

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA
MECCANICA

1. Profilo professionale

Nel modificare i già numerosi piani di studio corrispondenti al precedente ordinamento per formulare piani di studio in accordo con l'ordinamento generale degli studi di Ingegneria entrato in vigore in Italia nel 1989, il Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica ha previsto un organico insieme di insegnamenti, in grado di fornire agli allievi una solida cultura di base e l'acquisizione dei metodi di studio e di lavoro necessari per lo svolgimento dell'attività di Ingegnere industriale Meccanico: tenendo conto della lunga ed apprezzata tradizione culturale dell'insegnamento dell'Ingegneria Meccanica nel Politecnico di Torino, senza sacrificare gli insegnamenti base tipici del corso di laurea, si è arricchito il curriculum di studi con quelle discipline che si sono rese necessarie, sia per semplici motivi di aggiornamento culturale, sia per consentire di affrontare problemi multisettoriali, sia per porre l'Ingegnere Meccanico in condizione di collaborare efficacemente con Ingegneri e Tecnici di altra area culturale.

Gli sbocchi professionali previsti per l'Ingegnere Meccanico sono offerti in larga misura dall'industria, di piccole, medie e grandi dimensioni, e non soltanto da quelle operanti nel settore meccanico, ma anche da quelle operanti nei settori elettrotecnico, aeronautico e aerospaziale, chimico, etc.. In esse l'Ingegnere Meccanico ha notevoli possibilità di intervento nei settori: ricerca e sviluppo, progettazione, conduzione e gestione di processi produttivi e di grandi impianti.

Neolaureati in Ingegneria Meccanica vengono sempre più assunti da Società di consulenza aziendali, anche operanti in settori non esclusivamente meccanici, e non mancano le possibilità di esercizio della libera professione, spesso come consulente di Enti ed Imprese, ovvero quella di impiego presso Centri di Ricerca pubblici e privati, o presso Amministrazioni pubbliche diverse.

Considerando tali prospettive di attività, sono stati ideati piani di studio volti a preparare un Ingegnere Meccanico che presenti le seguenti caratteristiche:

- sia dotato di una solida preparazione ad ampio spettro che gli consenta di intervenire nella grande varietà di attività ingegneristiche appena citate, con una preparazione mirata a sviluppare le capacità di interpretazione e di schematizzazione di fenomeni fisici anche complessi;
- sia dotato di una cultura matematica tale da consentirgli di affrontare con i moderni strumenti matematici, in modo analitico e numerico, problemi anche di tipo probabilistico;
- abbia la capacità di analizzare le complessità dei fenomeni e di sintetizzarle in modelli di tipo comportamentale e funzionale;
- sia in grado di intendere ragionamenti ed esigenze dei tecnici di altra area culturale;
- sia in grado di inquadrare i processi produttivi del settore in cui opera nel quadro economico locale e nell'ambito della specifica politica economica nazionale.

2. Insegnamenti obbligatori

Il riordino degli insegnamenti impartiti nelle Facoltà di Ingegneria stabilito dal Decreto del Presidente della Repubblica del 20.5.1989 ha istituito un Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica articolato in sette Indirizzi riconosciuti in sede nazionale:

- Automazione industriale e Robotica;
- Biomedica;

- Costruzioni;
- Energia
- Materiali (non attivato nel Politecnico di Torino);
- Produzione;
- Veicoli terrestri;

consentendo però inoltre alle singole Facoltà di definire anche altri piani di studio (curriculum), con egual numero di esami, denominati «Orientamenti», consentendo così di meglio soddisfare particolari esigenze culturali e di preparazione professionale degli allievi delle singole sedi universitarie, o meglio sfruttare le competenze tecniche e scientifiche acquisite dal corpo docente di ogni sede.

Il nostro Consiglio di Corso di Laurea ha deciso di organizzare gli studi in modo da portare al conseguimento del diploma di laurea sia attraverso piani di studio corrispondenti ad Indirizzi riconosciuti in sede nazionale, sia mediante Orientamenti definiti dal nostro Consiglio di Corso di Laurea, che consentono di conservare nel nuovo ordinamento piani di studio di provata utilità e riconosciuto interesse, o prevedere fin da adesso l'istituzione di piani di studio mirati a nuove e particolari esigenze professionali.

Per obbligo generale vigente sul piano nazionale, ovvero per meditata scelta del nostro Consiglio di Corso di Laurea, ratificata dal Consiglio di Facoltà del nostro Politecnico, sono stati stabiliti come obbligatori 24 insegnamenti.

Il numero di esami (annualità) prescritto - 29 - viene raggiunto con l'inserimento, al IV e V anno di corso, di 5 materie di Indirizzo, delle quali 3 prestabilite per ciascun Indirizzo, e 2 da scegliersi in un gruppo di materie proposte, seguendo i criteri specifici che saranno indicati con i «Manifesti degli Studi» dei prossimi anni accademici; analogamente, per il conseguimento del diploma con curriculum corrispondente ad un Orientamento locale, sono prestabilite 3 materie per ogni Orientamento, mentre le rimanenti 2 materie dovranno essere scelte, seguendo le indicazioni dei Manifesti degli Studi dei prossimi anni, da appositi elenchi; per due Orientamenti, sono prestabiliti quattro insegnamenti, mentre la ventinovesima materia potrà essere scelta in un elenco di materie opzionali.

I nomi dei 24 insegnamenti comuni e la collocazione dei diversi insegnamenti nei vari anni di corso è indicata nella tabella riportata al punto 3, mentre i prospetti negli insegnamenti previsti per i singoli Indirizzi ed orientamenti sono riportati al successivo punto 4.

Commentando tale tabella, si osserva innanzitutto che il classico gruppo di discipline fisico-matematiche (*Analisi Matematica I e II, Geometria e Meccanica Razionale*), destinato a fornire un base culturale propedeutica, è stato mantenuto, sia pure con opportuna revisione dei programmi specifici, mantenendo anche la collocazione tradizionale nei primi due anni di corso; nel primo anno di corso sono collocate la *Chimica* ed una prima specifica disciplina dell'Ingegneria Meccanica, *Disegno Tecnico Industriale*, che fornisce le prime conoscenze per l'interpretazione e l'esecuzione di disegni industriali.

Nel primo periodo del secondo anno trova collocazione la nuova ma indispensabile materia *Fondamenti di Informatica*, destinata a fornire agli allievi le conoscenze in tale campo oggi necessarie ad ogni tipo di Ingegnere, mentre nel secondo periodo, del corso integrato di *Elettrotecnica/Macchine Elettriche*, vengono impartite le nozioni fondamentali in tali settori disciplinari, che eventualmente potranno essere ampliate ed approfondite nell'ambito dei corsi di indirizzo od orientamento. Sempre in tale periodo è collocato l'insegnamento ridotto di *Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata*, che, insieme al successivo corso ridotto di *Tecnologia dei Materiali Metallici*, fornisce le conoscenze indispensabili nel settore dei materiali.

Il terzo anno prevede invece quattro materie base classiche dell'Ingegneria Meccanica

- *Scienza delle Costruzioni, Fisica Tecnica, Meccanica Applicata alle Macchine e Meccanica dei Fluidi* (nuova denominazione, conseguenza di un attento e più preciso e puntuale adeguamento del programma del corso alle specifiche esigenze del Corso di laurea in Ingegneria Meccanica, della tradizionale *Idraulica*) ed alcuni corsi di nuova istituzione: il corso integrato di *Controlli Automatici/Elettronica Applicata*, destinato a fornire le nozioni indispensabili nei settori dell'elettronica e dei sistemi di controllo, ed il corso integrato di *Disegno di Macchine/Tecnologia Meccanica I*, nato da una revisione ed integrazione degli insegnamenti di *Disegno Meccanico* e *Tecnologia Meccanica* tradizionalmente impartiti.

Nel IV e V anno, accanto agli insegnamenti di Indirizzo o di Orientamento, sono previste le materie applicative di interesse comune: *Macchine I e II, Tecnologia Meccanica II, Costruzione di Macchine* e *Principi e Metodologie della Progettazione Meccanica, Impianti Meccanici*, nonché la materia a carattere economico-organizzativo, obbligatoria sul piano nazionale, nel nostro Corso di Laurea denominata *Economia ed Organizzazione Aziendale*, ed opportunamente collocata a conclusione del ciclo formativo dell'allievo ingegnere.

3. Quadro generale degli insegnamenti

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	Analisi matematica I Chimica	Geometria Fisica I Disegno tecnico industriale
2	Analisi matematica II Fisica II Fondamenti di informatica	Meccanica razionale Elettrotecnica/Macchine elettriche (i) Tecnologia dei materiali e Chimica applicata (r)
3	Scienza delle costruzioni Meccanica dei fluidi Controlli automatici/Elettronica applicata	Meccanica applicata alle macchine Fisica tecnica Disegno di macchine/Tecnologia meccanica I (i) Tecnologia dei materiali metallici (r)
4	Macchine I Tecnologia meccanica II I1	Costruzione di macchine I2 I3
5	Principi e metodologie della progettazione meccanica Impianti meccanici O1	Macchine II Economia ed organizzazione aziendale O2

(i) Corso integrato.

(r) Corso ridotto.

I1, I2, I3: Corsi prestabiliti di Indirizzi od Orientamento.

O1, O2: Corsi opzionali di Indirizzo od Orientamento. Per due Orientamenti sono prestabiliti quattro insegnamenti, rimanendo opzionale un solo insegnamento.

4. Indirizzi ed Orientamenti

Visto l'elevato numero di Indirizzi ed Orientamenti (6 + 14), e di conseguenza di insegnamenti riportati, si ritiene troppo oneroso un commento specifico ad ogni singolo curriculum. D'altra parte, le denominazioni dei singoli Indirizzi ed Orientamenti e quelle degli insegnamenti, in particolare di quelli vincolati, danno già una buona indicazione sui contenuti culturali dei singoli Indirizzi od Orientamenti.

Ad evitare inutili apprensioni tra gli studenti, riteniamo utile precisare che il problema della scelta dell'Indirizzo o dell'Orientamento non deve essere sopravvalutato. Ovviamente la

scelta di un Indirizzo od un Orientamento piú affine alle aspirazioni ed agli interessi dello studente può rendere piú gradito il periodo finale degli studi, e in caso di corrispondenza tra Indirizzo seguito e settore di prima attività, l'ingresso nella vita professionale sarà certamente piú facile: ma l'ampia ed organica preparazione di base e metodologica acquisita con gli esami comuni dovrebbe consentire a tutti gli ingegneri meccanici di operare proficuamente in tutti i settori di attività, seppure con qualche maggior difficoltà iniziale

Si precisa inoltre che, nei primi anni di attuazione dello Statuto del Politecnico entrato in vigore nel 1989, non tutti gli insegnamenti opzionali e gli Orientamenti saranno attivati. Precise e tempestive informazioni saranno date con i «Manifesti degli Studi» dei prossimi anni accademici.

GRUPPI DI DISCIPLINE DEFINENTI GLI INDIRIZZI

Indirizzo Automazione Industriale e Robotica

- Automazione a fluido
- Meccanica dei robot
- Meccatronica

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Applicazioni industriali elettriche
- Automazione industriale
- Costruzione di macchine automatiche e robot
- Dinamica e controllo delle macchine
- Elettronica applicata
- Misure termiche e regolazioni
- Modelli funzionali per l'industria meccanica
- Modellistica e simulazione dei sistemi meccanici
- Oleodinamica e pneumatica
- Sperimentazione sulle macchine

Indirizzo Biomedica

- Fluidodinamica biomedica
- Costruzioni biomeccaniche
- Modellistica e simulazione dei sistemi meccanici

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Automazione a fluido
- Biomacchine
- Biomeccanica
- Calcolo numerico
- Fisiologia umana
- Biomateriali
- Macchine e sistemi energetici speciali
- Meccatronica
- Oleodinamica e pneumatica
- Strumentazione biomedica
- Tecnica della sicurezza elettrica
- Termodinamica biomedica

Indirizzo Costruzioni

- Meccanica dei materiali (c.i., 0,5 ann.)
- Meccanica dei robot
- Metallurgia meccanica (c.i., 0,5 ann.)
- Tecnica delle costruzioni meccaniche

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Calcolo numerico
- Collaudo e normativa delle macchine e degli impianti motori
- Costruzione di materiale ferroviario
- Costruzioni meccaniche di precisione
- Garanzia della qualità nella costruzione delle macchine
- Meccanica delle vibrazioni
- Meccanica superiore per ingegneri
- Modelli delle macchine
- Motori termici per trazione
- Oleodinamica e pneumatica
- Progettazione assistita di strutture meccaniche
- Progettazione meccanica
- Scienza delle costruzioni II

Indirizzo Energia

- Combustione e gasdinamica delle macchine
- Energetica
- Regolazione e controllo dei sistemi meccanici

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Applicazioni industriali elettriche, oppure Sistemi elettrici per l'energia
- Calcolo numerico
- Collaudo e normativa delle macchine e degli impianti motori
- Criogenia-Tecnica del freddo (c.i., 1 ann.)
- Diagnostica degli impianti motori
- Dinamica e controllo delle macchine
- Energetica applicata
- Fluidodinamica delle macchine
- Generatori di vapore
- Impianti di potenza per applicazioni spaziali
- Impianti termotecnici
- Interazione fra le macchine e l'ambiente
- Meccanica delle vibrazioni
- Modelli delle macchine
- Motori termici per trazione
- Oleodinamica e pneumatica
- Sperimentazione sulle macchine
- Tecnica del controllo ambientale
- Termotecnica
- Trasmissione del calore

Indirizzo Produzione

- Automazione a fluido
- Modelli funzionali per l' industria meccanica
- Sistemi integrati di produzione

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Disegno assistito del calcolatore
- Impiego industriale dell'energia
- Gestione delle macchine e dei sistemi energetici
- Gestione industriale della qualità
- Macchine utensili
- Meccanica dei robot
- Metodologie metallurgiche e metallografiche
- Oleodinamica e pneumatica
- Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica
- Programmazione e controllo della produzione meccanica
- Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
- Tecnologie industriali
- Tecnologie speciali

Indirizzo Veicoli terrestri

- Costruzione di autoveicoli
- Meccanica del veicolo
- Motori termici per trazione

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Costruzione di macchine agricole
- Costruzione di macchine movimento terra
- Costruzione e tecnologia del pneumatico e degli antivibranti
- Dinamica del veicolo
- Dispositivi elettronici
- Meccanica dei materiali (c.i., 0,5 ann.)
- Meccanica delle vibrazioni
- Meccanica superiore per ingegneri
- Metallurgia meccanica (c.i., 0,5 ann.)
- Oleodinamica e pneumatica
- Progettazione degli elementi dell'autotelaio
- Progetto delle carrozzerie
- Progetto di macchine
- Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
- Scienza delle costruzioni II
- Sperimentazione sulle macchine
- Sperimentazioni ed affidabilità dell'autoveicolo
- Tecnologie speciali

GRUPPI DI DISCIPLINE COSTITUENTI GLI ORIENTAMENTI

Orientamento Azionamenti industriali

- Automazione a fluido
- Azionamenti elettrici
- Oleodinamica e pneumatica

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Applicazioni industriali elettriche
- Costruzione di macchine automatiche e robot
- Dinamica e controllo delle macchine
- Meccanica degli azionamenti
- Meccanica dei robot
- Meccatronica
- Metrologia generale meccanica
- Tribologia

Orientamento Ferroviario

- Azionamenti per trazione elettrica
- Costruzione di materiale ferroviario
- Modellistica e simulazione dei sistemi meccanici

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche
- Automazione a fluido
- Meccanica delle vibrazioni
- Meccanica superiore per ingegneri
- Motori termici per trazione
- Oleodinamica e pneumatica
- Tecnica delle costruzioni meccaniche

Orientamento Impianti idroelettrici

- Costruzioni idrauliche
- Turbomacchine
- Regolazione e controllo dei sistemi meccanici

ed inoltre:

- Progettazione degli Impianti industriali
- Sistemi elettrici per l'energia

Orientamento Impianti industriali

- Logistica industriale
- Meccatronica
- Progettazione degli impianti industriali

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche
- Applicazioni industriali elettriche
- Automazione a fluido

- Fluidodinamica
- Illuminotecnica
- Impianti termotecnici
- Impiego industriale dell'energia
- Interazione fra le macchine e l'ambiente
- Oleodinamica e pneumatica
- Scienza delle costruzioni II
- Tecnologie industriali
- Tecnologie speciali

Orientamento Metallurgico

- Meccanica dei materiali (c.i., 0,5 ann.)
- Metallurgia meccanica I (c.i., 0,5 ann.)
- Regolazione e controllo dei sistemi meccanici
- Siderurgia

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Automazione a fluido
- Analisi sperimentale delle tensioni
- Elettrometallurgia
- Impianti metallurgici
- Metallurgia fisica - Metallurgia meccanica II
- Metodologie metallurgiche e metallografiche
- Oleodinamica e pneumatica
- Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica
- Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
- Tecnologia metallurgiche

Orientamento Metrologia

- Meccatronica
- Metrologia generale meccanica
- Statistica e calcolo delle probabilità

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Analisi sperimentale delle tensioni
- Meccanica sperimentale
- Meccanica superiore per ingegneri
- Misure termiche e regolazione
- Sperimentazione sulle macchine

