

POLITECNICO DI TORINO
FACOLTÀ DI INGEGNERIA



GUIDA AI PROGRAMMI
DEGLI INSEGNAMENTI
DEI CORSI DI LAUREA

ANNO ACCADEMICO 1986-87

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA
RIPRODUZIONE VIETATA

Composizione e stampa:
Edizioni C.E.L.I.D. - Via Piobesina 27 - Tel. (011) 350173

Coordinamento e redazione:
Costantino Mori, Elena Dell'Amelina

A CURA DEL C I D
CENTRO DI SERVIZI INTERDIPARTIMENTALE DI DOCUMENTAZIONE

POLITECNICO DI TORINO
FACOLTÀ DI INGEGNERIA



GUIDA AI PROGRAMMI
DEGLI INSEGNAMENTI
DEI CORSI DI LAUREA

ANNO ACCADEMICO 1986-87

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA
RIPRODUZIONE VIETATA

Composizione e stampa

Editrice C.E.L.I.D. - Via Filadelfia 57 - Tel. (011) 350.172

Coordinamento e redazione:
Costantino Mori, Elena Dall'Armellina

INDICE

	Pagina
Premessa	7
Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica	11
Corso di Laurea in Ingegneria Chimica	73
Corso di Laurea in Ingegneria Civile	135
Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica	215
Guida alla preparazione dei Piani di Studio Individuali	
Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica	313
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica	373
Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria	461
Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare	525
Indice alfabetico degli insegnamenti	575
Indice alfabetico dei docenti	588

Questo volume presenta, per ogni Corso di Laurea, il profilo del Corso di Laurea e le caratterizzazioni dei suoi indirizzi; i programmi degli insegnamenti ufficiali del Biennio e del Triennio; due elenchi alfabetici, degli insegnamenti (comprendenti anche il nome del relativo docente) e dei docenti.

Poiché la decisione dell'Ateneo e recentissima non è stato possibile approfondire ed definire ulteriormente questa sezione. Si ritiene tuttavia che i suggerimenti per la costituzione di organici e coerenti percorsi didattici, elaborati dal Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica e inseriti tra il profilo del Corso di Laurea e l'elencazione dei programmi, possano costituire un'indicazione significativa in questa direzione.

INDICE

7	.....	.....
11	.....	.....
73	.....	.....
132	.....	.....
213	.....	.....
213	.....	.....
272	.....	.....
481	.....	.....
523	.....	.....
572	.....	.....
582	.....	.....

ATTENZIONE: TUTTI I DIRITTI RISERVATI
REPRODUCTION PROHIBITED

Copyright © 1977 by McGraw-Hill, Inc.
All rights reserved. Printed in the United States of America.

McGraw-Hill, Inc.
1221 Avenue of the Americas, New York, N.Y. 10020

Questo volume presenta delle variazioni, rispetto alle *Guide ai Piani di studio e programmi degli insegnamenti* pubblicate dal CID negli scorsi anni accademici, di cui riteniamo doveroso rendere conto.

Tali guide si articolavano in due volumi rivolti rispettivamente agli studenti del Biennio e del Triennio. Per consolidata tradizione ogni volume conteneva tutte le informazioni necessarie alla compilazione dei piani degli studi degli otto Corsi di Laurea della Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino ed era realizzato in modo da consentire a ciascun studente di valutare e organizzare consapevolmente il proprio percorso didattico.

Per l'anno accademico 1986/87 è stata scelta dal CID, discussa e condivisa dai presidenti dei Corsi di Laurea, unire in un unico volume le notizie relative al Biennio e al Triennio, sia in coerenza all'assetto dei Corsi di Laurea, sia per fornire a tutti gli studenti la più ampia informazione possibile.

È stata invece scelta dall'Ateneo sperimentare una diversa organizzazione del materiale informativo scindendo nettamente, in due parti separate e complementari, le indicazioni di tipo normativo, derivate da norme di legge e da disposizioni locali deliberate dal Senato Accademico, dal Consiglio di Amministrazione e dal Consiglio della Facoltà, dalle informazioni sulle finalità e sui contenuti disciplinari dei Corsi di Laurea. Le prime, comprendenti in particolare le indicazioni relative ai Piani ufficiali degli studi e ai criteri di approvazione dei Piani di studio individuali, vengono quindi riportate esclusivamente nella *Guida dello studente* pubblicata a cura della Segreteria Studenti.

Questo volume conserva perciò la funzione di introduzione alla conoscenza delle scelte/offerte didattiche della Facoltà e di guida all'organizzazione di curricula formativi, riportando per ogni Corso di Laurea:

- a) un breve profilo del Corso di Laurea e le caratterizzazioni dei suoi indirizzi;
- b) i programmi degli insegnamenti ufficiali del Biennio e del Triennio;
- c) i due elenchi alfabetici, degli insegnamenti (comprendenti anche il nome del relativo docente) e dei docenti.

Poiché la decisione dell'Ateneo è recentissima non è stato possibile approfondire ed affinare ulteriormente questa funzione. Si ritiene tuttavia che i suggerimenti per la formazione di organici e coerenti percorsi didattici, elaborati dal Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica e inseriti tra il profilo del Corso di Laurea e l'elencazione dei programmi, possano costituire un'indicazione significativa in questa direzione.

Questo volume presenta delle variazioni rispetto alla Guida al Corso di studio e programmi degli insegnamenti pubblicati dal CID negli anni precedenti, di cui riteniamo doverosa rendere conto.

Per i corsi di Ingegneria in due volumi (volumi rispettivamente agli studenti del 1° anno e del Triennio). Per corrispondere meglio alle esigenze contenute nelle informazioni necessarie alla composizione dei piani degli studi degli otto Corsi di Laurea della Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino ed era redatto in modo da consentire a ciascun studente di valutare e organizzare convenientemente il proprio percorso didattico.

Per l'anno accademico 1986-87 è stata scelta dal CID, l'Ingegneria e costituita dai presidenti dei Corsi di Laurea, anche in un unico volume le notizie relative al Bando e al Triennio, sia in materia di corso del Corso di Laurea, sia per fornire a tutti gli studenti la più ampia informazione possibile.

È stata invece scelta dall'Ateneo sperimentale una diversa organizzazione del materiale informativo scindendo nettamente, in due parti separate e complementari, le indicazioni di tipo normativo, derivante da norme di legge e da disposizioni locali dell'Ente del Senato Accademico, dal Consiglio di Amministrazione e dal Corso della Facoltà, dalle informazioni sulle finalità e sui contenuti didattici dei Corsi di Laurea. Le prime, comprendenti in particolare le indicazioni relative ai Piani ufficiali degli studi e ai criteri di approvazione del Piano di studio individuali, vengono quindi riportate esclusivamente nella Guida dello studente pubblicata a cura della Segreteria Studenti.

Questo volume concerne perciò la funzione di interazione con conoscenza delle scelte operative didattiche della Facoltà e di guida all'organizzazione di ciascuna facoltà, riservando per ogni Corso di Laurea:

1) un breve profilo del Corso di Laurea e le caratterizzazioni dei suoi indirizzi;

2) i programmi degli insegnamenti ufficiali del Biennio e del Triennio;

3) i due elenchi di elettivi, degli insegnamenti (comprensivi anche di nome del relativo docente) e dei docenti.

Poiché la decisione dell'Ateneo è recentissima non è stato possibile approfittarne ed offrire ulteriormente questa funzione. Si ritiene tuttavia che i programmi per la formazione di organismi e percorsi didattici elaborati dal Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica e Ingegneria Meccanica e Ingegneria Industriale, possano costituire un'informazione significativa in questo discorso.

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA
AERONAUTICA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AERONAUTICA

Il Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica è quinquennale, e oltre agli insegnamenti obbligatori per tutte le Lauree in Ingegneria (Analisi matematica I, Geometria I, Fisica I, Chimica, Disegno, Analisi matematica II, Fisica II, Meccanica razionale) prevede quali insegnamenti obbligatori: Disegno meccanico, Chimica applicata, Elettrotecnica, Scienza delle costruzioni, Meccanica applicata alle macchine, Fisica tecnica, Aerodinamica, Motori per aeromobili, Costruzioni aeronautiche, Aeronautica generale, Gasdinamica, Tecnologie aeronautiche, Macchine, Costruzioni di macchine, Progetto di aeromobili.

Agli insegnamenti predetti si aggiungono 6 insegnamenti i quali costituiscono «indirizzo».

Gli indirizzi da prevedersi nel piano ufficiale degli studi sono stati recentemente oggetto di rielaborazione. Essi sono sette: Produzione, Gestione, Strutture, Aero-tecnica, Aerogasdinamica, Propulsione, Sistemi.

Il Corso di Laurea si ispira sostanzialmente ad un triplice punto di vista nel presentare la complessa materia dell'Ingegneria Aeronautica: la progettazione, la produzione e la gestione tecnica del mezzo aereo, con riferimenti agli aspetti economico-energetici di tali punti.

Vengono forniti nel complesso i fondamenti matematici, fisici e metodologici necessari e un corpo di conoscenze teoriche, sperimentali, pratiche e sulla normativa vigente, ritenuti necessari per un ingegnere che debba occuparsi nei settori precedentemente elencati, sia in attività tipiche dell'attuale livello della tecnica sia in programmi di sviluppo in ambito nazionale di tale livello.

