantonali e di piattabande. Giunzioni di travi chiodate ad anima piena; giunzioni dell'anima. Travi particolari chiodate, realizzazione dei nodi. Verifica dei collegamenti a bulloni o chiodi soggetti a tensioni normali. Bulloni ad alta resistenza.
- Strutture saldate. Cenni sulle saldatore; pregi e difetti delle costruzioni saldate; giunzioni; cordoni di testa, cordoni d'angolo (frontali e longitudinali). Giunzioni correnti e giunzioni di forza nelle strutture saldate; proporzionamento e verifica. Travi a parete piena e reticolari saldate, realizzazione dei nodi.

- Appoggi delle travi metalliche; a rulli, pendolari, in Neoprene. Appoggi di colonne e di pilastri. Realizzazione dell'incastro in travi e pilastri; particolari costruttivi per giunzioni di elementi strutturali chiodati o saldati.
- Norme italiane per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione delle costruzioni in acciaio.

#### *Costruzioni in cemento armato.*

- Confezione del calcestruzzo. Caratteristiche fisico-meccaniche del calcestruzzo e influenza sul regime statico nelle strutture in c.a. Armature per c.a. L'aderenza; il rapporto «*n*».
- Cemento armato ordinario; ipotesi di progetto e di verifica alle sollecitazioni normali. Compressione semplice; pilastri cerchiati; carico di punta; pilastri sottili presso-inflessi. Proporzionamento delle sezioni tese.
- Flessione semplice. Studio delle deformazioni e criteri di verifica. Progetto e verifica di sezioni rettangolari e a T; effetto della doppia armatura. Caso di sezione simmetrica di forma qualsiasi.
- Flesso-pressione. Progetto e verifica delle sezioni rettangolari e a T. Metodi grafici per casi generali (Guidi e Spangerberger).
- Flessione composta (flessione e taglio); proporzionamento delle armature per il taglio; ferri piegati e staffe. Travi ad altezza variabile. Disposizione razionale delle armature, andamento delle isostatiche. Travi e mensole tozze.
- Torsione semplice; armature a elica; armature longitudinali e staffe.
- La precompressione. Criteri generali. Realizzazione delle travi isostatiche precomprese e cavi aderenti e scorrevoli.
- Solai e coperture industriali in c.a. e c.a.p.
- La prefabbricazione strutturale. Strutture a grandi pannelli: problemi di schema. Dimensionamento pannelli solaio e pannelli parete. Proporzionamento dei controventi. Giunti, Normativa.
- Proporzionamento delle sezioni con altri materiali; travi in laterizio armato. Travi composte in calcestruzzo-acciaio.
- Plinti di fondazione, in calcestruzzo e in c.a.; fondazioni su travi rovescie; fondazioni su pali e pneumatiche (cenni).
- Norme italiane per il progetto e l'esecuzione delle opere in cemento armato semplice e precompresso. Cenni sul calcolo a rottura di travi inflesse.

### PARTE III - PROBLEMI SPECIALI

- Problemi bidimensionali piani. Il problema biarmonico e sua trattazione, teorica (Airy) e sperimentale (la fotoelasticità); il problema del semipiano caricato da una forza concentrata e applicazioni. Cenni al problema degli sforzi al contatto dei rulli (Hertz).
- Controllo sperimentale e collaudo statico delle strutture.
- Cenni ai modelli strutturali.

*Esercitazioni*, dirette dall'Assistente Ordinario ing. Piero Palumbo, ripartite in 4 squadre; argomento: svolgimento di due progetti:

- uno su costruzioni metalliche (grue a ponte o trave reticolare o a parete piena; oppure capannone metallico);
- uno su costruzioni in cemento armato (capannone a struttura prefabbricata, oppure struttura per edilizia residenziale).

#### *TESTI CONSIGLIATI*

G. Oberti - «Corso di Tecnica delle Costruzioni» - Levrotto & Bella, Torino.  
 O. Belluzzi - «Scienza delle Costruzioni».  
 L.F. Donato - «Costruzioni metalliche».

## TECNICA DELLE COSTRUZIONI II

Prof. G. GUARNIERI

Corso di laurea in INGEGNERIA CIVILE

I PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

#### *Corsi propedeutici:*

Scienza delle Costruzioni  
Tecnica delle Costruzioni I  
Complementi di Scienza delle Costruzioni.

### PROGRAMMA

#### 1) *I ponti.*

- Cenni storici, evoluzione costruttiva e di progetto. Gli schemi statici ed i criteri di scelta. Forze e treni di carichi da considerare.
- Coefficienti dinamici e di fatica. Normativa vigente.
- Generalità sulle linee di influenza per schemi a parete piena e reticolare. Richiami sui teoremi dei sistemi elastici. Teorema di Land-Colonnetti.
- Sistemi a travata ad una o più campate iso ed iperstatici, sistemi ad arco iso ed iperstatici: linee di influenza di sollecitazioni per la determinazione dei diagrammi delle max e min sollecitazioni prodotte dai carichi permanenti ed accidentali; linee di influenza di rotazioni ed inflessioni. Sollecitazioni termiche e da cedimenti vincolari. Tipologie ad elementi costruttivi in cemento armato, cemento armato precompresso, acciaio, acciaio-cl.s. Criteri di progetto.
- Tecnologie, fasi costruttive e stati di sollecitazioni corrispondenti. Teoria del 1° ordine del ponte sospeso (poligonale d'aste), diagramma delle max e min sollecitazioni. Elementi costruttivi. Criteri di progetto. Cenni sui ponti strallati di grande luce. Gli appoggi fissi e scorrevoli. Strutture di fondazione.