Orientamento Motori a combustione

- Combustione e gasdinamica delle macchine
- Motori termici per trazione
- Regolazione e controllo dei sistemi meccanici

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Calcolo numerico
- Chimica e tecnologia dei combustibili e lubrificanti

- Dinamica e controllo delle macchine
- Elettronica applicata
- Fluidodinamica delle macchine
- Interazione fra le macchine e l'ambiente
- Meccanica delle vibrazioni
- Oleodinamica e pneumatica
- Sperimentazione sulle macchine

Orientamento Qualità

- Diagnostica dei sistemi meccanici
- Garanzia della qualità nella costruzione delle macchine
- Gestione industriale della qualità
- Misure e controllo di qualità nella produzione meccanica

oltre a 1 insegnamento, scelto, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Affidabilità e sicurezza delle costruzioni meccaniche
- Analisi strumentale e controllo dei materiali
- Diagnostica degli impianti motori

Orientamento Strutture

- Meccanica delle vibrazioni
- Scienza delle costruzioni II
- Sperimentazione dei materiali e delle strutture
- Meccanica dei materiali e frattura (c.i., 1 ann.)
- Tecnica delle costruzioni meccaniche

oltre a 1 insegnamento, scelto, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Analisi computazionale delle strutture
- Calcolo numerico
- Meccanica superiore per ingegneri
- Teoria delle strutture

Orientamento Termotecnico

- Impianti termotecnici
- Modellistica e simulazione dei sistemi meccanici
- Termotecnica

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Acustica applicata
- Automazione a fluido
- Calcolo numerico
- Collaudo e normativa delle macchine e degli impianti motori
- Combustione e gasdinamica delle macchine
- Criogenia-Tecnica del freddo (c.i., 1 ann.)
- Generatori di vapore
- Illuminotecnica
- Interazione fra le macchine e l'ambiente
- Misure termiche e regolazione

- Modelli per la termotecnica
- Oleodinamica e pneumatica
- Sistemi elettrici per l'energia
- Sperimentazione sulle macchine
- Tecnica del controllo ambientale

Orientamento Tessile

- Meccanica dei robot
- Progettazione degli impianti industriali
- Tecnologie industriali

oltre e 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Elettronica applicata
- Marketing industriale
- Modelli funzionali per l'industria meccanica

Orientamento Trasmissione di potenza a fluido

- Oleodinamica e pneumatica
- Oleodinamica e pneumatica II
- Regolazione e controllo dei sistemi meccanici

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Automazione a fluido
- Calcolo numerico
- Collaudo e normativa delle macchine
- Dinamica e controllo delle macchine
- Fluidodinamica delle macchine
- Modelli di macchine
- Modellistica e simulazione dei sistemi meccanici
- Sperimentazione sulle macchine

Orientamento Trasporti

- Meccanica delle vibrazioni
- Progettazione dei sistemi di trasporto
- Tecnica ed economia dei trasporti

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Applicazioni industriali elettriche
- Collaudo e normativa delle macchine e degli impianti motori
- Costruzione di autoveicoli
- Costruzione e tecnologia del pneumatico e degli antivibranti
- Costruzione di materiale ferroviario
- Interazione fra le macchine e l'ambiente
- Meccanica del veicolo
- Motori termici per trazione
- Progetto delle carrozzerie
- Progetto delle strutture
- Terminali ed impianti di trasporto

Orientamento Turbomacchine

- Fluidodinamica delle turbomacchine
- Regolazione e controllo dei sistemi meccanici
- Sperimentazione sulle macchine

oltre a 2 insegnamenti, scelti, tenendo conto delle indicazioni del «Manifesto degli Studi» vigente, tra le seguenti materie:

- Calcolo numerico
- Dinamica e controllo delle macchine
- Fluidodinamica
- Meccatronica
- Modelli di macchine
- Oleodinamica e pneumatica
- Turbomacchine

PROGRAMMI

Seguono, in ordine alfabetico, i programmi degli insegnamenti ufficiali del Corso di laurea in Ingegneria Meccanica, del 1°, 2° e 3° anno.

ANALISI MATEMATICA I

Prof. Marco CODEGONE* (1° corso)
 Prof. Claudio CANUTO* (2° corso)

Dip. di Matematica

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	48	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Finalità del corso è di fornire gli strumenti di base del calcolo differenziale, propedeutici ai corsi della Facoltà di Ingegneria, utilizzando il linguaggio moderno della matematica ed insegnando come affrontare i problemi con rigore e spirito critico. Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: le nozioni fondamentali di algebra, di geometria, di trigonometria, secondo i programmi di scuola secondaria superiore.

PROGRAMMA

Teoria degli insiemi: nozioni di base.

Applicazioni fra insiemi: definizioni e proprietà.

L'insieme dei numeri reali e l'insieme dei numeri complessi.

Funzioni elementari di variabile reale e di variabile complessa.

Successioni, limiti di successioni.

Le proprietà locali delle funzioni reali di variabile reale: continuità, limiti, derivabilità. Confronto locale di funzioni.

Teoremi fondamentali del calcolo differenziale e le loro applicazioni.

Approssimazione locale di funzioni: formula di Taylor.

Cenni sulla approssimazione globale di funzioni reali di variabile reale.

Ricerca degli zeri di una funzione reale di variabile reale.

Teoria dell'integrazione: definizione di integrale indefinito, proprietà.

Regole di integrazione: l'integrale definito e le sue proprietà.

I teoremi della media: applicazioni numeriche, formula dei trapezi.

Integrazione delle funzioni elementari.

Equazioni differenziali ordinarie.

ESERCITAZIONI

Esercizi relativi agli argomenti sviluppati nelle lezioni con applicazioni d'utilizzo di strumenti informatici (LAIB).

TESTI CONSIGLIATI (da scegliere secondo le indicazioni dei singoli docenti)

L. Rodino, *Lezioni di Analisi Matematica I*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1989.

P. Bruno Longo, *Esercizi di Analisi Matematica I*, Ed. Veschi, Milano, 1989.

G. Geymonat, *Lezioni di Matematica I*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

* Nota bene: numero dei corsi e docenti potranno cambiare, in seguito alla definitiva organizzazione dei corsi del I anno, organizzazione che potrà essere stabilita soltanto sulla base delle immatricolazioni effettive, nell'imminenza dell'inizio dei corsi.

ANALISI MATEMATICA II

(1° Corso)

Prof. Maria MASCARELLO

Dip. di Matematica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	48	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riferimento al calcolo differenziale e integrale in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali ed ai metodi di sviluppi in serie.

Il corso comprende, oltre alle ore di lezione, ore di esercitazione.

Nozioni propedeutiche: si richiede allo studente il possesso dei metodi di calcolo e delle considerazioni di carattere teorico forniti dai corsi di Analisi Matematica e di Geometria.

PROGRAMMA

Funzioni continue di più variabili.

Calcolo differenziale in più variabili.

Calcolo differenziale su curve e superfici.

Integrali multipli.

Integrali su curve e superfici.

Spazi vettoriali normati e successioni di funzioni.

Serie numeriche e serie di funzioni.

Serie di potenze.

Serie di Fourier.

Equazioni e sistemi differenziali.

ESERCITAZIONI

Parallelamente agli argomenti delle lezioni vengono svolti esercizi in aula ed eventualmente al LAIB.

TESTI CONSIGLIATI

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica II*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, Nuova edizione 1991.

M. Leschiutta, P. Moroni, J. Vacca, *Esercizi di Matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

ANALISI MATEMATICA II

(2° Corso)

Prof. M. Teresa GALIZIA ANGELI

Dip. di Matematica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

72

6

Es.

48

4

Lab.

—

—

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riferimento al calcolo differenziale e integrale in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali ed ai metodi di sviluppi in serie.

Il corso comprende, oltre alle ore di lezione, ore di esercitazione.

Nozioni propedeutiche: si richiede allo studente il possesso dei metodi di calcolo e delle considerazioni di carattere teorico forniti dai corsi di Analisi Matematica e di Geometria.

PROGRAMMA

Funzioni continue di più variabili.

Calcolo differenziale in più variabili.

Calcolo differenziale su curve e superfici.

Integrali multipli.

Integrali su curve e superfici.

Spazi vettoriali normati e successioni di funzioni.

Serie numeriche e serie di funzioni.

Serie di potenze.

Serie di Fourier.

Equazioni e sistemi differenziali.

ESERCITAZIONI

Parallelamente agli argomenti delle lezioni vengono svolti esercizi in aula ed eventualmente al LAIB.

TESTI CONSIGLIATI

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica II*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, Nuova edizione 1991.

M. Leschiutta, P. Moroni, J. Vacca, *Esercizi di Matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

CHIMICA

Prof. Cesare BRISI
 Prof. Margherita MONTORSI
 Prof. Mario VALLINO

Dip. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
 Chimica

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	85	30	—
Settimanale (ore)	6	2	—

Il corso si propone di fornire le basi teoriche necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi più comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: una di chimica generale alla quale vengono dedicate circa 60 ore di lezione; una di chimica inorganica (circa 20 ore di lezione) ed una di chimica organica (5-10 ore di lezione). Per seguire con profitto il corso sono sufficienti le nozioni di base relative alle leggi generali della chimica, alla simbologia e alla nomenclatura.

PROGRAMMA

Chimica Generale. Sistemi omogenei e sistemi eterogenei. Concetto di fase, di composto, di elemento. Teoria atomico-molecolare. Legge di Avogadro. Determinazione dei pesi atomici e molecolari. Concetto di mole. Calcoli stechiometrici. Nomenclatura chimica. Il sistema periodico degli elementi. L'Atomo secondo i modelli classici e quantomeccanici. Interpretazione elettronica del sistema periodico. Fenomeni legati all'emissione delle radiazioni luminose e dei raggi X. Legame ionico, covalente, metallico. Energia reticolare, energia di legame. Grado di ossidazione. Isotopia. Energia di legame dei nucleoni. Radioattività. Fenomeni di fissione e di fusione nucleare. Leggi dei gas. Dissociazione termica. Teoria cinetica dei gas. Calore specifico dei gas. Stato solido. Reticolo cristallino e cella elementare. Difetti reticolari. Soluzioni solide. Stato vetroso. «Composti» non-stechiometrici. Stato liquido. Equazione di Clausius-Clapeyron. Tensione di vapore delle soluzioni. Fenomeni crioscopici ed ebullioscopici. Pressione osmotica. Energia interna ed entalpia. Effetto termico delle reazioni. Entropia ed energia libera di reazione. Velocità di reazione. Catalisi. Legge dell'azione di massa. Principio dell'equilibrio mobile. Regola delle fasi. Diagrammi di stato ad uno e due componenti. Applicazione della legge delle fasi agli equilibri chimici eterogenei. Soluzioni di elettroliti. Elettrolisi. Costante di ionizzazione. Prodotto ionico dell'acqua. Acidi e basi. pH. Idrolisi. Prodotto di solubilità. Potenziale d'elettrodo. Serie elettrochimica. Tensioni di decomposizione. Potenziali di ossido-riduzione. Cenni di corrosione.

Chimica Inorganica. Proprietà e metodi di preparazione industriale dei seguenti elementi e dei loro principali composti: idrogeno, ossigeno, sodio, rame, calcio, zinco, alluminio, carbonio, silicio, azoto, fosforo, cromo, uranio, zolfo, manganese, alogeni, ferro.

Chimica Organica. Cenni su idrocarburi saturi ed insaturi. Fenomeni di polimerizzazione. Alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, eteri, esteri, ammine, ammidi, nitrili. Benzene e suoi omologhi, fenoli, nitroderivanti, ammine aromatiche.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono dedicate all'ampliamento di alcuni argomenti oggetto di lezione, ad esperienze di laboratorio e a calcoli relativi agli argomenti di chimica generale.

TESTI CONSIGLIATI

C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica Generale ed Inorganica*, Levrotto & Bella, Torino.

M.J. Sienko, R.P. Plane, *Chimica: Principi e proprietà*, Piccin, Padova.

C. Brisi, *Esercitazioni di Chimica*, Levrotto & Bella, Torino.

P. Silvestroni, *Fondamenti di Chimica*, Librerie Eredi Virginio Veschi, Roma.

L. Rosenberg, *Teoria e applicazioni di Chimica Generale*, Collane Schaum, Etas Kompass.

M. Montorsi, *Appunti di Chimica Organica*, Celid, Torino, 1987.

CONTROLLI AUTOMATICI / ELETTRONICA APPLICATA

(Corso integrato)

Docente da nominare

III ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	56	56	—
Corso di Laurea: ING. MECCANICA	Settimanale (ore)	4	4	—

Scopo del corso, per quanto concerne la parte di Controlli Automatici, è di introdurre lo studente all'analisi ed al progetto dei sistemi di controllo di impianti industriali continui, quali impianti siderurgici e metallurgici e linee di produzione.

Per quanto concerne altresì la parte di Elettronica Applicata, lo scopo è fornire agli allievi la conoscenza delle caratteristiche funzionali dei principali componenti elettronici e gli esempi applicativi più diffusi.

PROGRAMMA

1) Strumenti matematici per l'analisi dei sistemi dinamici: trasformate di Laplace e di Fourier.
 2) Caratteristiche funzionali dei principali componenti elettronici ed esempi applicativi: diodi, transistor e loro inserimento in circuiti elementari; amplificatori operazionali ideali e reali e loro applicazioni; filtri attivi e passivi (prestazioni e loro uso nell'analisi dei segnali); convertitori A/D e D/A ed esempi di acquisizione dati; memorie e microprocessori (elementi di base, schemi a blocchi, comandi e istruzioni); cenni sui circuiti logici, esempi applicativi di condizionamento e trattamento dei segnali.

3) Metodi per l'analisi di sistemi dinamici: rappresentazione di sistemi dinamici mediante modelli matematici; concetto di stato; equazioni di stato; funzioni di trasferimento; campionamento e rappresentazioni discrete; simulazione dei modelli dinamici discreti mediante calcolatore; studio delle caratteristiche dei sistemi dinamici ai fini del controllo delle loro prestazioni (stabilità, controllabilità, osservabilità).

4) Metodi per il progetto di sistemi di controllo: diagrammi di Bode; luogo delle radici; posizionamento dei poli mediante regolatore proporzionale ed osservatore degli stati.

L'esposizione dei metodi di analisi e di progetto verrà sviluppata mediante applicazione a modelli realistici di impianti industriali e loro componenti, quali macchine utensili, banchi-prova per motori di autoveicoli, macchine di misura ed altri processi di lavorazione.

TESTI CONSIGLIATI

J. Millmam, C.C. Halkias, *Integrated Electronics*, McGraw Hill, 1972.

K. Ogata, *Modern Control Engineering*, Prentice Hall, New York, 1970.

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

Prof. Giovanni PODDA (1° corso)
Docente da nominare (2° corso)

Dip. di Tecnologia e Sistemi di Produzione

I ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	48	72	—
Settimanale (ore)	4	6	—

Il corso fornisce le nozioni teoriche ed applicative di rappresentazione grafica degli oggetti della produzione meccanica, con particolare riguardo ai riferimenti normativi.

PROGRAMMA

La rappresentazione di elementi meccanici mediante proiezioni ortogonali ed assonometriche, con richiami alle nozioni fondamentali di geometria descrittiva.

Normativa nazionale ed internazionale sul disegno tecnico.

Quotatura, con introduzione alla quotatura funzionale.

Tolleranze di lavorazione, dimensionali e geometriche; relazioni con i processi di lavorazione e criteri di scelta.

Finitura superficiale, rugosità.

Elementi ricorrenti nelle costruzioni meccaniche: smussi, raccordi, gole, assi ed alberi, perni e snodi, tenute e guarnizioni. Molle.

Montaggio e fissaggio di organi meccanici: dispositivi di collegamento smontabili non filettati (chiavette, linguette, spine, scanalati) e filettati (viti, dadi, ghiere, dispositivi antisvitamento spontaneo).

Collegamenti saldati.

Cenni di tecnologia di base: lavorazioni fondamentali per deformazione ed asportazione di truciolo e loro influenza sul disegno dei pezzi meccanici. Schemi delle principali macchine utensili.

Elementi di disegno assistito da elaboratore, rappresentazioni automatizzate bi e tridimensionali, uso di programmi specifici.

ESERCITAZIONI

Schizzi e disegni di particolari e di gruppi meccanici semplici, con introduzione all'uso di tabelle e cataloghi. Disegno con elaboratore di particolari mediante impiego di programmi di base (AutoCad).

ELETTROTECNICA E MACCHINE ELETTRICHE

(corso integrato)

Prof. Aldo BOGLIETTI (1° corso)

Prof. Federico PIGLIONE (2° corso)

Dip. di Ingegneria Elettrica Industriale

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: MECCANICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

72

6

Es.

48

4

Lab.

—

—

Scopo del corso è fornire una metodologia per una corretta utilizzazione di macchine ed impianti elettrici, che tenga conto dei problemi di sicurezza dell'operatore e dell'impianto. A tal fine, dopo aver esposto i fondamenti dell'analisi delle reti di bipoli, con accenni ai tripoli e ai doppi bipoli di più frequente impiego, ed aver rivisitato la teoria dei campi di corrente, elettrico e magnetico evidenziando le interconnessioni metodologiche d'approccio, se ne mostra l'impiego nei modelli delle principali macchine e degli impianti di distribuzione dell'energia elettrica. Tali argomenti sono integrati da notizie riguardanti le basilari apparecchiature di comando e di protezione.