Per costituire il gruppo di 6 insegnamenti di estensione annuale costituenti l'indirizzo si devono utilizzare quelli elencati nell'art. 21 o nell'art. 31 dello Statuto oppure insegnamenti obbligatori per altri Corsi di laurea della Facoltà. Attualmente si prevede di impiegare i seguenti: Calcolo numerico e programmazione, Impianti meccanici, Impianti di bordo, Economia dei sistemi aerospaziali, Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche, Tecnologia meccanica, Complementi di matematica, Costruzione di motori per aeromobili, Costruzioni aeronautiche II, Progetto di Aeromobili II, Strutture aeromissilistiche, Aerodinamica sperimentale, Dinamica del volo, Eliche ed elicotteri, Sperimentazione di volo, Fisica dei fluidi e magnetofluidodinamica, Aerodinamica II, Fluidodinamica delle turbomacchine, Gasdinamica II, Meccanica delle vibrazioni, Tecnica degli endoreattori, Regolazioni automatiche, Strumenti di bordo, Elettronica applicata all'aeronautica, Meteorologia (semestrale) e Navitazione aerea (semestrale), Aeroelasticità.

PROGRAMMI

Seguono in ordine alfabetico, i programmi degli insegnamenti ufficiali del Corso di Laurea.

Degli insegnamenti ufficiali di altro Corso di Laurea, ma previsti nel piano individuale, è riportato il solo elenco alfabetico con i relativi riferimenti:

- IN273** Meccanica delle vibrazioni
vedi Corso di laurea in Ingegneria Meccanica
- IN565** Tecnica della Programmazione
vedi Corso di laurea in Ingegneria Elettrotecnica

ESERCITAZIONI

Di laboratorio, con piccola galleria del vento velocistica.

In aula, mediante il calcolo numerico, eventualmente con l'impiego di tabelle numeriche.

LAVORI STORICI

Studio del laboratorio di aerodinamica - Modulo Prandtl ed eventuale presenza a prove effettuate sui grandi impianti.

LIBRI CONSIGLIATI

Aspetti di aerodinamica, a cura di M. Cervelli, Ediz. Tecnica, 1962.

Hughes & Carothers, Aerodynamics for Engineering Students, Arnold, London, 1974.

Acker & Van Driessche, Theory of Wing Sections, Dover, New York, 1975.

Pan, Elements of Aerodynamics of Supersonic Flow, MacMillan, New York, 1954.

N.B. Alcuni corsi non riportano correttamente l'anno o l'indirizzo. L'informazione per più volte richiesta agli interessati non è pervenuta.

PROGRAMMI

Secondo in ordine alfabetico, i programmi degli insegnamenti ufficiali del Corso di Laurea.
I programmi ufficiali di altri Corsi di Laurea, nei limiti del piano studi, è riportato il solo titolo alfabetico con i relativi riferimenti.

- 19173 Meccanica delle vibrazioni
vedi Corso di laurea in Ingegneria Meccanica
- 19185 Tecnica della Programmazione
vedi Corso di laurea in Ingegneria Elettronica

IN003 AERODINAMICA

Prof. Vincenzo QUORI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	40	16
Settimanale (ore)	6	4	—

Scopo del corso è fornire le nozioni fondamentali sulla meccanica dei fluidi e indicare i principali metodi per effettuare i calcoli aerodinamici che interessano l'Ingegneria Aeronautica, in particolare la determinazione delle proprietà aerodinamiche dei profili alari, dei solidi di rotazione e delle ali di allungamento finito, sia in corrente subsonica sia in corrente supersonica.

Le lezioni sono integrate da esercitazioni analitiche, numeriche e sperimentali. Nozioni propedeutiche: è sufficiente avere seguito i normali corsi del biennio.

PROGRAMMA

Considerazioni generali sul moto di un corpo in un mezzo fluido. Azioni meccaniche sul corpo. Coefficienti adimensionali di forza e di momento; loro dipendenza dai numeri di Reynolds e di Mach. Cenni sullo strato limite. Correnti incompressibili non viscoso. Equazioni di continuità, quantità di moto ed energia cinetica.

Correnti incompressibili piane. Campi di moto semplici. Funzioni di variabile complessa e loro proprietà. Metodo delle trasformazioni conformi per lo studio del campo attorno ad un profilo alare. Teorema di Kutta-Joukowski. Teoria approssimata dei profili sottili e poco curvi. Correnti incompressibili spaziali. Campo attorno a un solido di rotazione sottile. Ali di apertura finita di grande e piccolo allungamento: teorie di Prandtl e di Jones.

Correnti compressibili: equazioni di continuità, quantità di moto, energia ed entropia. Velocità del suono. Grandezze di arresto e critiche. Direzioni e linee caratteristiche e loro proprietà. Correnti subsoniche piane linearizzate e non linearizzate. Piano odografico e sue proprietà. Onde d'urto rette e oblique. Studio di getti e profili alari supersonici. Resistenza d'onda.

ESERCITAZIONI

Di laboratorio: con piccola galleria del vento subsonica.

In aula: analitiche e di calcolo numerico, eventualmente con l'impiego di tabelle numeriche.

LABORATORI

Visita del laboratorio di aeronautica «Modesto Panetti» ed eventuale presenza a prove effettuate sui grandi impianti.

TESTI CONSIGLIATI,

Appunti di aerodinamica, a cura di M. Cervelli, Celid, Torino, 1982.

Houghton & Carruthers, *Aerodynamics for Engineering Students*, Arnold, London, 1974.

Abbot & Von Doenhoff, *Theory of Wing Sections*, Dover, New York, 1958.

Ferri, *Elements of Aerodynamics of Supersonic Flows*, MacMillan, New York, 1954.

IN004 AERODINAMICA II

Prof. Maurizio PANDOLFI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerogasdinamica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

6

Es.

28

—

Lab.

—

—

Nel corso vengono trattati i moti di fluido compressibile non viscoso non stazionari e stazionari supersonici. Dapprima vengono studiate le equazioni differenziali di tipo iperbolico, mettendo in evidenza il carattere ondoso di tali flussi. Successivamente vengono forniti elementi per il calcolo numerico atto a fornire la loro previsione. Infine sono tesi codici numerici di tipo applicativo e svolte esperienze di carattere numerico.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: è necessaria l'assimilazione dei concetti forniti nei corsi di Aerodinamica e Gasdinamica.

PROGRAMMA:

Equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo iperbolico.

Problemi unidimensionali non stazionari e bidimensionali stazionari supersonici. Caratteristiche, onde, domini di dipendenza, invarianti. Onde d'urto, superficie di discontinuità. Condizioni al contorno. Metodo delle caratteristiche.

Campi conici stazionari supersonici.

Problemi multidimensionali. Superficie caratteristiche e cono di Mach.

Formulazioni non conservative e conservative.

Integrazione numerica con metodi alle differenze finite in problemi iperbolici. Schemi di integrazione ed accuratezza.

Stesura di codici numerici. Esperienze numeriche e confronti dei risultati con quelli ottenuti con procedure analitiche.

ESERCITAZIONI

Parte di queste viene svolta con un calcolatore PDP11.

IN005 AERODINAMICA SPERIMENTALE

Docente da nominare

DIP. di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerogasdinamica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	50	50	10
Settimanale (ore)	—	—	—

Finalità dell'insegnamento sono: l'acquisizione dei principi e dei metodi per la osservazione scientifica di fenomeni naturali, artificiali o misti. Documentazione e Sperimentazione, senza e con l'ausilio di strumentazioni; una ricerca, su tema proposto dall'Allievo, comprendente osservazione e sperimentazione.

Nozioni propedeutiche: la Fisica, riesaminata criticamente nei suoi principi, nei suoi metodi e nelle sue strumentazioni fondamentali.

PROGRAMMA:

Definizioni e convenzioni: il fenomeno, i fattori influenti. Misure: sistemi di misura, analisi dimensionale scalare e vettoriale. Analogie e similitudine tra fenomeni, leggi di similitudine e loro limiti.

Fenomeni reali e loro riproduzione in laboratorio e con modelli. Impianti sperimentali per ricerche fluidodinamiche. Strumenti: principi generali ed esempi di attuazione; rilevamento ed analisi di strumenti.

Strumenti tipici per la fluidodinamica.

Metodi di visualizzazione di flussi.

Gli errori nella osservazione e nella sperimentazione; classificazione ed analisi degli errori: da effetto dell'impianto sperimentale, da procedimento, da una singola misura, da un complesso di misure; ripetibilità o non delle misure; fenomeni storici.

Criteri generali per la riduzione degli errori e la previsione dei comportamenti al vero.

Moti nell'ambiente atmosferico: fenomeni di trasporto, diffusione, mescolamento, accumulo.

Azioni fluidodinamiche su: terreni, vegetazioni, strutture, veicolo.

ESERCITAZIONI

Rivelamento ed analisi di uno strumento acquisito dall'Allievo: impostazione e sviluppo di una ricerca sperimentale su tema proposto dall'Allievo.

LABORATORI

Rilevamento di impianti di laboratorio e partecipazione a prove in corso.

TESTI CONSIGLIATI

Claude Bernard, *Introduzione allo studio della medicina sperimentale*, Ed. Feltrinelli UE 672.

R.C. Pankhurst - D.W. Holder, *Wind tunnel technique*, Ed. Pitman.

Langhaar, *Dimensional Analysis and Theory of models*, Ed. J. Wiley.

Huntlet, *Dimensional analysis*, Ed. Mac Donald & C. London.

IN574 AEROELASTICITÀ

Prof. Gianfranco CHIOCCHIA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerodinamica - Strutture

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

84

8

Es.

28

2

Lab.

—

—

L'obiettivo del corso è quello di fornire:

- una comprensione fisica adeguata dei principali fenomeni legati all'interazione tra le correnti d'aria non stazionarie e le strutture elastiche;*
- una metodologia di base per la schematizzazione di tali fenomeni e la loro rappresentazione mediante equazioni;*
- la conoscenza dei principali metodi analitici e numerici per trattare le suddette equazioni;*

Materie propedeutiche: Aerodinamica, Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata.