#### 2) *Strutture a molte iperstatiche.*

- Procedimenti iterativi (Cross e Grinter).
- Metodo delle deformazioni: l'equazione delle 5 rotazioni e l'equazione dei piani.
- Edifici moderni civili ed industriali: schemi, dettagli e tecnologie attuali.

#### 3) *Problemi e metodi in campo elastico.*

- Richiami sulle serie trigonometriche e loro applicazione alla trave, alla lastra mediante procedimento statico ed energetico. Procedimento energetico per la determinazione di autovalori critici di travi caricate assialmente e lastre caricate ai bordi e nei casi più frequenti in pratica.
- Formule di Dunkerley e Southwell.

#### *Esercitazioni.*

Con ampia facoltà di scelta del tema, gruppi di  $2 \div 4$  laureandi eseguono due progetti:

- 1) Un ponte a schema statico semplice.
- 2) Una struttura civile od industriale,

I laureandi che sviluppano una tesi di laurea in questa disciplina la iniziano a conclusione del 1° progetto evitando il 2°.

#### *TESTI CONSIGLIATI*

Autori consigliati di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, oltre quelli ufficiali già nel Politecnico di Torino:

Albenga, Belluzzi, Franciosi, Giangreco, Pozzati, Migliacci, Raitel, Timoshenko.

**TECNICA DELLE IPERFREQUENZE**

Prof. GIAN PAOLO BAVA

Corso di laurea in INGEGNERIA ELETTRONICA

I PERIODO DIDATTICO

**NOTIZIE GENERALI**

Il corso viene tenuto nel 1° periodo didattico. Non vi è una sostanziale suddivisione tra lezioni ed esercitazioni di calcolo, in quanto in tutto il corso viene dato peso alle applicazioni e quindi sono sviluppati numerosi esempi ed esercizi concernenti tutti gli argomenti trattati. Sono invece previste diverse esercitazioni sperimentali che hanno lo scopo di far prendere contatto con la strumentazione più tipicamente usata nel campo delle microonde.

**PROGRAMMA**

- Completamento degli argomenti sviluppati nel corso di Campi Elettromagnetici e Circuiti concernenti la propagazione guidata.
- Propagazione in strutture periodiche con particolare riguardo alle guide per onde lente usate nei tubi per microonde.
- Propagazione in guide dielettriche: fibre ottiche e film sottili per ottica integrata.
- Cavità risonanti e loro utilizzazioni.
- Propagazione nelle ferriti con applicazione alla realizzazione di componenti non reciproci.
- Onde di carica spaziale in fasci di elettroni nel vuoto e nei semiconduttori.
- Accoppiamento dei modi di propagazione.
- Problemi di rumore e di rivelazione nel campo delle microonde ed in ottica.
- Generazione ed amplificazione delle microonde: klystron, magnetron, tubi ad onde progressive e regressive, dispositivi ad effetto Gunn, diodi in zona valanga, diodi tunnel etc.
- Circuiti a microonde. Rappresentazione mediante la matrice di diffusione. Applicazione allo studio ed al progetto di diverse categorie di componenti e circuiti.
- Brevi cenni su schemi di sistemi di comunicazioni alle frequenze delle microonde ed ottici.

## TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI

Prof. ALBERTO RUSSO FRATTASI

Corso di laurea in INGEGNERIA CIVILE

II PERIODO DIDATTICO

### NOTIZIE GENERALI

Costituiscono esami propedeutici quelli di: **Elettrotecnica**  
**Meccanica applicata**  
**Macchine**

### PROGRAMMA

- 1) Richiami di meccanica della locomozione.
- 2) I veicoli ed il loro esercizio: cenni sulla struttura e sulle prestazioni dei veicoli per il trasporto terrestre, marittimo ed aereo.
- 3) Le infrastrutture ed il loro dimensionamento: caratteristiche e capacità delle differenti vie di comunicazione e degli impianti terminali o di transito.
- 4) I trasporti urbani e suburbani: analisi dei tracciati, delle reti di servizio pubblico nonché dei veicoli per i trasporti rapidi di massa.
- 5) Circolazione e traffico stradale e ferroviario: il controllo della circolazione, l'analisi della congestione, i modelli previsionali.
- 6) I trasporti a fune: tipologia e dimensionamento degli impianti.
- 7) Norme legislative per l'esercizio dei vari modi di trasporto.
- 8) Il costo ed il prezzo dei trasporti: analisi costi-benefici, valutazione degli investimenti, criteri di scelta.
- 9) Tecnica, indagine e programmazione nel settore dei trasporti: teoria delle reti, delle file d'attesa, modelli di simulazione.

### Esercitazioni.

Le esercitazioni hanno durata di 4 ore per settimana e trattano gli argomenti di cui ai punti:

- 1), 4), 5), 6), 8) del programma.

### TESTI CONSIGLIATI

M. Maternini - «Trasporti (tecnica)» - Queriniana.

Dispense sui: «Trasporti aerei, marittimi, fluviali» (dalle lezioni tenute dal Prof. A. Russo Frattasi nel corso di Tecnica ed Economia dei Trasporti).

A. Vigliani - «Metodi e mezzi per il trasporto pubblico: Le metropolitane» - vol. II, CLUT.

M. Villa - «Tecnica del traffico stradale» - CLUT.

Testi di consultazione:

D. Marocchi - «Funicolari aeree e sciovie» - Libreria Editrice Levrotto & Bella, Torino.

G. Vicuna - «Organizzazione e tecnica ferroviaria» - CIFI - Roma.

E. Stagni - «Meccanica della locomozione» - Patron, Bologna.