Corsi propedeutici consigliati: Analisi I e II, Fisica I e II.

PROGRAMMA

Reti Elettriche in regime stazionario e quasistazionario. Grandezze elettriche fondamentali nei sistemi a parametri concentrati (tensione, corrente, potenza elettrica) e loro proprietà. Regimi di funzionamento. Metodo simbolico. Concetto di bipolo e reti di bipoli. Bipoli normali. Metodi di analisi delle reti di bipoli normali in regime stazionario e sinusoidale. Potenza istantanea, attiva, reattiva e apparente. Rifasamento. Cenni sugli strumenti di misura. Fenomeni transitori elementari. Sistemi trifasi: tipologia e caratteristiche. Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati: rifasamento, misure di potenza con inserzione Aron.

Aspetti applicativi della teoria dei campi. Campo di corrente statico: impianti di messa a terra e normative antinfortunistiche, misure sugli impianti di terra. Dimensionamento e protezione delle condutture. Campo elettrostatico: rigidità dielettrica e isolamenti, condensatori e cavi. Campo elettrico quasistazionario: corrente di conduzione, corrente di spostamento. Campo magnetostatico: richiami sulle proprietà dei materiali ferromagnetici dolci e duri. Circuiti magnetici. Relé differenziale e sue applicazioni. Magneti permanenti. Cenni sui circuiti magnetici non lineari. Calcolo di auto e mutue induttanze nei più comuni componenti elettrici. Campi elettromagnetici quasistazionari: forze elettromotrici indotte, definizione del potenziale elettrico. Aspetti energetici dei campi elettromagnetici in bassa frequenza: energia immagazzinata, perdite per isteresi e correnti parassite. Conversione elettomeccanica. Sistemi a riluttanza: elettromagneti, motori a riluttanza passo-passo.

Elementi di Macchine Elettriche. Trasformatori monofasi: principi di funzionamento, caratteristiche e loro identificazione, modalità costruttive e di impiego. Trasformatori trifasi. Autotrasformatori. Trasformatori di misura. Macchine a induzione, trifasi. Principi di funzionamento e caratteristiche. Avviamento e regolazione della velocità. Motore a induzione monofase. Macchine a corrente continua a collettore. Tipologia e caratteristiche meccaniche. Regolazione di coppia e velocità. Motori a commutazione elettronica (brushless). Cenni sulle macchine sincrone.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni integrano le lezioni con particolare attenzione a problemi applicativi della teoria a bipoli e macchine di uso corrente civile ed industriale.

TESTI CONSIGLIATI

G.P. Civalieri, *Elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

G. Florio, *Problemi di elettrotecnica*, Ed. Clut, Torino.

G. Florio, I. Gorini, A.R. Meo, *Appunti di elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

G. Someda, *Elementi di elettrotecnica generale*, Ed. Patron Padova.

FISICA I

Docente da nominare

Dip. di Fisica

I ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

84 28 4

6 2 —

Il corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione della meccanica del punto e dei sistemi, con particolare riguardo al corpo rigido e ai fluidi, dell'ottica geometrica in sistemi ottici centrati, della fisica matematica del campo gravitazionale e coulombiano, dell'elettronica nel vuoto.

PROGRAMMA

Metrologia. Misurazione e incertezza. Sistemi di unità di misura. Analisi dimensionale. Metodo dei minimi quadrati.

Cinematica del punto. Moto rettilineo e curvilineo. Moto relativo (classico e relativistico) e covarianza delle leggi fisiche. Riferimenti inerziali e non inerziali.

Dinamica del punto. Tre principi di Newton. Forze d'inerzia (pseudo-forze). Interazioni: gravitazionale, elettrostatica, elastica. Vincoli e attrito radente (statico e dinamico). Attrito del mezzo (viscoso e idraulico). Lavoro, potenza. Teorema lavoro-energia cinetica.

Statica del punto.

Campi conservativi. Gradiente. Potenziale. Energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica. Teorema di Stokes. Teorema e legge di Gauss. Campo gravitazionale e coulombiano. Equazione di Poisson.

Oscillazioni: armonica semplice, smorzata, forzata. Risonanza. Oscillatore anarmonico. Oscillatori accoppiati.

Dinamica dei sistemi. Centro di massa. I equazione cardinale. Conservazione della quantità di moto. II equazione cardinale. Conservazione del momento angolare. Corpo rigido. Assi principali d'inerzia. Giroscopio.

Statica dei sistemi.

Meccanica dei fluidi. Legge di Stevino. Legge di Archimede. Equazione di continuità. Teorema di Bernoulli.

Onde elastiche.

Ottica geometrica.

Elettrostatica nel vuoto. Potenziale di una carica e di un dipolo. Conduttori in equilibrio. Cariche in moto in un campo elettrostatico.

ESERCITAZIONI IN AULA

Esercizi applicativi sul programma del corso.

ESERCITAZIONI IN LABORATORIO (computer on line)

- Misurazione di spostamenti e velocità in caduta libera, e dell'accelerazione di gravità.
- Misurazione del periodo del pendolo semplice in funzione della lunghezza e dell'elongazione.

TESTI CONSIGLIATI

Per quanto riguarda il testo da adottare, gli studenti seguano le indicazioni del docente.

C. Mencuccini, V. Silvestrini, *Fisica-Meccanica, Termodinamica*, Liguori (Napoli, 1987).

R. Resnick, D. Halliday, *Fisica*, Parte I-Ambrosiana (Milano, 1982).

FISICA II

Prof. Laura TROSSI (1° corso)
 Prof. Enrica MEZZETTI (2° corso)

Dip. di Fisica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	82	26	12
Settimanale (ore)	6	2	—

La prima parte del corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione dell'elettromagnetismo nel vuoto e nella materia, della teoria delle onde elettromagnetiche e dell'ottica ondulatoria. La seconda parte è rivolta ai principi fondamentali della fisica atomica. La terza parte è dedicata alla termodinamica.

Sono propedeutiche le nozioni impartite nel corso di Fisica I.

PROGRAMMA

Campo elettrico nella materia: dielettrici e conduttori.

Proprietà di trasporto, corrente elettrica, legge di Ohm, effetti termoelettrici.

Interazione magnetica.

Campo magnetico nel vuoto e nella materia: sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche.

Campi elettrici e magnetici dipendenti dal tempo: legge dell'induzione elettromagnetica, induttanza e cenni ai circuiti RLC, equazioni di Maxwell.

Onde elettromagnetiche nel vuoto e nella materia.

Ottica ondulatoria: interferenza e diffrazione.

Propagazione di onde elettromagnetiche in mezzi anisotropi; polarizzazione della luce.

Interazione della radiazione elettromagnetica con la materia; descrizione effetto Fotoelettrico e Compton.

Meccanica quantistica: dualismo onda particella, principio di indeterminazione di Heisenberg, nozioni introduttive sull'equazione di Schrödinger e funzione d'onda.

Emissione spontanea e indotta: laser.

Termodinamica classica fino all'introduzione dei potenziali termodinamici ed elementi di termodinamica statistica: funzione di partizione.

ESERCITAZIONI

Comprendono sia una parte teorica, in cui si propongono e risolvono problemi inerenti alla materia esposta nelle lezioni, sia una parte sperimentale, in cui gli studenti affrontano la problematica della misura di grandezze fisiche, valendosi della strumentazione esistente nei laboratori didattici (uso di strumenti elettrici, misure relative a circuiti elettrici, misura di indici di rifrazione, di lunghezze d'onda con reticoli di diffrazione).

TESTI CONSIGLIATI

M. Alonso, E.J. Finn, *Elementi di Fisica per l'Università*, Vol. II.

G. Lovera, R. Malvano, I. Minetti, A. Pasquarelli, *Calore e termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino, 1983.

C. Mencuccini, V. Silvestrini, *Fisica I* (per la parte di Termodinamica).

Amaldi, Bizzarri, Pizzella, *Fisica Generale: Elettromagnetismo, Relatività - Ottica*, Ed. Zanichelli.
 Zemansky, *Calore e Termodinamica per Ingegneri*; 1) Volume unico (consigliato agli allievi con Fisica Tecnica nel piano di studi); 2) Vol. I (consigliato ai restanti), Ed. Zanichelli.

IN178 FISICA TECNICA

Prof. Nicola CARDINALE (1° corso)

Dip. di Energetica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

40

4

Lab.

—

—

Il contenuto del corso è basato su due argomenti fondamentali: Termodinamica Applicata e Termofluidodinamica, indispensabili soprattutto per i corsi successivi di Macchine e dell'indirizzo Termotecnico; si daranno anche delle nozioni basilari di due argomenti della Fisica Tecnica classica: Acustica ed Illuminotecnica.

PROGRAMMA

Termodinamica applicata. Sistemi, stati, trasformazioni. Principio di conservazione dell'energia in forma termica e meccanica per sistemi chiusi ed aperti. Energia interna ed entalpia. Secondo principio della termodinamica: irreversibilità, entropia, energia. Gas perfetti e quasi perfetti: proprietà e principali trasformazioni. Cicli diretti a gas: cicli di Carnot, Stirling, Otto, Diesel, Joule rigenerativo. Vapori e loro proprietà; cicli a vapore diretti (ciclo Rankine rigenerativo e con cogenerazione). Cicli inversi a vapore e a gas. Aria umida: proprietà delle miscele aria-vapore, principali trasformazioni negli impianti di condizionamento.

Termofluidodinamica: Conduzione del calore: pareti piane, cilindriche, sferiche e sistemi con generazione interna di calore in condizioni stazionarie. Moto dei fluidi e convezione termica: deflusso laminare e turbolento, strato limite; convezione forzata e naturale: legge di Newton, teoria adimensionale, analogia di Reynolds-Prandtl. Condensazione ed ebollizione. Irraggiamento: leggi del corpo nero, corpi grigi, fattori di forma, scambio termico tra corpi neri e grigi. Trasmissione globale del calore: scambio termico liminare, alettature, camini, conduzione in regime variabile in corpi con resistenza interna trascurabile, scambiatori di calore, metodi numerici alle differenze finite.

Acustica: grandezze fondamentali, audiogramma normale, riverberazione, isolamento acustico.

Illuminotecnica: grandezze fondamentali, curva di visibilità, lampade e loro efficienza.

ESERCITAZIONI

Verranno svolti numerosi esempi numerici applicativi che saranno oggetto di una verifica scritta.

TESTI CONSIGLIATI

L. Mattarolo, *Termodinamica applicata*, Ed. Cleup, Padova, 1977.

C. Bonacina, A. Cavallini, L. Mattarolo, *Trasmissione del calore*, Ed. Cleup, Padova, 1985.

A. Boeche, A. Cavallini, S. Del Giudice, *Problemi di termodinamica applicata*, Ed. Cleup, Padova, 1987.

E. Bettanini, F. De Ponte, *Problemi di trasmissione del calore*, Ed. Patron, Bologna, 1986.

C. Codegone, *Fisica Tecnica*, 6 voll., Ed. Giorgio, Torino, 1969.

IN178 FISICA TECNICA

Prof. Paolo ANGLESIO (2° corso)

Dip. di Energetica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

34

4

Lab.

6

—

Il contenuto del corso è quello tradizionale della Fisica tecnica presso questa Facoltà; comprende argomenti strettamente termici (termodinamica applicata e termofluidodinamica) che costituiscono un collegamento tra corsi del biennio (Fisica I e II) e del triennio (Macchine); contiene argomenti più particolari (Illuminotecnica e Acustica applicata) che di norma non vengono ripresi in corsi successivi. La Fisica tecnica è di particolare importanza per gli allievi dell'indirizzo Termotecnico. Le esercitazioni grafiche e di calcolo hanno carattere individuale e vengono verificate nel corso dell'esame.

Il corso si svolgerà con lezioni di tipo tradizionale, esercitazioni grafiche e di calcolo, esercitazioni di laboratorio.

Nozioni propedeutiche: Fisica I e II, Meccanica dei Fluidi

PROGRAMMA

Illuminotecnica. Grandezze fondamentali, fotometriche ed energetiche. Sorgenti, campione fotometrico. Curva di visibilità. Lampade e loro efficienza.

Acustica applicata. Onde e propagazione dell'energia elastica. Audiogramma normale. Proprietà dei materiali. Riverberazione. Isolamento acustico.

Termodinamica applicata. Sistemi, stati, trasformazioni. Principio di conservazione dell'energia, equazioni in forma termica e meccanica, per sistemi chiusi e aperti. Energia interna ed entalpia. Secondo principio della termodinamica, entropia, irreversibilità, energia utilizzabile. Gas perfetti e gas quasi perfetti; proprietà; cicli diretti ideali (Otto, Joule, Diesel, Carnot e cicli rigenerativi). Vapori e loro proprietà; cicli diretti ideali; rigenerazione. Cicli inversi. Effetto Joule-Thomson, gas reali. Miscele aria-vapore; diagramma di Mollier dell'aria umida.

Termofluidodinamica. Fenomeni di trasporto dell'energia, della quantità di moto e della massa. Principi di conservazione. Analisi dimensionale. Resistenze al moto. Moto prodotto da differenza di densità. Conduzione termica, legge di Fourier, conducibilità, casi piano e cilindrico. Convezione, naturale e forzata. Analogia di Reynolds, modifica di Prandtl. Irraggiamento, leggi fondamentali, scambio termico tra corpi neri e grigi. Scambio termico liminare e globale, resistenza termica. Scambiatori.

ESERCITAZIONI

Illuminazione artificiale di una strada. Ciclo Joule diretto, con attriti. Ciclo Rankine diretto, con rigenerazione. Scambio termico e resistenze al moto in scambiatore di calore.

LABORATORI

Rumorosità di una macchina. Umidità relativa dell'aria (psicometro). Scambiatore di calore.

TESTI CONSIGLIATI

C. Codegone, *Fisica tecnica*, 6 voll., Ed. Giorgio, Torino, 1969.

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di Fisica tecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1976.

P. Anglesio, M. Calì, G.V. Fracastoro, *Esercitazioni di Fisica tecnica*, Ed. Celid, Torino, 1985.

FONDAMENTI DI INFORMATICA (MEC)

Prof. Paolo LEPORA (1° corso A-K)
Docente da nominare (2° corso L-Z)

Dip. di Matematica
Dip. di Automatica e Informatica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	—	—	—
Settimanale (ore)	4	2	2

Il corso intende fornire agli allievi una visione sistemistica dei sistemi di elaborazione, attraverso l'analisi delle componenti principali che lo costituiscono (tecnologia, architettura hardware, macro-componenti software).

Obiettivo è quello di dare al futuro ingegnere una visione d'insieme di un sistema di elaborazione, analizzandolo sotto diversi punti di vista, quali:

la struttura interna; i principi base di funzionamento; i vantaggi e gli svantaggi; i limiti; le applicazioni dei sistemi informativi.

PROGRAMMA

- *I fondamenti:* sistemi di numerazione; algebra booleana; funzioni logiche; codifica dell'informazione.
- *Tecnologia:* cenni di tecnologia elettronica (dispositivi, microelettronica, etc.); reti logiche; evoluzione tecnologica.
- *L'architettura di un sistema di elaborazione:* che cos'è un sistema di elaborazione (*hardware e software*); architettura hardware (unità centrale di elaborazione (CPU), memoria centrale, memoria di massa, unità di ingresso/uscita, struttura a bus); principi base di funzionamento; varie fasi dell'esecuzione di una istruzione.
- *Dispositivi periferici:* stampanti; display (tecnologie, grafica 2D e 3D); memorie di massa (nastri magnetici, hard e floppy disk, dischi ottici).
- *Il Software:* classificazioni (software di base, software applicativo, software di produttività); fasi dello sviluppo di un programma; linguaggi di programmazione (classificazioni, caratteristiche del linguaggio macchina, dell'Assembler e dei linguaggi evoluti, cenni sui linguaggi procedurali: LISP, PROLOG); il ciclo di vita del software; cenni di ingegneria del software.
- *Il Sistema Operativo:* classificazioni (multi-task, multi-user, real time, etc.); caratteristiche principali di alcuni Sistemi Operativi (MS-DOS, UNIX, VM, VMS, etc.); trattamento di file (organizzazione di un sistema per il trattamento dei file, potenzialità, un caso di studio).
- *Software di produttività individuale:* caratteristiche generali; classificazioni; fogli elettronici; sistemi per la gestione degli archivi (data base); pacchetti per la grafica; elaborazione di testi ed immagini (desk top publishing).
- *Sistemi per la gestione delle basi dati:* classificazioni (relazionali, gerarchici, etc.); i linguaggi di interrogazione; il ruolo delle basi di dati nell'organizzazione aziendale.
- *L'architettura dei sistemi informativi:* le diverse tipologie degli elaboratori (personal, mini, mainframe, etc.) e le loro caratteristiche; i sistemi non convenzionali (architetture vettoriali e/o parallele, etc.); i sistemi distribuiti (multiprocessor, multicomputer, etc.).
- *Le reti di calcolatori:* le reti geografiche, metropolitane e locali; i mezzi trasmissivi; il software per le reti; reti pubbliche e private; alcuni esempi di reti.
- *I sistemi di elaborazione aziendali:* criteri di dimensionamento; impatto sulla struttura aziendale; alcuni casi di studio.