PROGRAMMA

Definizione e classificazione dei fenomeni aeroelastici. Diagrammi funzioni ed operatori aeroelastici. Cenno sui problemi aerotermoelastici.

Galloping nelle strutture aeronautiche e non.

Richiami di elastomeccanica: travi a sbalzo, centro di taglio ed asse elastico. Coefficienti e funzioni di influenza. Matrici di influenza.

Problemi aeroelastici statici. Divergenza torsionale. perdita e inversione d'effetto delle superfici di comando. Divergenza flessionale nei missili.

Metodi per la soluzione delle equazioni aeroelastiche. Collocazione diretta e scrittura matriciale. Uso delle coordinate generalizzate. procedimenti di Galerking e di Rayleigh-Ritz. Procedimenti di soluzione numerica.

Aerodinamica instazionaria dei profili alari. Equazioni generali, potenziale delle accelerazioni nel moto vario. Scia non permanente dietro al profilo e relazione tra vorticità aderente e vorticità di scia. Portanza e momento risultante nel moto vario. Moto oscillatorio armonico traslatorio e rotatorio del profilo: soluzione di Küssner e Schwarz. Flusso intorno al profilo all'avviamento e intorno al profilo investito da una raffica.

profilo oscillante in corrente comprimibile. Equazione integrale di Possio.

Flutter: descrizione e interpretazione fisica del problema. Estrazione dell'energia da una corrente fluida. Flutter bidimensionale: equazioni di stabilità e loro soluzioni. Studio parametrico nei casi sub e supersonico. Cenni sul flutter dell'aereo complessivo, delle eliche e delle palette di turbina.

Flutter di stallo. Whirl. Flutter nei rotori degli aerei V-STOL. Buffeting. Buz transonico. Vibrazioni di sistemi liberi nello spazio. Cenno sui problemi non lineari.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sui metodi di calcolo e sulla loro applicazione diretta a strutture aeronautiche.

TESTI CONSIGLIATI

R.L. Bisplinghoff - H. Ashley, *Principles of Aeroelasticity*, Dover Publ., 1962.Y.C. Fung, *An introduction to the Theory of Aeroelasticity*, Dover Publ., 1962.M.W. Försching, *Grundlagen der Aeroelastik*, Springer, 1974.

IN006 AERONAUTICA GENERALE

Prof. Attilio LAUSETTI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	56	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso si propone di fornire le cognizioni fondamentali necessarie al calcolo delle caratteristiche di volo a regime, della autonomia, delle capacità di carico, degli spazi e tempi di decollo e atterramento, della stabilità e della manovrabilità longitudinale laterale e direzionale, del volo manovrato e in raffica nonché del comportamento in vite dei velivoli ad elica e a getto.

Si premettono alcune lezioni di statica dell'atmosfera, di aerostatica, e di aerodinamica sperimentale indispensabili per una facile comprensione degli argomenti fondamentali del corso.

Si trattano anche brevemente i più importanti problemi relativi alla scelta e alla determinazione delle rotte.

Nozioni propedeutiche: aerodinamica, meccanica applicata.

PROGRAMMA:

Atmosfera: esplorazione dell'Atmosfera, troposfera e stratosfera, variazione della temperatura e della pressione con la quota; studio teorico dell'atmosfera in riposo: atmosfera ideale isoterma, adiabatica, politropica, aria tipo internazionale; livellazione barometrica, formula di Laplace, riduzione di barogrammi in aria tipo.

Aerostatica: aerostato ideale a volume o a peso di gas costante, plafond, uso della zavorra, dominio statico della quota, regimi di pressione nello interno dell'aerostato, conseguenza delle variazioni di temperatura e di pressione sulla salita e discesa dell'aerostato; dirigibili floschi, semirigidi, rigidi, cenni costruttivi, caratteristiche di volo a regime, autonomia con o senza vento, mezzi per diminuire il consumo di gas leggero, uso di combustibili gassosi, pregi e difetti del dirigibile.

Prestazione dei velivoli: forze e momenti aerodinamici, polare dell'ala, polare del velivolo; equazione generali del moto uniforme del velivolo, il volo librato, polare delle velocità, velocità limite, velocità minima di sostentamento con e senza ipersostenatori, spinte necessarie al volo; caratteristiche di impiego del turboreattore, caratteristiche di volo del turbogetto, tempi di salita, quota di tangenza teorica e pratica; potenza necessaria al volo a quota zero e alle diverse quote, assetto di potenza minima e di minima consumo chilometrico; il motore d'aeroplano, variazione della potenza con la quota; geometria dell'elica, calettamento, passo geometrico ed aerodinamico, avanzamento per giro, formule di Rénard, diagrammi dell'elica, teoria impulsiva dell'elica, teorema di Froude; potenze disponibili con elica e passo fisso e con elica a passo variabile a numero di giri costante, coppia di reazione e coppia giroscopica dell'elica, nomogramma di Eiffel, nomogramma di Rith, adattamento dell'elica al velivolo, turboelica, potenze disponibili equivalenti, determinazione sperimentale della polare del velivolo delle prove di volo; resistenza e trazioni durante la fase di rullaggio, assetto ottimo di rullaggio, spazio di decollo del velivolo terrestre, atterramento su ostacolo, mancato decollo, norme ICAO sul decollo, portanza e resistenza ododinamica degli scafi di idrovolante, spazio e tempo di decollo dell'idrovolante, consumi di combustibile durante le operazioni di decollo, salita fino alla quota di crociera, discesa, avvicinamento, atterraggio; autonomia del velivolo ad elica in aria calma, diagramma di utilizzazione, momento di trasporto, indice di consumo chilometrico, influenza del vento sull'autonomia, il volo ad efficienza costante, diagramma di marcia; autonomia e durata dell'aviogetto, determinazione sperimentale delle condizioni di autonomia massima, il volo ad assetto costante. Lossodromie e ortodromie: studio

volo ad assetto costante. Lossodromie e ortodromie: studio e scelta delle rotte.

Stabilità: Equilibrio e stabilità statica longitudinale del velivolo, stabilità del tutt'ala, del senza coda e del velivolo normale con coda, stabilità a comandi liberi e bloccati, posizioni limiti posteriori e anteriori del baricentro, momento di cerniera, compensazione delle superfici mobili, influenza dell'elica e delle prese d'aria sulla stabilità; effetto diedro, momenti di rollio e imbardata dell'ala a diedro negli assetti deviati, valutazione pratica dell'effetto diedro complessivo del velivolo; manovra degli alettoni, velotà angolare di rollio a regime, fase transitoria, influenza della deformazione elastica dell'ala - velocità di inversione degli alettoni; stabilità e manovrabilità direzionale a comandi liberi e bloccati, trazione asimmetrica.

Moti non uniformi: volo non uniforme nel piano di simmetria, raggio minimo di curvatura, fattore di contingenza, traiettorie ondulate Lanchester, diagramma di manovra ICAO; moti curvi del velivolo, virata piatta, virata corretta, raggio minimo di curvatura, momenti processionali di inerzia nella virata, instabilità pendolare, instabilità spirale; il volo in aria agitata, raffica istantanea, raffica graduale, rilievi sperimentale sul raffica, diagramma di raffica ICAO; l'autorotazione e suo studio sperimentale, la vite, la velocità verticale di discesa, caduta in vite, equilibrio al beccheggio, esperienze su modelli in volo libero, avvistamento simmetrico, manovre per entrare ed uscire dalla vite.

ESERCITAZIONI

Seguono passo a passo gli argomenti del corso con esercizi di carattere numerico.

TESTI CONSIGLIATI

A. Lausetti - F. Filippi, *Elementi di Meccanica del Volo*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

A. Lausetti, *L'atmosfera in quiete*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

A. Lausetti, *Lossodromie e Ortodromie*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

IN458 ANALISI MATEMATICA I

Prof. Anna Rosa SCARAFIOTTI ABETE DIP. di Matematica

I ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	84	56	—
Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA	Settimanale (ore)	6	4	—

Finalità del corso è fornire gli strumenti di base del calcolo differenziale, propedeutici ai corsi della facoltà di Ingegneria, utilizzando il linguaggio moderno delle 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 definito, proprietà.

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

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

Integrazione delle funzioni elementari.

Sistemi dinamici discreti, sistemi dinamici continui, equazioni differenziali ordinarie.

ESERCITAZIONI

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

TESTI CONSIGLIATI

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

A.R. Scarafiotti, *Appunti alle lezioni di analisi matematica I*, Clut, Torino, 1980.

A.R. Scarafiotti, *14 settimane di Analisi I*, Levrotto & Bella, Torino, nuova edizione, 1985-86.

IN461 ANALISI MATEMATICA II

Prof. Paola MORONI

DIP. di Ingegneria Matematica

II ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

80

56

—

Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

Settimanale (ore)

6

4

—

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riferimento all'integrazione in più dimensioni, alla risoluzione delle equazione 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:

1. Integrazione di funzioni di più variabili. Nozione di misura di un insieme e di integrale di una funzione. Formule di cambiamento di variabile. Solidi di rotazione.
2. Integrale di una funzione definita su una curva o una superficie. Superficie di rotazione.
3. Forme differenziali lineari. Nozione di forma esatta e di integrale di linea di una forma. Teorema di Green.
4. Campi vettoriali nello spazio. Rotore e divergenza di un campo. Flusso di un campo attraverso una superficie orientata. Teoremi di Gauss e Stokes.
5. Equazioni differenziali: esistenza e unicità della soluzione del problema di Cauchy. Alcune equazioni particolari. Equazioni e sistemi differenziali lineari; proprietà delle soluzioni; caso dei coefficienti costanti.
6. Serie numeriche: proprietà e criteri di convergenza.
7. Serie di funzioni. Diversi tipi di convergenza e criteri relativi. Serie di potenze; raggio di convergenza. Sviluppi di Taylor e Mac Laurin. Applicazioni al calcolo approssimato di integrali e alla risoluzione di equazioni differenziali.
8. Serie di Fourier. Proprietà e criteri di convergenza; esempi di analisi armonica.