TESTI CONSIGLIATI

P. Demichelis, E. Piccolo, *Informatica di base, Fortran 77 e Pascal*, Levrotto & Bella, Torino, 1987. M. Mezzalama, N. Montefusco, P. Prinetto, *Aritmetica dei calcolatori e codifica dell'informazione*, Utet, Torino, 1988. K. Jensen, N. Wirth, *Pascal user manual and report - ISO Pascal Standard*, terza edizione, Springer, New York, 1985. E. Piccolo, E. Macii, *Fondamenti di Informatica: temi d'esame ed esercizi svolti*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

GEOMETRIA

Prof. Carla MASSAZA (1° corso)
 Prof. Paolo VALABREGA (2° corso)

Dip. di Matematica

I ANNO
 2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	48	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso si propone di fornire agli studenti una preparazione di base per lo studio di problemi con l'uso di coordinate in relazione alla geometria analitica del piano e dello spazio. Una parte del corso è anche dedicata al calcolo matriciale, oltre che allo studio delle funzioni di più variabili reali.

Il corso si svolge in lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: si trovano nel corso di Analisi matematica I con particolare riguardo alle proprietà dei numeri reali e complessi e alle operazioni di integrazione e di derivazione.

PROGRAMMA

Calcolo vettoriale.

Geometria analitica del piano. Coniche e altri luoghi.

Coordinate polari nel piano e numeri complessi (incluso fattorizzazione di polinomi e esponenziale complesso).

Geometria dello spazio.

Rappresentazione e studio di curve.

Superfici e loro rappresentazioni.

Cambiamenti di coordinate. Coordinate cilindriche e sferiche.

Spazi vettoriali.

Calcolo matriciale.

Sistemi lineari.

Risoluzione di equazioni differenziali lineari a coefficienti di ordine n.

Autovalori e autovettori.

Forma canonica di Jordan.

ESERCITAZIONI

Illustrazione mediante esempi ed esercizi dei vari aspetti del programma.

TESTI CONSIGLIATI

Greco, Valabrega, *Lezioni di Matematica per allievi ingegneri*, vol. 2 (in due parti), Ed. Levrotto & Bella, Torino.

AA.VV., *Esercizi di Geometria*, Ed. Celid.

IN263 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Prof. Guido BELFORTE (1° corso)
 Prof. Bruno PIOMBO (2° corso)

Dip. di Meccanica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	68	52	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Scopo del corso è di esaminare le leggi fondamentali che regolano il funzionamento delle macchine, di effettuare l'analisi funzionale dei componenti meccanici e l'analisi dinamica dei sistemi meccanici.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni collegate.

Nozioni propedeutiche: nozioni di meccanica di base, date nel corso di Meccanica razionale.

PROGRAMMA

Leggi di aderenza e di attrito. Attrito radente e volvente. Meccanismi vite e madrevite. Freni a ceppi piani, a tamburo, a disco. Frizioni piane e coniche. Flessibili: cinghie, funi, catene. Trasmissione con flessibili. Paranchi. Giunti di trasmissione: cardani e giunti omocineticici. Sistemi con camme e punterie. Trasmissione del moto con ruote dentate tra assi paralleli, incidenti e sghembi; coppia vite senza fine-ruota elicoidale. Forze scambiate tra gli ingranaggi. Rotimi ordinari ed epicicloidali. Riduttori di velocità, differenziali, cambi di velocità. Azioni di contatto e cuscinetti a rotolamento. Proprietà dei lubrificanti. Teoria elementare della lubrificazione. Pattini e perni lubrificati. Equilibri dinamici. Applicazione del teorema della quantità di moto, del momento della quantità di moto, e dell'energia. Sollecitazioni dinamiche su elementi rotanti ed equilibramento dei rotori. Studio dei fenomeni transitori nelle macchine. Accoppiamento di macchine motrici ed operatrici. Funzionamento in regime periodico. Calcolo dei volani. Vibrazioni di sistemi a parametri concentrati ad uno e a più gradi di libertà. Uso delle trasformate nello studio dei sistemi vibranti. Misura delle vibrazioni. Trasmissibilità. Velocità critiche. Applicazioni delle trasformate di Laplace allo studio di sistemi meccanici. Componenti e sistemi di automazione pneumatici ed oleodinamici. Tecniche di controllo digitali.

ESERCITAZIONI

Consistono nello svolgimento di esercizi e problemi riguardanti gli argomenti delle lezioni.

TESTI CONSIGLIATI

Belforte, *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Giorgio, Torino, 1989.

Jacazio, Piombo, *Meccanica applicata alle macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

Ghigliazza, *Guida alla progettazione funzionale delle macchine*, Tolozzi Editore.

Jacazio, Piombo, *Esercizi di Meccanica applicata alle macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1983.

MECCANICA DEI FLUIDI

Prof. Luigi BUTERA (1° corso)
 Prof. Sebastiano SORDO (2° corso)

Ist. di Idraulica e Costruzioni Idrauliche

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	40	4
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso si propone di fornire gli elementi per il proporzionamento dei recipienti destinati a contenere fluidi e delle condotte per il loro convogliamento. Partendo da una impostazione teorica, si perviene alle applicazioni pratiche, con particolare riguardo a quelle specifiche dell'area meccanica.

È opportuno che lo studente abbia già seguito le discipline: Analisi I, Analisi II, Fisica I, Fisica II, Meccanica razionale.

PROGRAMMA

Idrostatica. Pressione. Pressione nell'intorno di un punto. Equazioni locali di equilibrio. Statica dei fluidi pesanti comprimibili ed incompressibili. Carico piezometrico. Piezometri, manometri metallici e a mercurio, semplici e differenziali. Azioni dei liquidi su superfici. Spinta su superfici piane e curve.

Idrodinamica dei fluidi perfetti e reali. Impostazione del problema da un punto di vista Euleroiano o Lagrangiano. Equazioni dei liquidi perfetti. Teorema di Bernoulli. Estensione alle correnti. Estensione del teorema di Bernoulli ai fluidi comprimibili. Applicazioni ad alcuni processi di efflusso. Moti a potenziale di velocità. Equilibrio relativo; equazioni in condizioni di equilibrio relativo; spinta su superfici in condizioni di equilibrio relativo; teorema di Bernoulli per il moto relativo. Analisi dimensionale. Moto di Navier-Stokes. Moto laminare. Tensioni turbolente e moto turbolento. Tubi lisci, tubi scabri. Indice di resistenza e legame con le velocità medie, locali, massime e d'attrito. Diagrammi risolutivi dei problemi di progetto e verifica. Dipendenza di i da Q e D nei vari regimi. Formule pratiche del moto uniforme. Moto dei fluidi comprimibili in condotti cilindrici. Resistenze localizzate. Perdite di carico per brusche variazioni di direzione e sezione. Cenno di liquidi bifasi. Fluidi non newtoniani. Lunghie condotte e reti di condotte. Problemi idraulicamente indeterminati e criteri di economica. Reti chiuse. Metodo di Cross. Condotte in depressione. Moto vario nelle condotte in pressione.

Moto vario nelle condotte in pressione. Colpo d'ariete nelle condotte adduttrici. Colpo d'ariete negli impianti di sollevamento. Dispositivi d'attenuazione: casse d'aria, influenza del tipo di trasformazione subita dall'aeriforme.

Filtrazione. Legge di Darcy-Ritter e generalizzazione. Moto permanente in falde artesiane e freatiche.

Teoria dei modelli. Modelli simili e distorti. Modelli analogici.

Le misure di portata.

TESTI CONSIGLIATI

De Marchi, *Idraulica*, Ed. Hoepli, Milano, 1986.

Citrini, Nosedà, *Idraulica*, Ed. Ambrosiana, 1975.

Ghetti, *Idraulica*, Ed. Libreria Cortina, Padova, 1980.

Marchi, Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, Ed. Utet, Torino, 1982.

Durante lo svolgimento del corso verranno forniti appunti riguardanti alcuni argomenti svolti a lezione.

MECCANICA RAZIONALE

Prof. Eugenia MARCANTE LONGO
(1° corso)

Dip. di Matematica

Prof. Antonino REPACI (2° corso)

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	48	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso propone i fondamentali fisico-matematici della Meccanica del corpo rigido e dei continui deformabili, con particolare attenzione agli aspetti analitici e applicativi riguardanti l'Ingegneria Meccanica.

Il corso consta di lezioni ed esercitazioni in aula e presso la LAIB.

Nozioni propedeutiche: gli argomenti dei corsi di Analisi matematica, Geometria I e Fisica I.

PROGRAMMA

- Nozioni generali sui modelli matematici della Meccanica.
- Richiami di teoria dei vettori liberi e applicati.
- Introduzione all'algebra e all'analisi tensoriale.
- Cinematica dei moti rigidi: formula fondamentale, angoli di Eulero, teoria dei moti composti, asse di Mozzi, polari, studio di cinematismi piani.
- Elementi di Cinematica dei continui deformabili.
- Statica dei sistemi rigidi: geometria delle masse, tensore d'inerzia, forze, reazioni vincolari, equilibrio, equazioni cardinali della statica con applicazione analitica e grafica.
- Dinamica dei sistemi rigidi: riduzione forze d'inerzia, equazioni cardinali della Dinamica, integrali primi, teorema e integrale primo dell'energia, sistemi olonomi e equazione di Lagrange, metodi analitici e numerici per lo studio di moti e calcolo della reazioni vincolari. Spazio delle fasi, stabilità, vibrazioni libere e forzate.
- Introduzione alle equazioni alle derivate parziali della Fisica matematica. Meccanica dei continui: equazioni costitutive e di bilancio, applicazioni elementari.

TESTI CONSIGLIATI

Saranno indicati dai docenti all'inizio dei corsi.

IN362 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Alberto CARPINTERI

Dip. di Ingegneria Strutturale

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	84	—
Settimanale (ore)	6	6	—

Scopo del corso è quello di introdurre la meccanica dei solidi elastici lineari con le equazioni di equilibrio, di congruenza e costitutive. Tali relazioni vengono dedotte nel caso dei solidi tridimensionali (corpi tozzi), bidimensionali (lastre o piastre) e unidimensionali (travi) e quindi unificate in una formulazione del tutto generale, utile soprattutto per le applicazioni numeriche.

Viene trattata poi la teoria dei sistemi di travi, sotto il duplice aspetto statico e cinematico. L'equilibrio delle strutture isostatiche è interpretato sia sul piano algebrico che su quello grafico ed in tale contesto vengono definite le caratteristiche interne della sollecitazione. La soluzione delle strutture iperstatiche viene proposta in linea generale applicando sia il metodo delle forze (o della congruenza) che quello degli spostamenti (o dell'equilibrio). Quest'ultimo si rivela particolarmente utile per eseguire in maniera automatica il calcolo dei sistemi a molti gradi di iperstaticità.

Vengono analizzati quindi in particolare i telai a nodi fissi e i telai a nodi spostabili con due metodi alternativi: il cosiddetto «metodo dei telai piani» (secondo il quale si svincola la struttura introducendo cerniere in tutti i nodi-incastro), e il Principio dei Lavori Virtuali.

Vengono infine descritti i fenomeni di collasso più frequenti nell'ingegneria strutturale: lo svergolamento, lo snervamento e la frattura fragile.

Il corso comprenderà lezioni ed esercitazioni in aula e laboratorio.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica I e II, Fisica I, Meccanica Razionale.

PROGRAMMA

1. Geometria delle aree: leggi di trasformazione del vettore dei momenti statici e del tensore dei momenti di inerzia per roto-traslazioni del sistema di riferimento; direzioni e momenti principali di inerzia; cerchi di Mohr; simmetria assiale e polare.
2. Cinematica dei sistemi di travi: vincoli piani; maldisposizione dei vincoli; studio algebrico; studio grafico dei sistemi ad un grado di libertà (catene cinematiche).
3. Statica dei sistemi di travi: studio algebrico; dualità statico-cinematica.
4. Sistemi di travi isostatici: determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie, con il Principio dei Lavori Virtuali e con il metodo grafico; curva delle pressioni; caratteristiche interne della sollecitazione; equazioni indefinite di equilibrio per le travi; archi a tre cerniere; travi Geber; strutture chiuse; travature reticolari.
5. Analisi della deformazione: tensore delle deformazioni; dilatazioni e scorrimenti; proiezioni del vettore spostamento; legge di trasformazione del tensore delle deformazioni per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di deformazione; dilatazione volumetrica.
6. Analisi della tensione: vettore tensione; tensore degli sforzi; proiezioni del vettore tensione; legge di trasformazione del tensore degli sforzi per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di tensione; tensori idrostatico e deviatorico; cerchi di Mohr; stato tensionale piano; equazioni indefinite di equilibrio; equazioni di equivalenza al contorno; formulazione matriciale e dualità statico-cinematica; Principio dei Lavori Virtuali.
7. Legge costitutiva elastica: elasticità lineare; isotropia; modulo di Young e coefficiente di

Poisson; problema elastico; equazione di Lamè in forma operatoriale; Teorema di Clapeyron; Teorema di Betti.

8. Criteri di sicurezza: diagrammi tensione-deformazione per materiali duttili e fragili; energia di frattura; Criterio di Tresca; Criterio di von Mises.

9. Solido di Saint Venant: ipotesi fondamentali; sforzo normale; flessione retta; sforzo normale eccentrico; flessione deviata; nocciolo centrale di inerzia; ortogonalità energetica; torsione (sezioni circolari e generiche, sezioni sottili aperte e chiuse); taglio (centro di taglio, trattazione semplificata di Jourawsky, sezione rettangolare, scorrimento medio, sezioni sottili); equazioni di congruenza per le travi; equazione di Lamè per le travi; equazione differenziale della linea elastica; lastre inflesse.

10. Sistemi di travi iperstatici: simmetria ed anti-simmetria; metodo delle forze; iperstaticità assiale; cedimenti elastici; cedimenti anelastici e spostamenti imposti; calcolo automatico dei sistemi a molti gradi di iperstaticità (travature reticolari, telai piani e spaziali, grigliati); metodo degli spostamenti; distorsioni termiche; travi continue; telai a nodi fissi; telai a nodi spostabili; Principio dei Lavori Virtuali (determinazione degli spostamenti nelle strutture isostatiche e risoluzione delle strutture iperstatiche); Teorema di Castigliano; Teorema di Menabrea.

11. Fenomeni di collasso strutturale; instabilità dell'equilibrio elastico (trave rettilinea con varie condizioni di vincolo, portali, limiti di validità della formula di Eulero); collasso plastico (flessione elasto-plastica, cerniera plastica, analisi evolutiva ed analisi-limite di strutture iperstatiche); meccanica della frattura (analisi energetica di Griffith, fattore di intensificazione delle tensioni, effetti di scala).

12. Metodo degli Elementi finiti: Metodo di Ritz-Galerkin; applicazione del Principio dei Lavori Virtuali; matrici di rigidezza locale e globale; dinamica dei solidi elastici e dei sistemi di travi.

TESTI CONSIGLIATI

Per le lezioni si suggerisce la consultazione dei seguenti testi:

M. Capurso, *Lezioni di Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna, 1971.

P. Cicala, *Scienza delle Costruzioni*, Levrotto & Bella, Torino, 1978.

A. Di Tommaso, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Patron, Bologna, 1981.

F. Levi, P. Marro, *Scienza delle Costruzioni*, Levrotto & Bella, Torino, 1986.

Per le esercitazioni saranno utili i seguenti volumi:

A. Carpinteri, *La Geometria delle Masse*, Pitagora, Bologna, 1983.

E. Viola, *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni*, Volumi 1 e 2, Pitagora, Bologna, 1985.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA

(corso ridotto)

Docente da nominare (1° corso)
 Prof. Francesco MARINO (2° corso)

Dip. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
 Chimica

II ANNO
 2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	50	—	—
Settimanale (ore)	4	—	—

Lo scopo del corso è di far conoscere le proprietà di impiego dei materiali più comuni con i quali un ingegnere meccanico dovrà, con ogni probabilità, confrontarsi nel corso della sua carriera professionale; verrà pertanto fornito un quadro, necessariamente non completo, dell'ampia casistica relativa ai materiali per l'ingegneria senza tuttavia troppo addentrarsi nei procedimenti industriali della loro produzione.

Nozioni propedeutiche: è indispensabile la conoscenza delle nozioni impartite nel corso di Chimica.

PROGRAMMA

Proprietà generali dei materiali.
 Proprietà tecnologiche dei materiali.
 Richiami sulle strutture dei solidi.
 Difetti strutturali: vacanze e dislocazioni.
 Diagrammi di stato.
 Acque per usi industriali.
 Combustibili.
 Carburanti e lubrificanti.
 Materiali refrattari.
 Materiali ceramici tradizionali e per tecnologie avanzate.
 Materiali leganti aerei e idraulici.
 Materiali ferrosi: elaborazione dei materiali.
 Materiali metallici a base di rame e di alluminio: elaborazione dei materiali.
 Materiali polimerici termoplastici e termoindurenti; elastomeri.
 Materiali compositi a matrice polimerica, metallica o ceramica.

TESTI CONSIGLIATI

C. Brisi, *Chimica Applicata*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.
 P. Appendino, C. Gianoglio, *Esercizi di Chimica Applicata*, Celid, Torino.

TECNOLOGIA DEI MATERIALI METALLICI

(corso ridotto)

Prof. Donato FIRRAO

Dip. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	40	6	4
Settimanale (ore)	4	—	—

Il corso si propone di fornire le nozioni fondamentali a riguardo dell'influenza della composizione e della struttura delle leghe metalliche sulle relative proprietà meccaniche, in modo da consentire la comprensione dei criteri che bisogna seguire sia nella selezione dei materiali metallici per gli impieghi nelle costruzioni industriali, sia nella scelta dei trattamenti termici più adatti per gli usi a cui essi saranno destinati. Le nozioni impartite costituiscono quindi la base indispensabile per le discipline che si occupano di progettazione e costruzione di macchine.

Per seguire il corso, che si articola in lezioni, esercitazioni in aula e prove in laboratorio, è necessario avere assunto come propedeutiche le nozioni fornite nel corso di Chimica applicata e Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Proprietà generali dei metalli: magnetiche, elettriche, di conducibilità termica, meccaniche fino alla tenacità a frattura (con svolgimento delle relative prove). Cenni di teoria della plasticità. Creep.

Diagrammi di stato dei sistemi metallici.

Trattamenti termici massivi; temprabilità degli acciai; previsione delle caratteristiche meccaniche dopo tempra e rinvenimento.

Trattamenti termici e termochimici superficiali con previsione delle caratteristiche meccaniche in relazione ai differenti parametri di processo.

Classificazioni nazionali e internazionali degli acciai, proprietà specifiche delle varie classi e criteri di selezione. Cicli termici particolari di trattamento termico. Prove di inibitibilità.

Ghise, proprietà e applicazioni.

Leghe di rame e criteri di selezione.

Leghe leggere per deformazione plastica e per fonderia. Classificazioni, criteri di selezione e trattamenti termici specifici.

Cenni di tecnologia di fonderia e di metallurgia delle polveri.

Saldatura e saldabilità delle leghe e riflessi sulle caratteristiche in opera.

Metallografia delle leghe in diverse condizioni metallurgiche.

ESERCITAZIONI

Prove meccaniche sui materiali: trazione, torsione, durezza, resilienza, tenacità, fatica, usura, creep. Metallografia ottica ed elettronica. Frattografia. Prove non distruttive. Prove di temprabilità. Calcoli di previsione delle proprietà meccaniche dei manufatti dopo trattamento termico e termochimico. Molti argomenti verranno illustrati mediante prove in laboratorio.

TESTI CONSIGLIATI

A. Burdese, *Manuale di Metallurgia*, Utet, Torino, 1969.

I. Amato, *Corso di Tecnologia dei materiali metallici*, Esercitazioni, Clut, Torino, 1983.

L. Matteoli, *Corso di Tecnologia dei materiali*, vol. 1 e 2, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1982.

G.E. Dieter, *Mechanical Metallurgy*, McGraw Hill Kogakusha, Tokio, 1976.

TECNOLOGIA MECCANICA - DISEGNO DI MACCHINE I

(corso integrato)

Prof. Raffaello LEVI
Prof. Antonio ZOMPI'

Dip. di Sistemi di Produzione ed Economia
dell'Azienda

III ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	50	60	—
Settimanale (ore)	4	4	—

L'insegnamento, che collega organicamente il corso di Disegno Tecnico Industriale del primo anno al corso di Tecnologia Meccanica del quarto anno, ha lo scopo di integrare le nozioni del disegno tecnico applicate alla rappresentazione degli organi meccanici con quelle relative a componenti e montaggi tipici delle macchine ed ai processi di lavorazione e collaudo utilizzati nella produzione meccanica.

PROGRAMMA

Organi di macchine tipici:

- Cuscinetti radenti, volventi e speciali a basso attrito (idrostatici, pneumostatici, elettromagnetici).
- Trasmissioni mediante flessibili (cinghie, catene) ed ingranaggi; montaggi ed applicazioni tipiche ai cambi di velocità.

Processi di lavorazione (per deformazione e per asportazione di truciolo) per la produzione di pezzi finiti e semilavorati tipici.

- Fonderia, stampaggio, laminazione, estrusione, trafilatura, tranciatura, imbutitura.
- Tornitura, foratura, alesatura, fresatura, kortasatura, brocciatura, rettifica, lappatura e superfinitura.

Tolleranze di lavorazione, dimensionali e geometriche in relazione con i processi di lavorazione, criteri di scelta e condizioni funzionali, metodi di misura.

Metrologia tecnologica: metodi e mezzi per misure dimensionali (lineari ed angolari); dispositivi impiegati su macchine utensili e di misura.

Finitura superficiale e rugosità: designazione in relazione alle lavorazioni meccaniche e rilievo sperimentale.

Schemi delle principali macchine utensili impiegate nelle lavorazioni meccaniche.

Attrito tra superfici metalliche.

Teoria del taglio dei metalli ed applicazione ai principali processi di taglio.

Materiali per utensili, unificazione, tipi e forme; durata, degrado e usura.

ESERCITAZIONI

Disegni di complessivi tipici con particolare riferimento alle macchine utensili. Cicli di lavorazione per organi di macchine, Calcoli relativi alla meccanica dei processi di lavorazione. Rilievo delle caratteristiche meccaniche di materiali metallici. Osservazione dei principali processi di lavorazione meccanica.

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA
NUCLEARE

Profilo professionale

La laurea in ingegneria nucleare, istituita con DPR del 1960, si riferisce in senso lato a tutte le applicazioni pacifiche dei processi nucleari, con particolare riferimento alla produzione di energia ottenuta con reazioni nucleari di fissione o di fusione nucleare.

Si tratta di fenomeni fisici complessi che richiedono sistemi complessi per essere sfruttati in modo sicuro ed economicamente competitivo. Pertanto la formazione dell'Ingegnere nucleare richiede la approfondita conoscenza di numerose discipline, che spaziano dalla matematica, dalla fisica e dalla scienza dei materiali, alla teoria del trasporto, alla termoidraulica e termomeccanica e alla progettazione di componenti e impianti.

Il Corso di laurea in ingegneria nucleare si caratterizza quindi, nell'ambito del settore industriale a cui appartiene, per una spiccata interdisciplinarietà e per l'enfasi posta su metodologie e tecniche sofisticate. L'area culturale dell'ingegneria nucleare è inoltre in profonda trasformazione, contraddistinta da continue innovazioni tecnologiche: si pensi alla fusione nucleare o ai reattori nucleari della prossima generazione. Si richiede quindi all'ingegnere nucleare anche una non comune propensione alla ricerca e allo sviluppo di soluzioni nuove o che non siano state esplorate sotto tutti gli aspetti.

In sintesi nel bagaglio culturale e tecnico dell'ingegnere nucleare devono specificatamente rientrare metodologie e strumenti, forniti dalla fisica nucleare e dei reattori nucleari, dalla termofluidodinamica monofase e bifase, dall'impiantistica e dalle tecnologie nucleari, dalla fisica dei plasmi o dello stato condensato.

Inoltre, data l'importanza dell'affidabilità e della sicurezza degli impianti nucleari per la produzione di energia, acquistano un peso crescente le tecniche di analisi affidabilistica e di valutazione del rischio con approcci sia deterministici che probabilistici, che affrontano a vari livelli i problemi di sicurezza dei singoli componenti e di tutto il sistema per arrivare a determinare la probabilità di guasto e le sue conseguenze. Tali metodologie possono essere applicate a tutte le tecnologie a rischio.

Anche le problematiche connesse con l'impatto ambientale dei sistemi di produzione di energia si sono sviluppate progressivamente nel corso di laurea nel più ampio quadro rappresentato dalle tecniche di valutazione dell'impatto ambientale, anche al fine di un confronto tra le diverse forme di produzione di energia.

Il profilo professionale dell'ingegnere nucleare è pertanto caratterizzato da una solida formazione fisico-matematica e ingegneristica di base, unitamente a conoscenze di tipo specialistico, articolate nei vari indirizzi previsti, che privilegiano gli aspetti metodologici con un approccio interdisciplinare utilizzabile anche in altri campi dell'ingegneria, al fine di un inserimento sia in attività produttive che in strutture in cui viene svolta prevalentemente ricerca applicata.

Insegnamenti obbligatori

Il piano ufficiale degli studi per gli studenti di ingegneria nucleare prevede un certo numero di insegnamenti obbligatori, includendo sia quelli comuni a tutti i corsi di laurea in ingegneria, sia quelli del settore industriale, sia quelli caratterizzanti il corso di laurea in ingegneria nucleare.

La *formazione matematica* deve essere sufficientemente approfondita, per cui agli strumenti matematici, necessari ad ogni ingegnere, forniti negli insegnamenti di *Analisi matematica e Geometria*, occorre aggiungere metodi complementari, per esempio nel

trattamento delle equazioni differenziali alle derivate parziali e nelle funzioni di variabile complessa (*Metodi matematici per l'ingegneria*) e fornire le principali tecniche di calcolo numerico ($1/2$ annualità di *Calcolo numerico*) per un totale di quattro e mezzo unità didattiche. Ad esse si aggiunge una mezza annualità di *Meccanica analitica*, che sviluppa i metodi lagrangiani e hamiltoniani, fornendo altresì i fondamenti di calcolo delle probabilità.

Per quanto riguarda la *Fisica*, tre insegnamenti forniscono, oltre alle basi generali per la comprensione dei fenomeni fisici classici, nozioni di struttura della materia, con elementi di meccanica quantistica, di *Fisica nucleare*, con elementi di fisica dello stato condensato e dei plasmi, per un totale di tre unità didattiche.

Due insegnamenti di *Chimica* trattano i fondamenti generali e le applicazioni, con particolare rilievo per la scienza e tecnologia dei materiali, per un totale di due unità didattiche.

Un insegnamento di *Disegno tecnico industriale* permette la comprensione dei disegni di componenti meccanici, fornendo altresì le principali tecniche di rappresentazione, comprese quelle basate sull'uso del computer (una unità didattica).

La cultura ingegneristica di base richiede cinque insegnamenti nelle aree del calcolo delle strutture (*Scienza delle costruzioni*), della meccanica applicata (*Meccanica applicata alle macchine*), dell'*Elettrotecnica*, con cenni di macchine elettriche, dell'*Elettronica applicata* e della *Termodinamica applicata*, per un totale di cinque unità didattiche.

Completano la formazione ingegneristica gli insegnamenti di *Macchine e Costruzione di macchine* (che dedica ampia parte del corso al calcolo strutturale di componenti soggetti a sforzi termomeccanici) nonché gli insegnamenti di *Istituzioni di economia* (una parte del cui corso è dedicata alla gestione dell'impresa e all'economia delle fonti di energia) e di *Fondamenti di informatica*, che affronta le problematiche relative ai sistemi di elaborazione e alla loro programmazione (con attenzione particolarmente per il linguaggio FORTRAN), per un totale di quattro unità didattiche.

La preparazione professionale specifica nel campo dell'ingegneria nucleare richiede quattro insegnamenti di base, che trattano argomenti essenziali quali la *Fisica dei reattori* e gli *Impianti nucleari*, la *Strumentazione e misure per gli impianti nucleari* e la *Termofluidodinamica*, per un totale di quattro unità didattiche.

Il corso di *Fisica del reattore* è di tipo integrato e si articola in due moduli di *Fisica dei reattori a fissione* e *Fisica dei reattori a fusione*, che hanno lo scopo, rispettivamente, di analizzare i principali metodi fisico-matematici della neutronica applicata, e di fornire gli elementi della teoria fisico-matematica che sta alla base del funzionamento delle macchine per lo studio della fusione nucleare.

Il corso di *Impianti nucleari* è ancora di tipo integrato e accanto ad un modulo che illustra le caratteristiche e il funzionamento degli impianti a fissione comprende un modulo di *Ingegneria dei reattori nucleari a fusione*, che analizza dal punto di vista impiantistico le principali macchine per lo studio della fusione nucleare controllata.

Il corso di *Strumentazione e misure per gli impianti nucleari*, partendo dalla teoria della misura, affronta le problematiche inerenti alla strumentazione usata negli impianti nucleari per la misura di grandezze sia nucleari che non nucleari.

Il corso di *Termofluidodinamica degli impianti nucleari* approfondisce la fluidodinamica e la termocinetica, fornendo le metodologie e gli strumenti di calcolo della meccanica dei fluidi e della trasmissione del calore, con particolare riferimento agli impianti nucleari.

Il quadro didattico proposto comprende quindi discipline rapportabili a 27 insegnamenti, opportunamente raggruppate in 24 unità didattiche, come è mostrato nella tabella riassuntiva seguente.

Quadro degli insegnamenti obbligatori

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	Analisi matematica I Fisica II	Geometria Fisica I Disegno tecnico industriale
2	Analisi matematica II Fisica II Fondamenti di informatica	Metodi matematici per l'ingegneria Meccanica analitica (r) Scienza e tecnologia dei materiali nucleari Calcolo numerico (r)
3	Scienza delle costruzioni Fisica nucleare Termodinamica applicata	Elettrotecnica Meccanica applicata alle macchine Fisica dei reattori a fissione } Fisica dei reattori a fusione } (i)
4	Elettronica applicata Impianti nucleari Ingegneria dei reattori (i) nucleari a fusione Termofluidodinamica degli impianti nucleari I	Macchine 01 02
5	Strumentazione e misure per gli impianti nucleari 03 04	Costruzione di macchine Istituzioni di economia 05

(i) Corso integrato.

(r) Corso ridotto.

01, 02, 03, 04, 05 costituiscono 5 corsi di orientamento

Per completare il curriculum dell'ingegnere nucleare restano cinque unità didattiche caratterizzanti gli orientamenti in cui si articola il Corso di laurea, che approfondiscono le principali problematiche delle aree culturali di maggiore importanza dell'ingegneria nucleare.

Professionalità e Orientamenti

I corsi previsti negli Orientamenti in cui si articola il Corso di laurea in ingegneria nucleare approfondiscono le principali problematiche delle aree culturali di maggiore importanza del settore e rispondono alla esigenze di professionalità richieste.

Orientamento Impiantistico

L'Orientamento Impiantistico è finalizzato alla progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti nucleari di potenza. Viene studiato l'impianto dal punto di vista termofluidodinamico per preparare alla progettazione termoidraulica del nocciolo, sia dei reattori termici che veloci, e dei suoi componenti principali dal punto di vista meccanico strutturale e dell'affidabilità, in condizioni di esercizio e di incidente. Si affrontano inoltre le problematiche dell'impatto ambientale e della protezione e sicurezza connessi all'inserimento dei sistemi energetici nell'ambiente.

La preparazione è finalizzata a svolgere *attività professionale* in settori in cui è richiesta una conoscenza dei moderni metodi di progettazione termoidraulica e termomeccanica, utilizzabili anche per componenti convenzionali, e delle metodologie di valutazione di impatto ambientale.

L'orientamento impiantistico è pertanto caratterizzato anzitutto da corsi rivolti:

- all'approfondimento delle conoscenze impiantistiche, con particolare riguardo per i problemi di sicurezza ed affidabilità (*Impianti nucleari II*),
- all'analisi dei fenomeni termofluidodinamici associati ai deflussi in regime bifase tipici dei reattori ad acqua, ma importanti ai fini del progetto e del corretto esercizio di tutti gli impianti termoelettrici ove il fluido di processo sia soggetto a cambiamento di fase (*Termofluidodinamica degli impianti nucleari II*);
- alla progettazione termoidraulica di componenti e sistemi attinenti all'impiantistica nucleare con riferimento ai reattori termici e veloci e ai reattori a fusione (*Termotecnica del reattore*).

E' prevista quindi, per gli ultimi due insegnamenti, una biforcazione:

- a) il sottoorientamento «Progetto e tecnologie», che comprende insegnamenti rivolti:
 - alla tecnologia dei materiali sia per reattori a fissione che a fusione (*Tecnologie ed applicazioni nucleari*);
 - al calcolo di componenti soggetti a sforzi meccanici e termici (*Progetti e costruzioni nucleari*);
 - all'approfondimento delle metodologie di valutazione del rischio (*Sicurezza e analisi di rischio*);
 - a una migliore conoscenza della fisica e dell'ingegneria dei reattori nucleari a fusione (*Fisica e ingegneria dei plasmi + Ingegneria di reattori a fusione II*);
- b) il sottoorientamento «Sistemi energetici», che prevede insegnamenti rivolti:
 - alla valutazione di impatto ambientale per l'inserimento nel territorio dei sistemi energetici (*Localizzazione dei sistemi energetici*);
 - al controllo e alla regolazione degli impianti nucleari di potenza, inseriti in un sistema energetico complesso (*Dinamica e controllo degli impianti nucleari*);
 - all'analisi delle problematiche di radioprotezione e di sicurezza da un punto di vista più generale (*Protezione e sicurezza negli impianti nucleari*).

La preparazione acquisita è orientata al calcolo, alla progettazione termoidraulica e termomeccanica, all'analisi di sicurezza e affidabilità degli impianti, all'impatto sull'ambiente

e sulla salute dell'uomo.