ESERCITAZIONI

Parallelamente agli argomenti delle lezioni vengono svolti esercizi in aula e/o (se possibile) su calcolatore.

TESTI CONSIGLIATI

- P. Buzano, *Lezioni di matematica per allievi ingegneri*, vol. 3, Levrotto & Bella, Torino, 1976.
 Leschiutta - Moroni - Vacca, *Esercizi di matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.
 H.B. Dwight, *Tables of integrals and other mathematical data*, The Mac Millan Company, 1961.

IN041 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Prof. Giovanni MONEGATO

DIP. di Matematica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi - Propulsione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez. Es. Lab.

80 50 —

6 4 —

Il corso ha lo scopo di preparare gli allievi soprattutto alla risoluzione numerica di modelli matematici con i mezzi del calcolo automatico. Gli allievi vengono inoltre addestrati alla programmazione scientifica con il linguaggio Fortran.

Nel corso vengono affrontati i temi fondamentali del calcolo numerico e la programmazione scientifica con il linguaggio Fortran.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni e laboratorio (uso del calcolatore).

Nozioni propedeutiche: corsi di analisi matematica I e II e di geometria.

PROGRAMMA

Rappresentazione dei numeri e operazioni aritmetiche in un calcolatore.

Errori, condizionamento di un problema e stabilità numerica di un algoritmo.

Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Metodo di Gauss, fattorizzazione LU e Choleski.

Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.

Calcolo degli autovalori e autovettori di matrici: metodi delle potenze e potenze inverse, trasformazioni di similitudine (Householder), caso delle matrici tridiagonali simmetriche.

Approssimazione di funzioni e di dati. interpolazione polinomiale e funzioni spline. Metodo dei minimi quadrati.

Derivazione numerica.

Calcolo delle radici di equazioni: metodi di bisezione, secanti, Newton; metodi iterativi in generale.

Alcuni metodi per la risoluzione di sistemi di equazioni non lineari.

Integrazione numerica: formule di Newton-Cortes e Gaussiane. Polinomi ortogonali.

Equazioni differenziali ordinarie. Problemi con valori iniziali: metodi one-step e multistep.

Sistemi Stiff. Problemi con valori ai limiti: metodi alle differenze e shooting.

Equazioni differenziali alle derivate parziali: metodi alle differenze e dei residui pesati; cenni sui metodi degli elementi finiti.

ESERCITAZIONI

Breve presentazione degli elaboratori elettronici. Linguaggio Fortran. Analisi ed implementazione dei metodi numerici presentati nelle lezioni. Risoluzione di problemi.

LABORATORI

Un elaboratore elettronico è a disposizione (quotidianamente) degli studenti per la messa a punto e sperimentazione dei programmi di calcolo realizzati.

TESTI CONSIGLIATI

Dispense del docente.

Ralston, Rabinowitz, *A first course in numerical analysis*, McGraw Hill, 1978.

Abete Scarafiotti - Palamara Orsi, *Programmare in Fortran*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.

IN048 CHIMICA APPLICATA

Prof. Fedele ABBATTISTA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

II ANNO (*)

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

30

3

Lab.

10

—

Studio delle proprietà, dei metodi di elaborazione e delle caratteristiche di impiego dei materiali di più comune utilizzazione nella pratica ingegneristica.

Nozioni propedeutiche: è indispensabile la conoscenza della chimica generale e inorganica e di alcune nozioni fondamentali di chimica organica, nonché dei concetti di base della fisica.

PROGRAMMA

Caratteristiche sui combustibili e calcoli sulla combustione-caratteristiche e metodi di elaborazione dei principali combustibili solidi, liquidi e gassosi. Lubrificanti. Regola delle fasi e teoria dei diagrammi di stato binari e ternari. Materiali ceramici e refrattari, vetro e fibre di vetro, vetroceramiche. Materiali ferrosi, elaborazione della ghisa e dell'acciaio. Trattamenti termici e indurimento superficiale degli acciai. Ghise da getto. Metallurgia dell'alluminio e sue leghe principali. Metallurgia del rame e caratteristiche fisico-meccaniche delle principali leghe. Metallurgia del magnesio e caratteristiche di alcune sue leghe. Materie plastiche: polimeri e polimerizzazione. Principali resine termoplastiche e termoindurenti.

ESERCITAZIONI

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

LABORATORI

Saggi analitici e tecnologici sui combustibili, lubrificanti e materiali metallici.

TESTI CONSIGLIATI

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

(*) *Insegnamento del triennio anticipato al biennio.*

IN464 CHIMICA

Prof. Cesare BRISI

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
ChimicaI ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	45	—
Settimanale (ore)	6	3	—

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).

Il corso prevede 90 ore di lezione, 40 ore di esercitazione, 10 ore di proiezioni didattiche. 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 ed eterogenei. Concetto di fase, di composto, di elemento. Leggi fondamentali della chimica. Teoria atomico-molecolare. Legge di Avogadro. Determinazione dei pesi atomici e molecolari. Concetto di mole. Calcoli stechiometrici.

Il sistema periodico degli elementi. Il modello atomico di Bohr. L'atomo secondo la meccanica quantistica. Interpretazione elettronica del sistema periodico. I raggi X.

Legame ionico, covalente, metallico. Legami intermolecolari. 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. legge di Graham. Calore specifico dei gas.

Lo stato solido. Reticolo cristallino e cella elementare. Difetti reticolari. Soluzioni solide.

Lo stato liquido. Equazione di Clausius-Clapeyron. Tensione di vapore delle soluzioni. Crioscopia. 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 a 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. Soluzioni tampone. Potenziale d'elettrodo. Serie elettrochimica. Tensioni di decomposizione. Potenziali di ossido-riduzione.

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 e insaturi e derivati alogenati; alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, 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. Esse vengono integrate dalla proiezione di film didattici.

TESTI CONSIGLIATI

- C. Brisi - V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto & Bella, Torino.
- M.J. Sienko - R.A. 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. Rosemberg, *Teoria e applicazioni di chimica generale*, Collane Schaum, Etas Kompass.

IN493 COSTRUZIONE DI MACCHINE

Prof. Antonio GUGLIOTTA

DIP. di Meccanica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Lez. Es. Lab.

Annuale (ore)

60 56 4

Settimanale (ore)

4 4 —

Il corso ha lo scopo di fornire i criteri per il calcolo ed il progetto di organi di macchine fondamentali. Si illustrano le ipotesi di rottura statica, il calcolo a fatica, il calcolo a fatica, il calcolo con la meccanica della frattura. Si introduce infine l'allievo al metodo degli elementi finiti illustrando le applicazioni a calcolatore, in modo da fornire una preparazione di base utile ad ulteriori approfondimenti.

IL corso si svolgerà principalmente con lezioni ed esercitazioni, integrate con applicazioni a calcolatore.

Nozioni propedeutiche: Scienza delle costruzioni, Disegno meccanico, Meccanica applicata, Tecnologia meccanica.

PROGRAMMA

Richiami dello stato di tensione: tensioni e direzioni principali, cerchi di Mohr nello spazio. Ipotesi di rottura, materiali fragili e duttili. Effetti d'intaglio. Sollecitazioni statiche ed a fatica, fatica cumulativa, diagrammi e curve master. Meccanica della frattura: tensione applicata e lunghezza della cricca, piani di controllo.

Calcoli di resistenza di collegamenti smontabili. Molle, giunti, innesti, freni ed arresti.

Fondamenti e risultati della teoria di Hertz. Calcolo dei cuscinetti a sfere ed a rulli. Applicazione della teoria della lubrificazione ai cuscinetti a strisciamento. Supporti portanti e di spinta. Calcolo e progetto delle ruote dentate normali e corrente.

Metodo matriciale di rigidezza per il calcolo strutturale.

Metodo degli elementi finiti a spostamenti assegnati: fondamenti per il calcolo statico e dinamico.

ESERCITAZIONI

Esercizi applicativi. progetto di massima di un gruppo meccanico.

LABORATORATI

Applicazioni a calcolatore del metodo degli elementi finiti.

TESTI CONSIGLIATI

R. Giovannozzi, *Costruzione di Macchine*, vol. 1, Ed. Patron, Bologna.

Gola - Gugliotta, *Introduzione al calcolo strutturale sistematico*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

IN097 COSTRUZIONE DI MOTORI PER AEROMOBILI

Prof. Giancarlo GENTA

IST. di Costruzione di Macchine

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Propulsione - Strutture

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

60

4

Lab.

—

—

Il corso si propone di mettere gli allievi in grado di verificare e progettare le parti principali di un motore aeronautico, alternativo o a turbina. L'allievo deve già conoscere la parte termodinamica e fluidodinamica del motore.

Il corso si svolgerà principalmente con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: costruzione di macchine.

PROGRAMMA

Velocità critiche e frequenze proprie flessionali e torsionali.

Oscillazioni accoppiate.

Metodo di Stodola. Metodo di Myklestad per il calcolo delle velocità critiche e delle frequenze proprie flessioni di palette e pale di eliche e di elicotteri svergolate e non. Velocità critiche e frequenze proprie di sistemi con massa distribuita con metodi analitici ed energetici. Frequenze proprie e oscillazioni forzate torsionali di sistemi con masse distribuite e concentrate. Oscillazioni accoppiate. Teoria e applicazioni degli smorzamenti.