Orientamento Fisica dei reattori e controllo

L'Orientamento Fisica dei reattori e controllo approfondisce gli aspetti essenziali della Fisica dei reattori e della neutronica applicata, al fine di preparare alla progettazione neutronica dei reattori. Vengono in particolare approfonditi quei problemi, connessi con la dinamica neutronica spaziale, che sono fondamentali per il calcolo della potenza locale nei transistori di incidente. Oltre alla teoria del trasporto neutronico vengono affrontate le problematiche del trasporto di particelle cariche e di radiazione nucleare. Vengono inoltre analizzati i problemi di stabilità, regolazione e controllo degli impianti di potenza nel loro complesso e le metodologie per lo studio del comportamento dinamico dei sistemi complessi.

Questo Orientamento è caratterizzato da insegnamenti destinati a:

- approfondire gli aspetti fisico-matematici della migrazione e moltiplicazione neutronica in condizioni statiche e dinamiche (*Reattori nucleari avanzati*);
- sviluppare le metodologie di calcolo più recenti per l'analisi fisica e la progettazione neutronica dei reattori nucleari a fissione e a fusione (*Metodi matematici per i reattori nucleari*);
- approfondire il controllo e la regolazione degli impianti nucleari di potenza (*Dinamica e controllo degli impianti nucleari*);
- affrontare le tematiche di radioprotezione e sicurezza con particolare riferimento all'impatto radiologico delle centrali e allo schermaggio delle radiazioni (*Protezione e sicurezza negli impianti nucleari*);
- estendere la teoria del trasporto neutronico alle particelle e alla radiazione nucleare (*Trasporto di particelle e di radiazione*);
- completare le conoscenze impiantistiche con particolare riguardo per i problemi di sicurezza e affidabilità (*Impianti nucleari II*);
- approfondire la fisica e l'ingegneria dei reattori nucleari a fusione (*Fisica e ingegneria dei plasmi + Ingegneria dei reattori nucleari a fusione II*).

Questo orientamento si prefigge sia di fornire strumenti per l'analisi e la progettazione nel settore neutronico sia di familiarizzare lo studente con metodologie scientifiche caratteristiche della ricerca tecnologica di vasti settori dell'ingegneria. La preparazione è finalizzata a svolgere *attività professionale* sia nell'industria nucleare che presso industrie a tecnologia avanzata e laboratori di ricerca applicata.

Orientamento Fisico-strumentale

L'Orientamento Fisico-strumentale è indirizzato alla formazione di tecnici e ricercatori in vari settori della fisica applicata e in particolare della fisica del nucleo e degli stati aggregati della materia. Fornisce inoltre una preparazione specialistica nel campo delle radiazioni e della strumentazione nucleare. Vengono approfondite problematiche fisiche dell'energia nucleare da fissione e da fusione e della conversione fotovoltaica dell'energia solare.

E' pertanto caratterizzato da corsi rivolti:

- ad approfondire la preparazione fisico-matematica con argomenti non trattati nei corsi di base (*Fisica matematica, Meccanica statistica*);
- alla utilizzazione della strumentazione basata sulle tecniche della fisica sperimentale (*Strumentazione fisica, Tecniche nucleari di rilevamento ambientale*);
- allo studio di macchine acceleratrici sia dal punto di vista costruttivo che applicativo

(Acceleratori di particelle);

- all'approfondimento della fisica dei plasmi applicata alle macchine per lo studio della fusione nucleare (*Fisica dei plasmi, Fisica e ingegneria dei plasmi + Ingegneria dei reattori nucleari a fusione II*);

- a una migliore comprensione della fisica degli stati aggregati della materia (*Fisica dello stato solido, Fisica degli stati condensati*);

- all'approfondimento della fisica e della tecnologia dei materiali d'uso negli impianti nucleari (*Tecnologie e applicazioni nucleari, Radioattività + Superconduttività*).

L'Orientamento fornisce una preparazione adatta a un *inserimento professionale* nell'industria nucleare, in laboratori industriali e medici e in laboratori di ricerca sia di base che applicata.

Inquadramento delle discipline negli Orientamenti

Seguono le tabelle dei corsi dei tre Orientamenti, che presentano ognuno tre discipline caratterizzanti (indicate con 1-2-3); le altre due discipline (4 e 5) consentono scelte orientate a sviluppare particolari settori.

Orientamento impiantistico

- 1 - Impianti nucleari II
- 2 - Termofluidodinamica degli impianti nucleari II
- 3 - Termotecnica del reattore

a) Progetto e tecnologie

- 4 - Tecnologie ed applicazioni nucleari
- 5 - Progetti e costruzioni nucleari
- 5 - Sicurezza e analisi di rischio*
- 5 - Fisica e ingegneria dei plasmi* (r) +
Ingegneria dei reattori nucleari a fusione II* (r)

b) Sistemi energetici

- 4 - Localizzazione dei sistemi energetici
- 5 - Protezione e sicurezza negli impianti nucleari
- 5 - Dinamica e controllo degli impianti nucleari

Orientamento Fisica dei reattori e controllo

- 1 - Reattori nucleari avanzati
- 2 - Metodi matematici per i reattori nucleari
- 3 - Dinamica e controllo degli impianti nucleari
- 4 - Trasporto di particelle e di radiazione
- 4 - Impianti nucleari II
- 4 - Fisica matematica
- 5 - Protezione e sicurezza degli impianti nucleari
- 5 - Fisica e ingegneria dei plasmi* (r) +
Ingegneria dei reattori nucleari a fusione II* (r)

Orientamento Fisico-strumentale

- 1 - Strumentazione fisica

- 2 - Fisica matematica
- 3 - Meccanica statistica
- 4 - Acceleratori di particelle
- 4 - Fisica dei plasmi*
- 4 - Fisica degli stati condensati*
- 4 - Radioattività (r) + Superconduttività (r)
- 4 - Sorgenti di radiazioni nucleari*
- 5 - Tecnologie e applicazioni nucleari
- 5 - Fisica dello stato solido
- 5 - Strumentazione e tecniche nucleari di rilevamento ambientale*
- 5 - Fisica e ingegneria dei plasmi* (r) +
Ingegneria dei reattori nucleari a fusione II* (r)

* Insegnamento da attivare
(r) Corso ridotto

PROGRAMMI

Seguono, in ordine alfabetico, i programmi degli insegnamenti ufficiali del Corso di laurea in Ingegneria Nucleare, del 1°, 2° e 3° anno.

ANALISI MATEMATICA I

Docente da nominare

Dip. di Matematica

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

72

6

Es.

48

4

Lab.

—

—

Finalità del corso è fornire gli strumenti di base del calcolo differenziale, propedeutici ai corsi della Facoltà di Ingegneria, utilizzando il linguaggio moderno della matematica ed insegnando come affrontare i problemi con rigore e spirito critico.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: le nozioni fondamentali di algebra, di geometria, di trigonometria, secondo i programmi di scuola secondaria superiore.

PROGRAMMA

Teoria degli insiemi: nozioni di base.

Applicazioni fra insiemi: definizione e proprietà.

L'insieme dei numeri reali e l'insieme dei numeri complessi.

Funzioni elementari di variabile reale e di variabile complessa.

Successioni, limiti di successioni.

Le proprietà locali delle funzioni reali di variabile reale: continuità, limiti, derivabilità. Confronto locale di funzioni.

Teoremi fondamentali del calcolo differenziale e le loro applicazioni.

Approssimazione locale di funzioni: formula di Taylor.

Cenni sulla approssimazione globale di funzioni reali di variabile reale.

Ricerca degli zeri di una funzione reale di variabile reale.

Teoria dell'integrazione: definizione di integrale indefinito, proprietà.

Regole di integrazione; l'integrale definito e le sue proprietà.

I teoremi della media; applicazioni numeriche, formula dei trapezi.

Integrazione delle funzioni elementari.

Equazioni differenziali ordinarie

ESERCITAZIONI

Esercizi relativi agli argomenti sviluppati nelle lezioni con applicazioni d'utilizzo di strumenti informatici (LAIB).

TESTI CONSIGLIATI

L. Rodino, *Lezioni di Analisi Matematica I*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1989.

P. Bruno Longo, *Esercizi di Analisi Matematica I*, Ed. Veschi, Milano, 1989.

ANALISI MATEMATICA II

Prof. M. Teresa GALIZIA ANGELI

Dip. di Matematica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	48	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riferimento al calcolo differenziale e integrale in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali ed ai metodi di sviluppi in serie.

Il corso comprende, oltre alle ore di lezione, ore di esercitazione.

Nozioni propedeutiche: si richiede allo studente il possesso dei metodi di calcolo e delle considerazioni di carattere teorico forniti dai corsi di Analisi Matematica I e di Geometria.

PROGRAMMA

Funzioni continue di più variabili.

Calcolo differenziale in più variabili.

Calcolo differenziale su curve e superfici.

Integrali multipli.

Integrali su curve e superfici.

Spazi vettoriali normati e successioni di funzioni.

Serie numeriche e serie di funzioni.

Serie di potenze.

Serie di Fourier.

Equazioni e sistemi differenziali.

ESERCITAZIONI

Parallelamente agli argomenti delle lezioni vengono svolti esercizi in aula ed eventualmente al LAIB.

TESTI CONSIGLIATI

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica II*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, Nuova edizione 1991.

M. Leschiutta, P. Moroni, J. Vacca, *Esercizi di Matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

CALCOLO NUMERICO

(corso ridotto: 0,5 annualità)

Docente da nominare

Dip. di Matematica

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

Annuale (ore)

48

—

16

Settimanale (ore)

4

—

2

Il corso ha lo scopo di illustrare i metodi numerici di base e le loro caratteristiche (condizioni di applicabilità, efficienza sia in termini di complessità computazionale che di occupazione di memoria) e di mettere gli studenti in grado di utilizzare librerie scientifiche (IMSL, NAG) per la risoluzione di problemi numerici.

Prerequisiti: Analisi matematica, Geometria e Algebra, Fondamenti di informatica.

Durata: 48 ore complessive (senza distinzione formale tra lezioni ed esercitazioni).

PROGRAMMA**1. Preliminari:**

- L'aritmetica di un calcolatore e le sue conseguenze nel calcolo numerico. Concetti di condizionamento di un problema e di stabilità di un algoritmo.

2. Risoluzione di sistemi lineari:

- Metodo di Gauss, fattorizzazione di una matrice e sue applicazioni. Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.

3. Autovalori di una matrice:

- Metodi delle potenze e delle potenze inverse. Cenni sul metodo QR per il calcolo di tutti gli autovalori e autovettori.

4. Approssimazione di funzioni e di dati sperimentali:

- Interpolazione con polinomi algebrici (formule di Lagrange e di Newton) e con funzioni splines. Criterio dei minimi quadrati. Derivazione numerica.

5. Equazioni e sistemi di equazioni non lineari:

- Metodo di Newton e sue varianti. Processi iterativi in generale. Problemi di ottimizzazione.

6. Calcolo di integrali:

- Formule di Newton-Cotes. Definizione e proprietà principali dei polinomi ortogonali. Formule gaussiane. Routines automatiche (sia di tipo non adattativo che di tipo adattativo). Cenni sul caso multidimensionale.

7. Equazioni differenziali ordinarie:

- Problemi a valori iniziali: presentazione dei metodi numerici più usati (Runge-Kutta, Adams, BDF).

TESTI CONSIGLIATI

G. Monegato, *Fondamenti di Calcolo numerico*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1990.

A. Orsi Palamara, *Programmare in Fortran 77*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1987.

CHIMICA

Docente da nominare

Dip. di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	85	30	—
Settimanale (ore)	6	2	—

Il corso si propone di fornire le basi teoriche necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi più comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: una di chimica generale alla quale vengono dedicate circa 60 ore di lezione; una di chimica inorganica (circa 20 ore di lezione) ed una di chimica organica (5-10 ore di lezione). Per seguire con profitto il corso sono sufficienti le nozioni di base relative alle leggi generali della chimica, alla simbologia e alla nomenclatura.

PROGRAMMA

Chimica Generale: Sistemi omogenei e sistemi eterogenei. Concetto di fase, di composto, di elemento. Teoria atomico-molecolare. Legge di Avogadro. Determinazione dei pesi atomici e molecolari. Concetto di mole. Calcoli stechiometrici. Nomenclatura chimica. Il sistema periodico degli elementi. L'atomo secondo i modelli classici e quantomeccanici. Interpretazione elettronica del sistema periodico. Fenomeni legati all'emissione delle radiazioni luminose e dei raggi X. Legame ionico, covalente, metallico. Energia reticolare, energia di legame. Grado di ossidazione. Isotopia. Energia di legame dei nucleoni. Radioattività. Fenomeni di fissione e di fusione nucleare. Leggi dei gas. Dissociazione termica. Teoria cinetica dei gas. Calore specifico dei gas. Stato solido. Reticolo cristallino e cella elementare. Difetti reticolari. Soluzioni solide. Stato vetroso. 'Composti' nonstechiometrici. Stato liquido. Equazione di Clausius-Clapeyron. Tensione di vapore delle soluzioni. Fenomeni crioscopici ed ebullioscopici. Pressione osmotica. Energia interna ed entalpia. Effetto termico delle reazioni. Entropia ed energia libera di reazione. Velocità di reazione. Catalisi. Legge dell'azione di massa. Principio dell'equilibrio mobile. Regola delle fasi. Diagrammi di stato ad uno e due componenti. Applicazione della legge delle fasi agli equilibri chimici eterogenei. Soluzioni di elettroliti. Elettrolisi. Costante di ionizzazione. Prodotto ionico dell'acqua. Acidi e basi. pH. Idrolisi. Prodotto di solubilità. Potenziale d'elettrodo. Serie elettrochimica. Tensioni di decomposizione. Potenziali di ossido-riduzione. Cenni di corrosione.

Chimica Inorganica: Proprietà e metodi di preparazione industriale dei seguenti elementi e dei loro principali composti: idrogeno, ossigeno, sodio, rame, calcio, zinco, alluminio, carbonio, silicio, azoto, fosforo, cromo, uranio, zolfo, manganese, alogeni, ferro.

Chimica Organica: Cenni su idrocarburi saturi ed insaturi. Fenomeni di polimerizzazione. Alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, eteri, esteri, ammine, ammidi, nitrili. Benzene e suoi omologhi, fenoli, nitroderivati, ammine aromatiche.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono dedicate all'ampliamento di alcuni argomenti oggetto di lezione, ad esperienze di laboratorio e a calcoli relativi agli argomenti di chimica generale.

TESTI CONSIGLIATI

C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica Generale ed Inorganica*, Levrotto e Bella, Torino, 1983.

M.J. Sienko, R.P. Plane, *Chimica: Principi e proprietà*, Piccin, Padova, 1968.

C. Brisi, *Esercizi di Chimica*, Levrotto e Bella, Torino, 1979.

P. Silvestroni, *Fondamenti di Chimica*, Librerie Eredi Virginio Veschi, Roma, 1984.

L. Rosenberg, *Teoria e applicazioni di Chimica Generale*, Collane Schaum, Etas Kompass, 1974.

M. Montorsi, *Appunti di Chimica Organica*, Celid, Torino, 1987.

DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

Prof. Rita QUENDA

Dip. di Meccanica

I ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

78

6

Es.

26

2

Lab.

26

2

L'insegnamento ha lo scopo di fornire agli allievi le nozioni fondamentali del Disegno tecnico, base della progettazione industriale, nonché le prime indicazioni per il proporzionamento ed il montaggio di elementi e gruppi meccanici utilizzati in particolare nell'industria e negli impianti nucleari.

PROGRAMMA

1. Principi generali di rappresentazione:

- Proiezioni centrali e parallele. Proiezioni ortogonali.

2. Lavorazioni meccaniche:

- Per fusione, per deformazione plastica, per asportazione di truciolo.

3. Quotatura:

- Quotatura funzionale. Quotatura per macchine a controllo numerico.

4. Tolleranze dimensionali:

- Tolleranze di forma e di posizione. Principio del massimo materiale.

5. Rugosità.

6. Unione e collegamenti fra elementi meccanici:

- Filettature, saldature, chiodature. Chiavette, linguette, alberi scanalati.

7. Ruote dentate ad evolvente e rotismi.

8. Cuscinetti:

- A strisciamento, a rotolamento. Criteri di scelta e norme di montaggio.

9. Elementi di disegno assistito:

- Trasformazioni nel piano. Trasformazioni nello spazio. Superfici nascoste. Curve parametriche cubiche. Superfici parametriche bicubiche.

ESERCITAZIONI

Disegni e schizzi di complessi e particolari. Applicazione del programma AutoCAD. Stesura di programmi per trasformazioni geometriche nel piano e nello spazio.

TESTI CONSIGLIATI

L.S. Straneo, R. Consorti, *Il Disegno Tecnico*, Principato, Milano, 1983.

E. Chevalier, E. Chirone, V. Vullo, *Manuale del disegno tecnico*, SEI, Torino, 1981.

M. Orlando, G. Podda, *Lineamenti di disegno automatico*, CLUT, Torino, 1988.

ELETTROTECNICA

Prof. Edoardo BARBISIO

Dip. di Ingegneria Elettrica Industriale

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	40	—
Settimanale (ore)	6	2	—

Scopo del corso è fornire una metodologia per una corretta utilizzazione di macchine ed impianti elettrici, che tenga conto dei problemi di sicurezza dell'operatore e dell'impianto. A tal fine, dopo aver esposto i fondamenti dell'analisi delle reti di bipoli, con accenni ai tripoli e ai doppi bipoli di più frequente impiego, ed aver rivisitato la teoria dei campi di corrente, elettrico e magnetico evidenziando le interconnessioni metodologiche d'approccio, se ne mostra l'impiego nei modelli delle principali macchine e degli impianti di distribuzione dell'energia elettrica. Tali argomenti sono integrati da notizie riguardanti le basilari apparecchiature di comando e di protezione.

Corsi propedeutici consigliati: Analisi matematica I e II, Fisica I e II.

PROGRAMMA

Reti elettriche in regime stazionario e quasistazionario

- Grandezze elettriche fondamentali nei sistemi a parametri concentrati (tensione, corrente, potenza elettrica) e loro proprietà.
- Regimi di funzionamento. Metodo simbolico.
- Concetto di bipolo e reti di bipoli normali in regime stazionario e sinusoidale.
- Potenza istantanea, attiva, reattiva e apparente. Rifasamento. Cenni sugli strumenti di misura.
- Fenomeni transitori elementari.
- Sistemi trifasi: tipologia e caratteristiche.
- Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati: rifasamento, misure di potenza con inserzione Aron.

Aspetti applicativi della teoria dei campi

- Campo di corrente statico: impianti di messa a terra e normative antinfortunistiche, misure sugli impianti di terra. Dimensionamento e protezione delle condutture.
- Campo elettrostatico: rigidità dielettrica e isolamenti, condensatori e cavi.
- Campo elettrico quasistazionario: corrente di conduzione, corrente di spostamento.
- Campo magnetostatico: richiami sulle proprietà dei materiali ferromagnetici dolci e duri.
- Circuiti magnetici. Relé differenziale e sue applicazioni. Magnet permanenti. Cenni sui circuiti magnetici non lineari.
- Calcolo di auto e mutue induttanze nei più comuni componenti elettrici.
- Campi elettromagnetici quasistazionari: forze elettromotrici indotte, definizione del potenziale elettrico.
- Aspetti energetici dei campi elettromagnetici in bassa frequenza: energia immagazzinata, perdite per isteresi e correnti parassite.
- Conversione elettromeccanica. Sistemi a riluttanza: elettromagneti, motori a riluttanza passo-passo.

Elementi di Macchine Elettriche

- Trasformatori monofasi: principi di funzionamento, caratteristiche e loro identificazione, modalità costruttive e di impiego.
- Trasformatori trifasi. Autotrasformatori. Trasformatori di misura.
- Macchine a induzione trifasi. Principi di funzionamento e caratteristiche. Avviamento e regolazione delle velocità.

- Motore a induzione monofase.
- Macchine a corrente continua a collettore. Tipologia e caratteristiche meccaniche. Regolazione di coppia e velocità. Motori a commutazione elettronica (brushless).
- Cenni sulle macchine sincrone.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni integrano le lezioni con particolare attenzione a problemi applicativi della teoria a bipoli e macchine di uso corrente civile ed industriale.

TESTI CONSIGLIATI

P.P. Civalleri, *Elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1982.

G. Fiorio, *Problemi di elettrotecnica*, Ed. Clut, Torino, 1989.

G. Fiorio, I. Gorini, A.R. Meo, *Appunti di elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1984.

FISICA I

Docente da nominare

Dip. di Fisica

I ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	28	4
Settimanale (ore)	6	2	—

Il corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione della meccanica del punto e dei sistemi di particelle, dell'ottica geometrica dei sistemi ottici centrati, della fisica matematica del campo gravitazionale e coulombiano, dell'elettrostatica nel vuoto.

PROGRAMMA

- Sistemi di unità di misura ed equazioni dimensionali.
- Incertezza associata a una misura.
- Cinematica del punto.
- Trasformazione delle grandezze cinematiche con il mutare del sistema di riferimento.
- Trasformazioni di Lorentz.
- Dinamica del punto.
- Attrito statico e dinamico.
- Teorema dell'energia cinetica.
- Leggi di conservazione: energia, quantità di moto, momento angolare.
- Sistemi spazialmente estesi: centro di massa.
- Corpo rigido. Assi principali d'inerzia.
- Leggi di conservazione per sistemi estesi.
- Oscillazioni armoniche.
- Forze non conservative.
- Principi della statica.
- Cenni alla teoria dell'elasticità.
- Statica e dinamica dei fluidi. Equazione di continuità.
- Ottica geometrica e sistemi ottici centrati.
- Concetto di campo: campi conservativi, energia potenziale.
- Campi centrali statici nel vuoto: gravitazionale, coulombiano.
- Conduttori in condizioni statiche: capacità.

ESERCITAZIONI

Comprendono sia una parte teorica, in cui si propongono e risolvono problemi inerenti alla materia esposta nelle lezioni, sia una parte sperimentale, in cui gli studenti affrontano la problematica della misura di grandezze fisiche, valendosi della strumentazione esistente nei laboratori didattici (misura dell'accelerazione di gravità, del periodo del pendolo in funzione della lunghezza e dell'elongazione).

TESTI CONSIGLIATI

- G. Lovera, B. Minetti, A. Pasquarelli, *Appunti di Fisica I*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1977.
 E. Amaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella, *Fisica Generale, Elettromagnetismo, Relatività, Ottica*, Ed. Zanichelli, Bologna, 1986.
 A. Tartaglia *Elettromagnetismo e Ottica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1987.
 C. Mencuccini, V. Silvestrini, *Fisica II, Elettromagnetismo e Ottica*, Ed. Liguori, Napoli, 1988.

FISICA II

Prof. Enrica MEZZETTI

Dip. di Fisica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	82	26	12
Settimanale (ore)	6	2	—

La prima parte del corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione dell'elettromagnetismo nel vuoto e nella materia, della teoria delle onde elettromagnetiche e dell'ottica ondulatoria. La seconda parte è rivolta ai principi fondamentali della fisica atomica. La terza parte è dedicata alla termodinamica.

PROGRAMMA

- Campo elettrico nella materia: dielettrici e conduttori.
- Proprietà di trasporto, corrente elettrica, legge di Ohm, effetti termoelettrici.
- Interazione magnetica.
- Campo magnetico nel vuoto e nella materia: sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche.
- Campi elettrici e magnetici dipendenti dal tempo: legge dell'induzione elettromagnetica, induttanza e cenni ai circuiti RLC, equazioni di Maxwell.
- Onde elettromagnetiche nel vuoto e nella materia.
- Ottica ondulatoria: interferenza e diffrazione.
- Propagazione di onde elettromagnetiche in mezzi anisotropi; polarizzazione della luce.
- Interazione della radiazione elettromagnetica con la materia; descrizione effetto fotoelettrico e Compton.
- Meccanica quantistica: dualismo onda particella, principio di indeterminazione di Heisenberg, nozioni introduttive sull'equazione di Schrödinger e funzione d'onda.
- Emissione spontanea e indotta: laser.
- Termodinamica classica fino all'introduzione dei potenziali termodinamici ed elementi di termodinamica statistica: funzione di partizione.

ESERCITAZIONI

Comprendono sia una parte teorica, in cui si propongono e si risolvono problemi inerenti alla materia esposta nelle lezioni, sia una parte sperimentale, in cui gli studenti affrontano la problematica della misura di grandezze fisiche, valendosi della strumentazione esistente nei laboratori didattici (uso di strumenti elettrici, misure relative a circuiti elettrici, misura di indici di rifrazione, di lunghezze d'onda con reticoli di diffrazione).

TESTI CONSIGLIATI

E. Amaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella, *Fisica Generale: Elettromagnetismo, Relatività, Ottica*, Ed. Zanichelli, Bologna, 1986.

G. Lovera, R. Malvano, B. Minetti, A. Pasquarelli, *Calore e Termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino, 1983.

M.W. Zemansky, *Calore e Termodinamica per Ingegneri*, Ed Zanichelli, Bologna, 1970.

FISICA DEI REATTORI A FISSIONE FISICA DEI REATTORI A FUSIONE (corso integrato)

Prof. Silvio Edoardo CORNO

Dip. di Energetica

III ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	40	—
Settimanale (ore)	6	3	—

La parte del corso relativa ai reattori a fissione si prefigge di chiarire i principi fisici di funzionamento dei reattori nucleari a fissione dal punto di vista del bilancio neutronico, sia in condizioni statiche che dinamiche. I principali metodi fisico-matematici della neutronica applicata vengono analizzati con l'intento di evidenziare il loro effettivo significato fisico e di rendere comprensibili le implicazioni ingegneristiche della teoria nel progetto delle centrali a fissione. L'approccio metodologico vuole essere formativo più che informativo: ciò al fine di permettere che l'allievo sia in grado di affrontare autonomamente tutta una vasta gamma di problemi fisico-matematici caratteristici dell'energetica e, in generale, di svariati campi della ricerca applicata, che sono affini a quelli neutronici. Gli argomenti trattati fanno parte del patrimonio culturale strettamente caratteristico dell'ingegneria nucleare.

La parte del corso relativa ai reattori a fusione si propone di fornire la propedeutica essenziale e i più semplici elementi della teoria fisico-matematica che sta alla base del funzionamento delle macchine con cui si cerca di ottenere la fusione nucleare controllata. Il settore della fusione è tuttora in sviluppo. Per questa ragione il corso è volutamente orientato:

i) alla spiegazione dei principi fisici fondamentali

ii) all'analisi dei metodi matematici più usati in questo settore

iii) alla discussione critica circa l'attendibilità dei modelli approssimati con cui la fisica del problema viene di volta in volta schematizzata.

Sono però anche fornite con ragionevole dettaglio le descrizioni delle più importanti macchine realizzate ed in costruzione per lo studio della fusione nucleare.

Nozioni propedeutiche: Fisica nucleare.

PROGRAMMA

Fisica dei reattori a fissione.

1) Fissione dei nuclei pesanti: Bilancio energetico. Fondamenti concettuali della teoria di una generica reazione a catena. I neutroni come portatori della catena. Classificazione dei reattori a fissione.

2) Diffusione e rallentamento dei neutroni nei mezzi materiali: Equazione di diffusione monocinetica. Moderatori. Rallentamento continuo. Metodi a multigruppi energetici. Cenni al collegamento tra teorie di tipo diffusivo e trasportistico.

3) Teoria della criticità delle strutture moltiplicanti: Interazione tra sorgenti neutroniche e mezzi moltiplicanti. Equazione critica dei reattori omogenei nudi, in diverse approssimazioni. Teoria dell'età alla Fermi. Reattori riflessi e a più zone: transitori spettrali d'interfaccia. Cenni ai due teoremi fondamentali della fisica del reattore.

4) Reattori eterogenei: Necessità ed effetto dell'eterogeneità. Catture in risonanza, moltiplicazioni veloci, utilizzazione termica nei reattori. Strutture ad acqua, a grafite-gas ed a metallo liquido; reattori termici, intermedi e veloci autofertilizzanti.

5) Cinetica delle strutture moltiplicanti: Influenza dei neutroni ritardati. Soluzione delle equa-

zioni dinamiche in diverse approssimazioni. Cenni alle retroazioni di temperatura e di densità del combustibile e del moderatore.

6) Metodi perturbativi nella statica e nella dinamica: Funzione importanza dei neutroni. Applicazioni ad uno e due gruppi energetici.

7) Controllo della reazione a catena: Teoria elementare delle barre di controllo. Nozioni elementari sulla stabilità. Aspetti neutronici della sicurezza intrinseca in reattori a fissione.

Fisica dei reattori a fusione.

1) Fusione dei nuclei leggeri: Tipi di reazioni sfruttabili nell'energetica industriale. Bilanci energetici. Criteri di ignizione.

2) Descrizione delle principali macchine per la fusione nucleare ad alta temperatura.

3) Richiami di elettrodinamica classica.

4) Elementi di fluidodinamica dei continui rarefatti.

5) Trasporto di particelle cariche in presenza di campo elettromagnetico.

6) Formulazione delle equazioni di base della magnetofluidodinamica.

7) Applicazione della fisica dei plasmi nel progetto dei reattori a fusione.

8) Cenni all'equilibrio ed alle instabilità nei plasmi.

9) Cenni ai problemi del riscaldamento dei plasmi ed alla dissipazione di energia radiante.

TESTI CONSIGLIATI

B. Montagnini, *Lezioni di fisica del Reattore nucleare*, Università di Pisa, 1983-88.

Appunti del docente.

Ulteriori letture:

A.M. Weinberg, E.P. Wigner, *The Physical Theory of Neutron Chain Reactors*, The University of Chicago Press., 1958.

A.F. Henry, *Nuclear Reactor Analysis*, MIT Press., Cambridge Mass., 1975.

S. Garg, F. Ahmed, L.S. Kothari, *Physics of Nuclear Reactors*, Tata, Mc Graw Hill P. Co., New Delhi, 1986.

IN173 FISICA NUCLEARE

Prof. Piero QUARATI

Dip. di Fisica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	78	16	10
Settimanale (ore)	6	2	—

Nella prima metà del corso viene introdotta la Meccanica Quantistica. Viene privilegiata una trattazione di tipo fenomenologico ad una trattazione più formale. Le applicazioni ed esercizi riguardano argomenti di importanza istituzionale per la fisica atomica e nucleare e sono rivolti all'apprendimento della fisica dei fenomeni e agli ordini di grandezza delle quantità fisiche misurabili.

Nella seconda parte oltre ad una trattazione degli atomi idrogenoidi e di fenomeni di confine tra fisica atomica e nucleare si introducono le forze nucleari e si trattano modelli della struttura nucleare e di reazioni nucleari utilizzando, ove possibile, i principi fondamentali della fisica classica e quantistica.

PROGRAMMA

La quantizzazione delle grandezze fisiche.

Le leggi della radiazione.

Aspetti ondulatori della materia.

L'equazione di Schrödinger ed applicazioni.

Fondamenti matematici della meccanica quantistica.

L'oscillatore armonico ed applicazioni.

Costanti del moto e leggi di conservazione.

Teoria delle perturbazioni.

Spin.

Particelle identiche e fisica dei molti corpi.

Atomi idrogenoidi.

Atomi esotici.

Le forze nucleari.

Il problema dei due corpi.

Modelli nucleari.

Teoria degli urti.

Reazioni nucleari.

Fissione.

Fusione.

Decadimenti alfa, beta e gamma.

Cenni alle reazioni nucleari di interesse per la fisica del plasma.

Cenni alle particelle elementari; astrofisica e nucleosintesi.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano gli argomenti svolti nel corso e consistono nella risoluzione di problemi e nell'approfondimento di argomenti accennati nelle lezioni.

Esercitazioni di laboratorio: contatore Geiger; misura di raggi γ .

TESTI CONSIGLIATI

K. Krane, *Introduction to Nuclear Physics*, J. Wiley, New York, 1987.W.E. Meyerhof, *Elements of Nuclear Physics*, Mc Graw Hill, New York, 1967.K.N. Mukhin, *Esperimental Nuclear Physics*, MIR, Mosca, 1988.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

Prof. Aldo LAURENTINI

Dip. di Automatica e Informatica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	28	28
Settimanale (ore)	4	2	2

Il corso intende fornire agli allievi una visione sistemistica dei sistemi di elaborazione, attraverso l'analisi delle componenti principali che lo costituiscono (tecnologia, architettura hardware, macro-componenti software).

Obiettivo è quello di dare al futuro ingegnere una visione d'insieme di un sistema di elaborazione, analizzandolo sotto diversi punti di vista, quali:

- la struttura interna; i principi base di funzionamento; i vantaggi e gli svantaggi; i limiti; le applicazioni dei sistemi informativi.

PROGRAMMA

- I fondamenti: sistemi di numerazione; algebra booleana; funzioni logiche; codifica dell'informazione.
- Tecnologia: cenni di tecnologia elettronica (dispositivi, microelettronica, etc.); reti logiche; evoluzione tecnologica.
- L'architettura di un Sistema di Elaborazione: che cos'è un sistema di elaborazione (*hardware e software*); architettura hardware (unità centrale di elaborazione (CPU), memoria centrale, memoria di massa, unità di Ingresso/Uscita, struttura a bus); principi base di funzionamento; varie fasi dell'esecuzione di una istruzione.
- Dispositivi periferici: stampanti; display (tecnologie, grafica 2D e 3D); memorie di massa (nastri magnetici, hard e floppy disk, dischi ottici).
- Il Software: classificazioni (software di base, software applicativo, software di produttività); fasi dello sviluppo di un programma; linguaggi di programmazione (classificazioni, caratteristiche del linguaggio macchina, dell'Assembler e dei linguaggi evoluti, analisi dei linguaggi principali, FORTRAN, PASCAL, C, ADA, cenni sui linguaggi non procedurali, LISP, PROLOG); il ciclo di vita del software; cenni di ingegneria del software.
- Il Sistema Operativo: classificazioni (multi-task, multi-user, real time, etc.); caratteristiche principali di alcuni Sistemi Operativi (MS-DOS, UNIX, VM, VMS, etc.); trattamento di file (organizzazione di un sistema per il trattamento dei file, potenzialità, un caso di studio).
- Software di produttività individuale: caratteristiche generali; classificazioni; fogli elettronici; sistemi per la gestione degli archivi (data base); pacchetti per la grafica; elaborazione di testi ed immagini (desk top publishing).
- Sistemi per la gestione delle basi dati: classificazioni (relazionali, gerarchici, etc.); i linguaggi di interrogazione; il ruolo delle basi di dati nell'organizzazione aziendale.
- L'architettura dei sistemi informativi: le diverse tipologie degli elaboratori (personal, mini, mainframe, etc.) e le loro caratteristiche; i sistemi non convenzionali (architetture vettoriali e/o parallele, etc.); i sistemi distribuiti (multiprocessor, multicomputer, etc.).
- Le reti di calcolatori: le reti geografiche, metropolitane e locali; i mezzi trasmissivi; il software per le reti; reti pubbliche e private; alcuni esempi di reti.
- I sistemi di elaborazione aziendali: criteri di dimensionamento; impatto sulla struttura aziendale; alcuni casi di studio.