Calcolo delle tensioni e deformazioni di elementi di motori a turbina. Tensioni e deformazioni in pale e palette. Linea elastica pseudostatica. Raffreddamento delle palette, tensioni termiche, scorrimenti e durate.

Dischi rotanti. Equazioni generali. Soluzioni analitiche e numeriche. Dischi funzionanti in campo elastoplastico, progetto dei dischi, durata.

Cenni sulco alcolo a flessione e sulle vibrazioni dei dischi.

Calcolo delle tensioni e deformazioni in elementi di motori alternativi.

Caratteristiche funzionali e costruttive di motori aeronautici.

Affidabilità: manutenzione e revisione dei motori, tempo medio fra le avarie.

ESERCITAZIONI

Consistono in calcoli di verifica e progetto di elementi di motori. Tensioni centrifughe e termiche nei dischi. Velocità critiche, frequenze proprie torsionali di un gruppo turbina compressore.

TESTI CONSIGLIATI

R. Giovannozzi, *Costruzione di macchine*, vol. 2, Ed. patron, Bologna, 1980.

R. Giovannozzi, *Costruzione e progetto di motori*, Levrotto & Bella, Torino, 1951.

IN101 COSTRUZIONI AERONAUTICHE

Prof. Piero MORELLI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

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

Il corso intende dare agli allievi: a) nozioni generali su diversi tipi di aeromobili (in particolare, dei velivoli) con riferimento alle loro caratteristiche d'impiego e conseguenti scelte architettoniche; b) nozioni di calcolo strutturale elementare del velivolo nel suo complesso e delle sue parti; c) descrizione delle strutture dei velivoli, dei loro impianti e delle loro installazioni.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni in aula.

Nozioni propedeutiche: Scienza delle Costruzioni; nozioni basilari di erodinamica tecnica (caratteristiche aerodinamiche dei profili alari, delle ali e delle aliche) e di meccanica del volo (prestazioni del velivolo, stabilità e manovrabilità).

PROGRAMMA

Parte introduttiva: rassegna di velivoli tipici (aeroplani, idrovolanti, anfibi, alianti, STOL, VTOL, velivoli sperimentali).

Parte strutturale: condizioni di carico in volo e al suolo, poste a base del calcolo strutturale; materiali aeronautici e loro caratteristiche rilevanti ai fini del calcolo strutturale; complementi di scienza delle costruzioni sulla flessione torsione e taglio di strutture a parete sottile (a guscio e semiguscio), instabilità elastica generale, locale e torsionale delle aste compresse; instabilità elastica dei pannelli soggetti a compressione e a taglio; verifiche strutturali degli attacchi a sforzi concentrati.

Parte descrittiva: ala, alettoni, ipersostentatori, aerofreni, impianti antighiaccio; fusoliera, collegamenti ala-fusoliera; impennaggi, compensazione aerodinamica, equilibramento statico e dinamico delle superfici di governo, organi di comando - alette; installazione dei gruppi motopropulsori; organi per l'involo e l'arrivo: carrelli - scafi e galleggianti; impianto oleodinamico ed elettrico, impianti di condizionamento e pressurizzazione delle cabine.

ESERCITAZIONI

Il corso è integrato da una serie di esercitazioni di disegno di parti strutturali di un velivolo e di calcolo strutturale.

TESTI CONSIGLIATI

Lausetti, *Aeroplani, loro strutture e installazioni*, Levrotto & Bella, Torino.
 Rivelli, *Theory and Analysis of Flight Structures*, McGraw Hill.
 Bruhn, *Analysis and Design of Flight Vehicle Structures*, Tri-State Offset Co.
 Vallat, *Résistance des Matériaux Appliquée à l'Aviation*, Beranger.
 Sechler & Dunn, *Airplane Structural Analysis and Design*, Dover.

IN103 COSTRUZIONI AERONAUTICHE II

Prof. Giuseppe SURACE

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Strutture

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

52

4

Es.

30

2

Lab.

—

—

Lo scopo principale del corso è quello di insegnare agli studenti come affrontare il calcolo delle strutture aeronautiche ed aerospaziali utilizzando i metodi moderni di indagine.

Si ritiene consigliabile la frequenza a chi sia interessato a problemi statici e dinamici di strutture complesse variamente sollecitate.

Troveranno un completo inserimento quegli studenti che hanno spiccate attitudini alla scienza delle costruzioni, alla matematica applicata e alla programmazione.

Nozioni propedeutiche: Scienza delle costruzioni, Calcolo numerico e programmazione, Matematica applicata, Costruzioni aeronautiche, Aerodinamica.

PROGRAMMA

Il programma si articola nella trattazione e nello svolgimento per esteso dei seguenti punti fondamentali: Algebra matriciale. Analisi statica delle strutture aerospaziali con il metodo degli elementi finiti. Meccanica delle vibrazioni lineari dei sistemi elastici ad $1, 2, n$ gradi di libertà e fenomeni connessi. Analisi dinamica delle strutture aerospaziali con il metodo degli elementi finiti: frequenze proprie e analisi modale, analisi di strutture autoeccitate (flutter), risposta dinamica. Fenomeni aeroelastici statici. Strutture sandwich. Problemi di criticità nello studio aeroelastodinamico dei pannelli. Effetti sull'uomo.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nello svolgimento di alcuni problemi strettamente connessi con gli argomenti trattati nelle lezioni e nello sviluppo monografico di almeno una tesina.

TESTI CONSIGLIATI

G. Surace - M. Pandolfi, *Teoria e tecnica delle vibrazioni; parte I: Le vibrazioni meccaniche; parte II: Le vibrazioni aeroelastiche*, Clut.

J.B. Przemieniecki, *Theory of Matrix structural Analysis*, McGraw Hill.

Zienkiewicz, *The Finite Element Method*, McGraw Hill.

Shapiro, *Principles of helicopter Engineering*, Temple Press Limited.

IN098 COSTRUZIONE DI MOTORI PER MISSILI

Prof. Antonio GUGLIOTTA

DIP. Meccanica

ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

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

Il corso si propone di individuare ed approfondire alcuni aspetti fondamentali della progettazione e del calcolo di elementi di motori per missili a propellenti solidi e liquidi, cond ati sulle caratteristiche funzionali e risultati di prove sperimentali di laboratorio e di prove pratiche.

A completamento dei risultati delle teorie vengono volti calcoli pratici al fine di mettere in evidenza le difficoltà di progetto e per dare un'idea dei valori effettivi dei parametri.

Al termine del corso gli allievi dovrebbero acquisire una buona conoscenza dei problemi generali inerenti il progetto degli elementi di motori per missili e dei punti critici riguardo la struttura dei medesimi.

PROGRAMMA

- 1) Descrizione delle caratteristiche costruttive dei motori per missili a propellenti solidi e liquidi e dei loro componenti ausiliari; camere di combustione, iniettori, pompe di iniezione, valvole di pressione e di protata, serbatoi.
- 2) Criteri di progetto degli elementi dei motori per propellenti liquidi; parametri di calcolo delle pompe, degli iniettori, delle valvole e delle camere di combustione.
- 3) Calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni delle camere di combustione dei motori a propellenti liquidi, sollecitazioni e deformazioni delle paistre di iniezione dei gusci laterali cilindrici e conici; condizioni al contorno ed ai punti di staffaggio; calcolo delle sollecitazioni dei gusci tenendo conto delle sollecitazioni elasto-plastiche prodotte dalla pressione dei gas e dai gradienti di temperatura.

ESERCITAZIONI

Esercitazioni rpatiche di calcolo di sollecitazioni e deformazioni di camere di combustione con ausilio di calcolatore elettronico.

TESTI CONSIGLIATI

M. Gola - A. Gugliotta, *Calcolo strutturale sistematico*, Levrotto & Bella, Torino.

M. Barrere, *La propulsion par fusée*, Dunod, 1950.

A. Mendelson, *Plasticity: theory and application*, McMillan Company, New York, 1968.

A. Robotti, *Motori per missili*.

Naca Reports.

IN110 DINAMICA DEL MISSILE

Prof. Carlo GRILLO PASQUARELLI DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

II ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	84	—	—
Aerospaziale	Settimanale (ore)	6	—	—

Il corso ha per oggetto lo studio delle traiettorie dei principali tipi di missili (balistici, alati, spaziali) spinti da un propulsore, oppure senza spinta, tenendo conto di eventuali imperfezioni dei missili stessi e delle operazioni di lancio, di azioni o disturbi esterni ecc., per poter determinare le correnti necessarie i programmi di guida.

PROGRAMMA

1. Il primo problema balistico.

1.1. Senza propulsore.

1.2. Con propulsione, caso ideale del missile perfetto e senza errori di lancio.

2. Il secondo problema balistico.

2.1. Dispersione. Traiettorie nel vuoto, senza stabilizzazione, tenendo conto della gravità, dei disassamenti delle spinte e degli errori di lancio.

2.2. Missili stabilizzati con impennaggi. Equazioni del moto propulso. Funzioni caratteristiche. Effetti del vento. Riduzione degli errori mediante una lenta rotazione assiale. Equazioni generali del moto senza spinta. Traiettorie di missili lanciati da un aereo in volo.

2.3. Missili a stabilizzazione giroscopica. Equazioni del moto propulso. Funzioni caratteristiche. Equazioni generali del moto senza spinta. Casi particolari. Condizioni di stabilità alla nutazione e alla precessione.