TESTI CONSIGLIATI

P. Demichelis, E. Piccolo, *Informatica di base - Fortran 77 e Pascal*, Levrotto & Bella, Torino, 1987. M. Mezzalama, N. Montefusco, P. Prinetto, *Aritmetica dei calcolatori e codifica dell'informazione*, UTET, Torino, 1988. K. Jensen, N. Wirth, *Pascal user manual and report - ISO Pascal Standard*, terza edizione, Springer, New York, 1985. E. Piccolo, E. Macii, *Fondamenti di Informatica: Temi d'esame ed esercizi svolti*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

GEOMETRIA

Docente da nominare

Dip. di Matematica

I ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	48	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso si propone di fornire agli studenti una preparazione di base per lo studio di problemi con l'uso di coordinate in relazione alla geometria analitica del piano e dello spazio. Una parte del corso è anche dedicata al calcolo matriciale, oltre che allo studio delle funzioni di più variabili reali.

Il corso si svolge in lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: si trovano nel corso di Analisi matematica I, con particolare riguardo alle proprietà dei numeri reali e complessi e alle operazioni di integrazione e di derivazione

PROGRAMMA

Vettori liberi ed applicati. Operazioni fondamentali sui vettori ed applicazioni geometriche. Geometria analitica del piano. Coniche come curve del 2° ordine. Altri luoghi geometrici. Geometria analitica dello spazio. Coordinate cartesiane, cilindriche e sferiche. Proprietà generali di curve e superficie. Sfere e circonferenze. Coni e cilindri. Superficie di rotazione e quadriche. Elementi di geometria differenziale delle curve. Curve in forma parametrica. Lunghezza di un arco di curva.

Triedro fondamentale, curvatura e torsione. Applicazioni.

Spazi vettoriali, matrici e sistemi lineari. Sottospazi. Dimensione. Operatori lineari e matrici, con relative operazioni. Risoluzione di sistemi lineari. Autovalori ed autovettori di un operatore lineare. Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. Funzioni di più variabili a valori reali, dominio, limiti. Derivate parziali e direzionali. Gradiente, differenziale. Massimi e minimi relativi.

Funzioni a valori vettoriali e matrice jacobiana.

Applicazioni geometriche: retta tangente a una curva, piano tangente a una superficie.

ESERCITAZIONI

Illustrazione mediante esempi ed esercizi dei vari aspetti del programma.

TESTI CONSIGLIATI

S. Greco, P. Valabrega, *Lezioni di Matematica per allievi ingegneri*, vol. 2 (in due parti), Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1983.

AA.VV., *Esercizi di Geometria*, Ed. Celid, 1985.

MECCANICA ANALITICA

(corso ridotto: 0,5 annualità)

Prof. Franco PIAZZESE

Dip. di Matematica

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	40	20	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso, presentando i fondamenti della meccanica analitica, offre agli studenti un collegamento di natura concettuale fra la meccanica classica e alcuni importanti argomenti della fisica moderna, conducendoli, in particolare, alle soglie della meccanica quantistica e della moderna meccanica statistica.

PROGRAMMA

Richiami sulla meccanica del punto e dei sistemi di punti. Vincoli. Principio dei lavori virtuali ed equazioni di Lagrange. Potenziali dipendenti dalla velocità e funzione di dissipazione. Principio di Hamilton. Deduzione delle equazioni di Lagrange dal principio di Hamilton. Estensione del principio di Hamilton a sistemi non conservativi e non olonomi. Teoremi di conservazione e proprietà di simmetria.

Trasformazioni di Legendre ed equazioni del moto di Hamilton. Teoremi di conservazione e significato fisico dell'hamiltoniana. Deduzione delle equazioni di Hamilton da un principio variazionale (Principio di Hamilton modificato). Principio di minima azione di Maupertuis. Analogia formale con il principio di Fermat dell'ottica geometrica.

Trasformazioni canoniche. Parentesi di Poisson. Trasformazioni canoniche infinitesime, costanti del moto e proprietà di simmetria. Invarianza canonica dell'estensione in fase. Approccio probabilistico: il concetto di ensemble e il teorema di Liouville.

ESERCITAZIONI

Il corso è corredato di esercitazioni in cui vengono proposti esercizi ed applicazioni relativi agli argomenti svolti a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

H. Goldstein, *Classical Mechanics* (2^a edizione), Addison-Wesley, 1980.

H. Goldstein, *Meccanica Classica*, Zanichelli, Bologna. (N.B.: è preferibile la versione inglese, in quanto quella italiana è la traduzione della prima edizione del 1950).

C. Cercignani, *Spazio, tempo, movimento*, Zanichelli, Bologna, 1976.

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Prof. Giovanni JACAZIO

Dip. di Meccanica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

78

6

Es.

52

4

Lab.

—

—

Il corso tratta i problemi relativi alla meccanica del corpo rigido e alla trasmissione della potenza e si suddivide nei seguenti capitoli fondamentali: 1) principi generali di meccanica dei corpi rigidi; 2) componenti impiegati nella trasmissione del moto; 3) dinamica dei sistemi meccanici.

Il corso viene svolto mediante lezioni cattedratiche, esercitazioni (svolgimento di problemi).

PROGRAMMA

Parte I: Meccanica dei corpi rigidi.

Moto di un corpo puntiforme e di un corpo rigido rispetto a sistemi fissi e mobili di coordinate. Proprietà di inerzia dei corpi rigidi. Forze di massa e forze di superficie. Gradi di libertà. Equazioni di equilibrio della dinamica. Lavoro ed energia. Urto fra corpi rigidi.

Parte II: La trasmissione del moto.

Giunti, flessibili, ingranaggi, rotismi, freni, frizioni, cuscinetti e lubrificazione.

Parte III: Vibrazioni meccaniche.

Vibrazioni di sistemi a uno e a più gradi di libertà. Vibrazioni di sistemi a parametri distribuiti. Modi di vibrazione. Vibrazioni casuali. Equilibramento dei sistemi rotanti. Velocità critiche degli alberi.

Parte IV: Servomeccanismi.

La regolazione dei sistemi meccanici. Risposta in frequenza. Stabilità. Principali tipi di servomeccanismi e loro caratteristiche.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella presentazione e risoluzione di problemi di meccanica relativi agli argomenti svolti a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

G. Jacazio, B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1991.

G. Jacazio, B. Piombo, *Esercizi di meccanica applicata alle macchine*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1982.

METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA

Prof. Luciano PANDOLFI

Dip. di Matematica

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

40

—

6

4

—

Il corso si propone di provvedere gli strumenti matematici che risulteranno utili alla comprensione dei corsi successivi.

Il corso prevede lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica I e II, Geometria.

PROGRAMMA

Funzioni di variabile complessa: Funzioni olomorfe; Formula integrale di Cauchy e conseguenze; singolarità isolate; sviluppo di Laurent e residui; principio dell'argomento e teorema di Rouché; trasformate ed antitrasformate di Laplace e di Fourier.

Equazioni a derivate parziali: Equazioni quasilineari del primo ordine; equazioni del secondo ordine omogenee o no; equazioni ellittiche, paraboliche ed iperboliche (esemplificate dall'equazione di Laplace, del calore e delle onde); metodo della separazione di variabili.

Funzioni di Bessel.

Cenni sull'integrale di Lebesgue.

Spazi di Hilbert: Definizioni e proprietà fondamentali; sistemi ortonormali completi e sviluppi in serie; spazi L^2 con peso e polinomi ortogonali; operatori lineari negli spazi di Hilbert.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni verteranno sugli argomenti trattati a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

L. Pandolfi, *Complementi di Analisi Matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1989.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Franco ALGOSTINO

Dip. di Ingegneria Strutturale

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	52	52	—
Settimanale (ore)	4	4	—

Il corso pone le basi per lo studio del corpo deformabile.

Imposta il problema del corpo elastico e presenta la soluzione del problema di De Saint Venant. Vengono studiate principalmente strutture monodimensionali (travi e sistemi di travi). Si imposta infine il problema della stabilità e della non linearità, con trattazione della teoria di Eulero.

Oltre alla impostazione teorica ed analitica dei problemi strutturali, particolare riguardo viene dato alle soluzioni ottenute mediante procedimenti numerici.

Nozioni propedeutiche: Statica nel piano e nello spazio, Geometria delle aree, Analisi Matematica, Calcolo Numerico.

PROGRAMMA

Richiami di Statica e Geometria delle aree.

Analisi dello stato di deformazione: componenti della deformazione, deformazioni principali, equazioni di congruenza.

Analisi dello stato di tensione: equazioni di equilibrio, cerchi di Mohr, tensioni principali.

Equazione dei lavori virtuali. Teoremi energetici.

Leggi costitutive del materiale. Il corpo elastico: la legge di Hooke. Tensioni ideali, limiti di resistenza.

Il problema di De Saint Venant: impostazione generale del problema, flessione deviata, torsione, taglio.

Il principio di De Saint Venant: teoria delle travi.

Travature piane caricate nel loro piano e caricate trasversalmente. Travature spaziali.

Calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti in travature isostatiche ed iperstatiche.

Problemi non lineari con grandi deformazioni. Fenomeni di instabilità. L'asta caricata di punta: teoria di Eulero, l'asta oltre il limite elastico.

ESERCITAZIONI

Consistono in applicazioni della teoria svolta a lezione.

Gli allievi, in gruppi, guidati dal docente, risolvono problemi concreti, ed eseguono elaborati servendosi di personal computers.

TESTI CONSIGLIATI

P. Cicala, *Scienza delle Costruzioni*, vol. 1 e 2, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1984.

G. Faraggiana, A.M. Sassi Perino, *Applicazioni di Scienza delle Costruzioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1986.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI NUCLEARI

Prof. Margherita MONTORSI

Dip. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	20	15
Settimanale (ore)	6	2	—

Il corso verte sullo studio delle proprietà, dei metodi di elaborazione e delle caratteristiche di impiego dei materiali di più comune utilizzazione nella pratica della ingegneria nucleare.

Nozioni propedeutiche: è indispensabile la conoscenza della chimica generale ed inorganica e di alcune nozioni fondamentali di chimica organica, nonché dei concetti base della Fisica. Esami propedeutici: Chimica, Fisica I.

PROGRAMMA

Acqua per uso industriale. Determinazione e metodi di abbattimento della durezza. Degassazione. Deionizzazione con resine scambiatrici. Metodi di depurazione per distillazione. Acque di rifiuto.

Combustione e combustibili.

Sistemi omogenei. Metodi di separazione fondati sulla distillazione frazionata, cristallizzazione, scambio ionico.

Sistemi eterogenei. Diagrammi di stato binari e ternari.

Materiali ceramici di uso industriale. Refrattari.

Vetro e vetroceramici.

Leganti idraulici. Cemento Portland, pozzolanico e d'alto forno. Il calcestruzzo. Normative di legge.

Materiali ferrosi. Diagramma di stato ferro-cementite e ferro-grafite. Caratteristiche meccaniche degli acciai. Trattamenti termici e trattamenti di indurimento superficiale. Acciai speciali. Ghise da getto. Normativa UNI.

Leghe di rame e di alluminio.

Polimeri termoplastici e termoidurenti.

Materiali nucleari. Combustibili e mezzi fertili. Produzione del biossido di uranio. Refrigeranti. Materiali per controllo e schermatura.

Reprocessing del combustibile per via umida e per via secca.

Stoccaggio delle scorie radioattive.

ESERCITAZIONI

Calcoli numerici e illustrazione di prove di laboratorio riguardanti gli argomenti sopra elencati.

LABORATORI

Saggi analitici e tecnologici su acque, combustibili, lubrificanti, materiali leganti, leghe metalliche, materiali nucleari.

TESTI CONSIGLIATI

C. Brisi, *Chimica Applicata*, Levrotto & Bella, Torino, 1988.

TERMODINAMICA APPLICATA

Prof. Paolo GREGORIO

Dip. di Energetica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	56	8
Settimanale (ore)	4	4	—

Il contenuto del corso è ripreso dal capitolo sulla Termodinamica dell'insegnamento tradizionale della Fisica Tecnica presso questa Facoltà, opportunamente ampliato ed adattato alle esigenze del Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare. Gli argomenti trattati stabiliscono tutti i fondamenti della termodinamica di base ed alcuni elementi delle applicazioni ingegneristiche della termodinamica avanzata ed hanno inoltre funzione propedeutica ai corsi successivi del triennio (in particolare Macchine, Termocinetica, Termoidraulica bifase, ecc.). Il corso comprenderà lezioni di tipo tradizionale, esercitazioni individuali grafiche e di calcolo ed alcune esperienze di laboratorio.

Nozioni propedeutiche: Analisi I e II, Fisica I e II.

PROGRAMMA

Introduzione: natura della termodinamica, relazione con la meccanica classica, temperatura, calore e legge «0», scale di temperatura, il principio di stato, lavoro, proprietà termodinamiche, leggi fondamentali della termodinamica, gas ideale. *Richiami ed applicazioni del Primo Principio della termodinamica.* Sostanze pure e cambiamenti di stato: proprietà delle sostanze pure, evaporazione, proprietà del vapore umido (regioni di saturazione), stati metastabili, rappresentazioni grafiche (diagrammi di Clapeyron, Gibbs e Mollier). *Analisi energetica dei sistemi aperti:* bilanci energetici e convenzioni di segno, il sistema chiuso, il sistema aperto, il volume di controllo, sommario dei casi speciali di sistemi aperti, il coefficiente di Joule-Thomson. *Richiami alle nozioni di base sul secondo principio della termodinamica:* secondo principio, enunciato secondo Kelvin-Planck e secondo Clausius, processi reversibili e cicli, temperatura termodinamica, equazione di Clausius, definizione macroscopica dell'entropia, principio dell'incremento di entropia, entropia di una sostanza pura, variazione di entropia per un gas ideale, il ciclo di Carnot, il secondo principio per i sistemi aperti, interpretazione microscopica dell'entropia. *Lavoro disponibile ed analisi dei processi:* concetto generale, sistemi aperti interagenti con una o più capacità termiche in condizioni di moto stazionario, sistemi chiusi soggetti a trasformazioni finite e cicliche, analisi dei processi per sistemi aperti e sistemi chiusi, rappresentazioni grafiche. *Equazioni di stato e relazioni generali:* preliminari matematici, funzioni di Helmholtz e Gibbs, l'equazione dell'energia, le relazioni di Maxwell, entalpia, energia interna ed entropia, relazioni tra calori specifici, l'equazione di Clausius - Clapeyron, equazioni di stato, proprietà dei gas reali. *Miscela di aria e vapor d'acqua:* la legge di Gibbs - Dalton, proprietà energetiche delle miscele, saturazione adiabatica, la carta psicrometrica, processi di condizionamento dell'aria, torri di refrigerazione. *Cicli:* considerazioni generali, cicli a vapore, deviazioni dai cicli teorici, analisi dei cicli, compressori di gas, cicli delle macchine a combustione interna (Otto, Diesel, Stirling), cicli delle macchine con turbine a gas, analisi exergetica dei cicli, cicli inversi a vapore, la pompa di calore, cicli inversi ad assorbimento. *Termodinamica dei processi irreversibili:* leggi fenomenologiche e loro applicabilità, relazioni di reciprocità di Onsager, flusso termico e generazione entropica, fenomeni termoelettrici (effetto Seebeck, Peltier, Thomson), circuiti termoelettrici. *Conversione diretta dell'energia:* celle a combustibile, dispositivi termoelettrici e termoionici, generatori magnetoidrodinamici. *Irraggiamento:* Leggi fondamentali e corpo nero, fattori di for-

ma, corpi grigi, analogia elettrica, irraggiamento solare, effetti sulle proprietà termodinamiche e di trasporto.

ESERCITAZIONI

Esercizi di calcolo su tutti gli argomenti trattati, esercitazioni di calcolo e grafiche sui cicli, con particolare riferimento a quelli utilizzati negli impianti nucleari, alcune esercitazioni di laboratorio.

TESTI CONSIGLIATI

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di Fisica Tecnica*, vol. 2, Levrotto & Bella, Torino, 1981.

P. Gregorio, *Esercizi di Fisica Tecnica*, 2 voll., Levrotto & Bella, Torino, 1990.

P. Gregorio, *Fisica Tecnica: temi d'esame svolti*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