3. Missili alati.

3.1. Equazioni del moto. Stabilità di volo. Manovrabilità.

3.2. Diversi metodi di inseguimento di un bersaglio nobile.

3.3. Accenno ai problemi di guida: il missile come elemento di un servomeccanismo. Funzioni di trasferta.

4. Traiettorie spaziali.

4.1. Campi gravitazionali e traiettorie kepleriane.

4.2. Traiettorie kepleriane con partenza e ritorno sulla Terra rotante, senza atmosfera.

4.3. Traiettorie interplanetarie. Sfera di attività di un pianeta.

4.4. Traiettorie Terra-Luna (problema dei tre corpi ristretto).

4.5. Appuntamento in orbita.

4.6. Uscita e rientro nell'atmosfera terrestre.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella risoluzione numerica di particolari problemi di definizione di traiettorie ideali e di valutazione degli errori.

— Errori di lancio da una base fissa.

— Traiettorie di missili balistici stabilizzati con impennaggi, lanciati da terra e da un aereo in volo.

— Traiettorie di missili balistici con stabilizzazione giroscopica.

— Traiettorie di un missile intercontinentale (I.C.B.M.).

— Orbite sincrone intorno alla Luna.

— Traiettorie di Hohmann dalla Terra a un altro pianeta e fuga del sistema solare con l'aiuto di Giove.

— Trasferta Terra-Luna ad assi sinodali.

— Salita in orbita e rientro.

TESTI CONSIGLIATI

C. Grillo Pasquarelli, *Dinamica del missile*.

Un'abbondante bibliografia è contenuta nel suddetto libro di testo: le opere principali citate sono le seguenti:

Davis - Follin - Blitzer, *The Exterior Ballistics of Rockets*, Van Nostrand.

Ehrlicke, *Space Flight*, Van Nostrand.

Etkin, *Dynamics of Flight*, Wiley.

Lowden, *Optimal Trajectories for Space Navigation*, Butterworth.

Szebehely ed altri, *Celestial Mechanics and Astrodynamics*, Academic Press, Yew York.

IN113 DINAMICA DEL VOLO

Prof. Piero MORELLI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

56

20

—

INDIRIZZO: Sistemi

Settimanale (ore)

4

2

—

Il corso intende introdurre l'allievo alla trattazione dei problemi della dinamica del volo, con particolare riferimento ai velivoli, allo scopo di determinarne e valutarne le cosiddette «qualità di volo» e la loro dipendenza da fattori aerodinamici ed inerziali. Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni in aula, visite di istruzione. Nozioni propedeutiche: Aerodinamica, Aeronautica generale, buona preparazione nell'analisi matematica e nella meccanica razionale.

PROGRAMMA

Richiami e complementi di nozioni sull'equilibrio, la stabilità statica e la manovrabilità longitudinale e latero-direzionale.

Dinamica del moto longitudinale: equazioni del moto a comandi liberi e bloccati; derivate di stabilità; risposta a manovre dell'equilibratore; risposta alla turbolenza atmosferica.

Dinamica del volo latero-direzionale: equazioni del moto a comandi liberi e bloccati; derivate di stabilità; risposta alla manovra dell'alettone e del timone.

Stabilità e manovrabilità automatiche.

Sinulatori di volo.

ESERCITAZIONI

Calcolo e rappresentazioni grafiche di caratteristiche di stabilità statica e dinamica e di manovrabilità longitudinale.

TESTI CONSIGLIATI

Etkin, *Dynamics of Atmospheric Flight*, Wiley.

Babister, *Aircraft Stability and Control*, Pergamon Press.

Dickinson, *Aircraft Stability and Control for Pilots and Engineers*, Pitman.

Lecomte, *Mécanique du Vol*, Dunod.

Perkins & Hage, *Airplane Performance, Stability and Control*, Wiley.

IN509 DISCIPLINA GIURIDICA DELLE ATTIVITÀ TECNICO-INGEGNERISTICHE

Prof. Luciano ORUSA (1° e 2° corso) DIP. di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Ter-
ritoriali

IV ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	52	10	—
INDIRIZZO: Gestione - Produzione	Settimanale (ore)	—	—	—

Il corso costituisce una forma istituzionale di approccio alle materie giuridiche per i futuri ingegneri. Accanto alle nozioni istituzionali di carattere generale viene però sviluppato un complesso di nozioni specifiche relative alle attività professionali degli ingegneri, aggiungendosi su tali punti un certo approfondimento specialistico. Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.

PROGRAMMA

Il programma comprende le principali nozioni circa i concetti di ritorno e di stato, nonché intorno al diritto di famiglia e a quello delle successioni; in forma più ampia ed approfondita si studiano invece i diritti reali e le obbligazioni (con particolare riferimento al contratto di appalto). In materia di società viene esaminata con particolare cura la società per azioni. Analoga attenzione è dedicata ai concetti di marchio, azienda, ditta, invenzione industriale.

Viene altresì esaminata la tutela dei diritti, con le nozioni fondamentali circa la giurisdizione civile ordinaria, e il regime delle prove. Particolare ampiezza è dedicata alla disciplina del fallimento, e delle altre procedure concorsuali.

Particolare ampiezza è altresì rivolta agli atti amministrativi, alla tutela nei confronti dell'a.p. ed all'appalto pubblico.

Circa le specifiche attività professionali degli ingegneri, si esamineranno le norme e i principi regolanti la redazione dei progetti edilizi, e la loro realizzazione (norme sui cementi armati, norme sulle zone sismiche) ed i principi su cui si basano la responsabilità dell'ingegnere all'interno delle grandi imprese, con particolare riferimento ai danni cagionati dal prodotto.

ESERCITAZIONI

Periti e perizie, responsabilità del progettista e del direttore dei lavori, responsabilità finali dell'ingegnere, norme deontologiche.

TESTI CONSIGLIATI

Savino, *Elementi di diritto (agg. Orusa-Cicala)*, Giorgio ed.

Orusa - Cicala, *Appunto di diritto*, Ed. Giorgio.

È consigliato l'acquisto di un codice civile.

IN468 DISEGNO

Prof. Giuseppe PALMERI

IST. di Tecnologia Meccanica

I ANNO

1° e 2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

30

1

Es.

120

4

Lab.

—

—

Il corso è diretto a fornire le nozioni teoriche ed applicative di rappresentazione grafica e la conoscenza delle norme fondamentali per l'esecuzione e l'interpretazione di disegni e progetti di elementi che interessano l'ingegneria. Viene dato particolare rilievo alla normazione nazionale ed internazionale. Il corso è propedeutico agli insegnamenti di disegno sviluppati negli anni seguenti nei vari indirizzi.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: i contenuti dei corsi di Geometria piana e solida.

PROGRAMMA

Caratteristiche del disegno. Strumenti e mezzi tecnici. Condizionamenti formali nella normativa nazionale ed internazionale.

Tecnica operativa di rappresentazione nel sistema Europeo ed Americano; assonometrie generiche ed unificate, proiezioni ortogonali, ausiliarie e sezioni, viste esplose.

Quotatura e sistemi di quotatura: convenzioni, caratteristiche, funzionalità.

Tecnologie di base: cenni sui sistemi di produzione emergenti.

Dimensioni nominali e tolleranze dimensionali; normativa nazionale ed internazionale per i diversi accoppiamenti.

Collegamenti smontabili: filettatura, convenzioni e caratteristiche geometriche e funzionali; bulloneria, rosette ed elementi di sicurezza.

Collegamenti fissi: chiodature e saldature.

Finitura superficiale e rugosità.

Studio di composizione e scomposizione di complessivi.

Scelta degli elementi unificati nella progettazione di nodi strutturali e di semplici insiemi.

Elementi di C.A.D. (Disegno assistito dal calcolatore).

ESERCITAZIONI

Disegno a mano libera e con attrezzi di elementi meccanici. Rilievo dal vero. Rappresentazione di complessivi e relativi particolari. Impostazione di grafici e diagrammi.

TESTI CONSIGLIATI

Maifreni, *Il disegno meccanico*, vol. 1 e 2, Paravia, Torino.

Chevalier, *Manuale del disegno tecnico*, SEI, Torino.

Straneo - Consorti, *Disegno tecnico*, vol. unico, Principato, Milano.

IN480 DISEGNO MECCANICO

Prof. Emilio CHIRONE

DIP. di Tecnologia Meccanica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

Annuale (ore)

56

84

—

Settimanale (ore)

4

6

—

Scopo del corso è fornire agli allievi dati grafici e descrittivi di elementi di macchine, con particolare riguardo ad unificazione e normazione ed avvicinarli al proporzionamento di organi e gruppi meccanici, con lettura ed esecuzione dei disegni relativi. introdurre al disegno di strutture aeronautiche tenendo conto dei diversi procedimenti tecnologici.

*Il corso si svolge con lezioni teoriche, esercitazioni grafiche, seminari.
Nozioni propedeutiche: Disegno.*

PROGRAMMA

Le fasi del progetto meccanico; influenza del calcolo e delle lavorazioni sul disegno dei pezzi. Tolleranze di lavorazione: dimensionali, geometriche, di forma e posizione. Relazioni con i processi di lavorazione. Criteri di scelta, assoluti e probabilistici. Criterio del massimo materiale. Finiture superficiali: rugosità e relazione con tolleranze.

Elementi di comune impiego nella progettazione: assi, alberi, smussi, raccordi, gole, tenute e guarnizioni, molle.

Montaggio e fissaggio di organi meccanici: cenni sui montaggi di costruzioni aeronautiche.

Collegamenti smontabili non filettati: chiavette, linguette, spine, scanalati.

Collegamenti filettati; dadi, viti, dispositivi antisvitamento.

Bulloneria di impiego aeronautico.

Chiodature e rivettature.

Cuscinetti a strisciamento. Cuscinetti a rotolamento. Tipi e funzioni, scelta e montaggio. Lubrificazione.

Tramissione del moto con cinghie e catene. Ruote dentate. Materiali di comune impiego nelle costruzioni meccaniche ed aeronautiche.

Disegno automatizzato. Cenni di procedure CAD/CAM nella realizzazione dei progetti.

Cenni sulle strutture del velivolo e disegno di elementi costruttivi aeronautici, realizzati con diversi procedimenti tecnologici.

ESERCITAZIONI

Studio, elaborazione e disegno di gruppi meccanici di complessità crescente. Sche ed esempi di complessivi. Esecutivi di particolari. Schizzo a mano libera come prima fase progettuale.

TESTI CONSIGLIATI

Chirone, *Disegno tecnico*, Edisco, Torino.

Chevalier - Chirone - Vullo, *Manuale del disegno tecnico*, SEI, Torino.

IN510 ECONOMIA DEI SISTEMI AEROSPAZIALI

Prof. Gianni GUERRA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 50 50 —

INDIRIZZO: Gestione - Produzione - Sistemi

Settimanale (ore) 4 4 —

L'obiettivo del corso consiste nel far acquisire ai partecipanti i fondamentali economici/finanziari della realizzazione e commercializzazione di beni e servizi. Viene data particolare enfasi al caso del settore aerospaziale/meccanico.

PROGRAMMA

Significato di attività economica: concetti di bisogni/esigenze, prodotti/servizi, mercato/scambi, prezzi/ricavi, fattori produttivi/risorse, costi, risultati economici, incassi/pagamenti, investimenti, redditività.

Concetto di operatore economico: l'impresa.

Il caso aerospaziale: panorama, problematiche, strutture. La domanda e l'offerta di beni e servizi. Le imprese manifatturiere e dei servizi.

Analisi economica/finanziaria dell'impresa e dei suoi prodotti/servizi: redditività operativa, leva finanziaria, rotazione del capitale investito, redditività delle vendite, redditività del portafoglio prodotti, efficienza della struttura, l'equilibrio finanziario.

Le tecniche del valore per il miglioramento della redditività dei prodotti/servizi.

Il caso aerospaziale: analisi economica/finanziaria dello sviluppo, produzione ed impiego degli aeromobili. I costi operativi diretti (D.C.O. = deprezzamento, carburante, lubrificante, manutenzione, pilotaggio, assistenza a bordo, assicurazioni, diritti aeroportuali, assistenza alla navigazione) ed i costi indiretti operativi (I.O.C.).

L'influenza economica delle caratteristiche di impiego e/o di progetto degli aeromobili (distanza, autonomia, capacità di carico, velocità).

ESERCITAZIONI

Analisi economico-finanziaria delle imprese. Definizione di un servizio di trasporto aereo: previsione, analisi della domanda, scelta dei mezzi, strutturazione della rete, valorizzazioni economiche e finanziarie.

TESTI CONSIGLIATI

G. Guerra, *Sui modelli di calcolo del D.O.C. per le scelte operative e di progetto*, Levrotto & Bella, Torino, 1980.

G. Guerra, *Sulla determinazione del carico pagante nei velivoli da trasporto*, Levrotto & Bella, Torino, 1980.

Materiali e documenti distribuiti durante il corso.

IN143 ELETTRONICA APPLICATA ALL'AERONAUTICA

Prof. Alfio ARCIDIACONO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

30

4

4

—

Il corso è articolato in due parti. La prima è dedicata allo studio dei componenti e dei circuiti elettronici di impiego più diffuso nei moderni apparati avionici. La seconda illustra le tecniche di sviluppo dei moderni sistemi avionici con particolare riferimento ai sistemi di navigazione. Il corso si propone di fornire le conoscenze di base necessarie per essere come minimo sensibili alle esigenze del sistema avionico nell'ambito più generale dell'economia del velivolo.

Il corso comprenderà lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: elettrotecnica generale.

PROGRAMMA

Teoria delle reti elettriche, grandezze fondamentali, elementi circuitali, metodi di analisi, funzioni di trasferimento, analisi di reti semplici nel dominio del tempo e delle frequenze. Elettronica dei dispositivi a stato solido: diodi, transistori, raddrizzatori controllati. Alimentatori amplificatori. Uso della reazione multivibratori, moduli funzionali, circuiti logici.

Metodi moderni per lo sviluppo dei sistemi avionici: fattibilità, sviluppo, integrazione, qualifica. Requisiti generali: affidabilità, sicurezza, compatibilità, manutenibilità. Trasmissione dei dati: trasmissione analogica, trasmissione digitale, conversione dei dati. Elaborazione dei dati: elaborazione analogica, elaborazione digitale. Presentazione dei dati: displays elettronici. Deflessione. Scansione, convertitori di scansione. Displays elettroottici. Apparati di guida e navigazione. Sistemi di radionavigazione principali, radar doppler, applicazioni del radar alla navigazione ed alla guida, radar altimetro, pilota automatico, sistemi di atterraggio strumentale, sistemi anticollisione.

ESERCITAZIONI

Risoluzione di semplici problemi. Analisi delle specifiche d'apparati. Avionici.

TESTI CONSIGLIATI

G. Villa - G.L. Gremon, *Appunti di sistemi di guida e navigazione.*

IN482 ELETTROTECNICA

Prof. Ernesto ARRI

DIP. di Automatica e Informatica

II ANNO (*)

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

88

6

Es.

30

2

Lab.

—

—

Il corso si propone di fornire allo studente le nozioni basilari di elettrotecnica generale per una corretta utilizzazione di macchine ed impianti. A tal fine, dopo aver approfondito lo studio delle reti di bipoli in regime stazionario, sinusoidale quasi-stazionario, transitorio e dei campi di corrente, elettrico, magnetico, vengono trattati i problemi di dimensionamento dei bipoli elementari, delle linee monofasi e trifasi, degli impianti di messa a terra e l'analisi del funzionamento delle principali macchine elettriche (trasformatori, macchine asincrone, macchine a collettore per corrente continua).

Il corso si svolgerà con lezioni teoriche, esercitazioni con esempi numerici e complementi alle lezioni, ore destinate a chiarimenti individuali.

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

PROGRAMMA

Circuiti in regime stazionario e sinusoidale quasi stazionario: potenza istantanea; potenza attiva, reattiva, apparente; cenni sugli strumenti di misura. Concetto di bipolo e di rete di bipoli; bipoli lineari e non lineari; bipolo equivalente ad una rete accessibile a due dei suoi morsetti. Metodi d'analisi delle reti dei bipoli normali in regime stazionario e comunque variabile. Fenomeni transitori elementari.

Sistemi trifasi: analisi delle reti e metodi di misura sui sistemi simmetrici equilibrati. Riferimento.

Richiami sui campi elettrici, magnetici e di corrente: loro applicazione allo studio delle resistenze, capacità, induttanze auto e mutue negli apparecchi di uso più comune. Energie immagazzinate. Forze e coppie di origine elettromagnetica.

Trasformatori: loro funzioni e utilità negli impianti; deduzione del circuito equivalente; funzionamento in condizioni normali, a vuoto e in corto circuito; perdite e rendimento; principali caratteristiche costruttive; dati di targa. Parallelo di trasformatori.

Motori asincroni: loro importanza nell'industria meccanica; forme costruttive; principio di funzionamento sotto l'aspetto sia intuitivo sia analitico; caratteristiche meccaniche; perdite a rendimento. Principali comandi per l'avviamento, l'inversione di marcia, la variazione di velocità. Dati di targa.

Macchine con collettore: dinamico e motori per corrente continua con vari tipi di eccitazione; varie caratteristiche meccaniche ed elettriche. Varie possibilità di comando e regolazione.

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, 1981.

G. Fiorio, *Problemi di elettrotecnica*, Ed. Clut, Torino, 1982.

G. Fiorio - I. Gorini - A.R. Meo, *Appunti di elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

G. Sameda, *Elementi di elettrotecnica generale*, Ed. Patron, Padova, 1977.

(*) *Insegnamento del triennio anticipato al biennio.*

IN155 ELICHE ED ELICOTTERI

Prof. Salvatore D'ANGELO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO
2° PERIODO DIDATTICO
INDIRIZZO: Propulsione

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	40	—
Settimanale (ore)	8	3	—

La prima parte del corso è dedicata all'elica aeronautica e all'elica aeromotrice. Il corso espone le teorie che sono alla base del calcolo aerodinamico dell'elica e conduce alla messa a punto di programmi numerici di calcolo per il progetto dell'elica e per il calcolo delle sue caratteristiche al variare delle condizioni di funzionamento. La seconda parte è dedicata all'elicottero con particolare riferimento alle caratteristiche aerodinamiche della macchina ed al calcolo delle prestazioni della stessa (potenze richieste, quote di tangenza, autonomie, caratteristiche di autorotazione, ecc.). Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni e viste di istruzione, in particolare alla Ditta Agusta.

Nozioni propedeutiche: Aerodinamica e Aeronautica generale.

PROGRAMMA

Generalità sull'elica aeronautica. Parametri caratteristici. Le diverse condizioni di funzionamento dell'elica. Teorie per il calcolo aerodinamico dell'elica (impulsiva, vorticale, alare). L'elica di minima resistenza indotta. Metodi di calcolo delle caratteristiche aerodinamiche al variare del passo e del rapporto di funzionamento. Scelta dell'elica nell'accoppiamento col motore. Sollecitazioni sulle pale e criteri per il disegno geometrico dell'elica. Dispositivi di variazione del passo meccanici, idraulici, elettrici. L'elica aeromotrice per l'utilizzazione dell'energia elica. Descrizione dell'elicottero e dei suoi comandi. Meccanica del rotore e sistemi di incernieramento delle pale. Funzione del rotore di coda e soluzioni alternative. Metodi di controllo dell'assetto delle differenti realizzazioni dell'elica. Il sostentamento a punto fisso ed il volo verticale uniforme. Parametri caratteristici del rotore. Il moto orizzontale uniforme, compensazione del momento di rollio, passo ciclico e moto di flappaggio. Potenze necessarie al volo e potenze disponibili al variare della quota. Volo uniforme ascendente, diagramma delle caratteristiche di volo. Velocità ascensionali massime e quote di tangenza assolute e pratiche. L'autorotazione. L'effetto suolo. L'autonomia e la durata. Carichi sul rotore e configurazioni di equilibrio. Gli elicotteri birotore. Generalità sui problemi di stabilità dell'elicottero.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni non superano le 40 ore e vengono svolte in aula a mano a mano che vengono spiegati nelle lezioni gli argomenti che le rendono opportune.

TESTI CONSIGLIATI

W.Z. Stepniewky, *Rotary Wing Aerodynamics*, vol. 1, NCR 3083, 1979.

C.N. Keys, *Rotary Wing Aerodynamics*, vol. 2, NCR 3082, 1979.

A. Gessow - G.C. Myers, *Aerodynamics of the Helicopter*, McMillan Co, New York, 1952.

E. Pistolesi, *Aerodinamica*, Utet, Torino, 1932.

IN472 FISICA I

Prof. Elio MIRALDI

DIP. di Fisica

I ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

75

28

24

Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

Settimanale (ore)

6

2

2

Come corso istituzionale del 1° anno, il corso è inteso a illustrare i principi fondamentali della meccanica e termodinamica, e fornire una base sufficiente a comprendere i problemi relativi, risolvere i più semplici, e poter sviluppare nei corsi successivi le tecniche specifiche di soluzione dei più complessi.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, laboratori.

Nozioni propedeutiche: per la buona comprensione del corso si richiede la conoscenza di Analisi matematica I.

PROGRAMMA

Cenni di metrologia: misurazione e incertezza di misura, sistemi di unità; valutazione dell'incertezza in misurazioni indirette.

Interpretazione ed uso dei vettori in fisica.

Cinematica del punto: velocità e accelerazione nei moti rettilinei e curvilinei; moto relativo; cambiamento del sistema di riferimento.

Dinamica del punto: leggi di Newton; forza, massa, quantità di moto, sistemi inerziali; conservazione delle quantità di moto; forze di campo (gravità e forze elastiche), vincoli e attriti, forze inerziali; lavoro; teorema dell'energia cinetica; campi conservativi ed energia potenziale.

Dinamica dei sistemi: centro di massa; conservazione della quantità di moto, dell'energia e del momento angolare; moto nel sistema del centro di massa; urti; oggetti a massa variabile; dinamica rotatoria dei corpi rigidi e momento d'inerzia.

Statica dei corpi rigidi; statica dei fluidi.

Moto armonico; oscillazioni forzate e risonanza; cenni alle onde elastiche.

Dinamica dei fluidi perfetti; tensione superficiale.

Campo gravitazionale e leggi del moto planetario.

Termometria: dilatazione termica; scale di temperatura; teoria cinetica dei gas.

Calorimetria: conduzione del calore; sistemi termodinamici; equazione di stato dei gas perfetti e di Van der Waals; cambiamenti di stato.

Primo principio della termodinamica e problematica relativa.

Secondo principio della termodinamica: macchine termiche; ciclo e teorema di Carnot; teorema di Clausius; entropia.

ESERCITAZIONI

Esercitazioni numeriche a squadre sul programma del corso.

LABORATORI

Esercitazioni a mezze squadre in laboratorio su: misurazione dell'accelerazione di gravità, del periodo del pendolo in funzione della lunghezza e dell'elongazione (computer on line), studio dell'urto anelastico, delle oscillazioni armoniche libere e forzate (rotaia a cuscino d'aria).

TESTI CONSIGLIATI

Nella scelta dei testi, fra quelli sottoelencati, gli studenti seguano le indicazioni dei docenti dei rispettivi corsi:

Lovera - Minetti - Pasquarelli, *Appunti di fisica*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

Lovera - Malvano - Minetti - Pasquarelli, *Calore e termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

Halliday - Resnick, *Fisica*, Parte 1^a, Ambrosiana, Milano, 1978.

Alonso - Finn, *Elementi di Fisica per l'Università*, vol. 1, Masson, Milano, 1982.

Minetti - Pasquarelli, *Esercizi di fisica 1*, Levrotto & Bella, Torino, 1971.

M. Balkanski - C. Sebenne, *Fisica*, Utet.

Rosati - Casali, *Problemi di Fisica generale*, Ambrosiana, Milano, 1983.

IN484 FISICA II

Prof. Angelo TARTAGLIA

DIP. di Fisica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

84

6

Es.

30

2

Lab.

10

2

(quindicinale)

Finalità del corso è l'apprendimento dei fondamenti dell'elettromagnetismo e dell'ottica. Si espongono le leggi sperimentali riguardanti l'interazione tra cariche ferme e in moto rispetto all'osservatore sintetizzate infine nelle equazioni di Maxwell. Da queste ultime si ricavano le leggi di propagazione dell'onda elettromagnetica. Si espongono i principali fenomeni fisici legati alla propagazione della luce quale onda elettromagnetica e infine i fondamenti dell'ottica geometrica. Il corso è affiancato da esercitazioni orali e di laboratorio. Integrativamente è perseguito lo scopo di stimolare nello studente l'acquisizione delle metodologie generali della fisica come scienza applicata.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni orali, laboratori.

Nozioni propedeutiche: Fondamenti di meccanica, Calcolo differenziale ed integrale, Funzioni elementari.

PROGRAMMA

Elettrostatica nel vuoto. Proprietà elettriche della materia. Fenomeni di conduzione e correnti elettriche in condizioni stazionarie. Campi magnetici stazionari. Moto di cariche in campi elettrici e magnetici stazionari. Proprietà magnetiche della materia. Campi elettromagnetici dipendenti dal tempo e loro equazioni fondamentali. onde ed onde elettromagnetiche. Propagazione della luce in mezzi isotropi. Ottica geometrica col metodo matriciale. Fenomeni interferenziali. La diffrazione. Propagazione della luce in materiali anisotropi.

ESERCITAZIONI

Risoluzione di facili esercizi e problemi relativi ai principali argomenti del corso.

LABORATORI

Uso di amperometri e voltmetri. Misure di resistenza e capacità. Misura di indici di rifrazione e di lunghezze d'onda.

TESTI CONSIGLIATI

A. Tartaglia, *Elettromagnetismo e ottica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

R. Feynman - R. Leighton - M. Sands, *La fisica di Fenman*, vol. 1 e 2, Addison Wesley, Malta, 1970.

A. Tartaglia, *270 esercizi svolti di Elettromagnetismo e ottica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1982.

A. Tartaglia, *Uso delle matrici in ottica geometrica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1984.

IN168 FISICA DEI FLUIDI E MAGNETOFLUIDODINAMICA

Prof. Massimo GERMANO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerogasdinamica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

60 30 —

4 2 —

Il corso fornisce le conoscenze fisico-chimiche che permettono lo studio della dinamica dei gas alle alte temperature e alle basse densità caratteristiche di molte attività aerospaziali. Particolare attenzione è rivolta alla determinazione delle proprietà termodinamiche e di trasporto, allo scambio di calore per radiazione, al moto di gas reagenti chimicamente e radianti e al moto di gas ionizzati sottoposti a campi elettrici e magnetici.

Il corso è integrato da esercitazioni a carattere teorico e numerico e dalla lettura ed analisi di pubblicazioni relative ad argomenti del corso.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica, Fisica, Chimica.

PROGRAMMA

Fisica dei fluidi - Teoria: teoria cinetica dei gas, meccanica statistica e cinetica chimica. Energia interna, calori specifici, entropia, velocità del suono, composizione d'equilibrio di una miscela. Viscosità, conducibilità termica ed elettrica, diffusività di una miscela. Disequilibrio dell'energia vibrazionale e delle reazioni chimiche. Applicazioni: modelli termodinamici e proprietà di trasporto alle alte temperature dell'aria, del CO_2 , del CO , del $\text{H}_2\text{-O}_2$, del NH_3 , del CH_4 , di miscele di gas combustibili, di atmosfere planetarie. Cinetica dei rilassamenti vibrazionali nei laser a CO_2 - N_2 -Ne.

Scambio termico per radiazione - Teoria: grandezze fondamentali. Radiazione in equilibrio e in disequilibrio termodinamico. Equazione di trasporto dell'energia radiante. Applicazioni: proprietà radiative dell'aria, del CO_2 , del CO , del H_2O alle alte temperature. Metodi di calcolo del flusso di radiazione emesso da fiamme. Effetto dello scambio termico radiativo durante il rientro. Fotocinetica dell'ozono. Trasmissione della radiazione attraverso l'atmosfera.

Moto di gas reagenti chimicamente e radianti: Flusso unidimensionale e metodo delle caratteristiche per flussi supersonici in disequilibrio termodinamico.

Moto di gas ionizzati e magnetofluidodinamica - Teoria: effetto dei campi elettrici e magnetici su di un gas ionizzato. Equazioni della magnetofluidodinamica e parametri significativi. Applicazioni: flusso unidimensionale. Flusso in ugelli. Flusso alla Couette e flusso di Poiseuille. Generatori di plasmi, relative tecniche sperimentali e loro utilizzazione nelle ricerche e nelle applicazioni aerospaziali. Equilibrio idromagnetico e confinamento di plasmi.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sulle applicazioni elencate nel programma. In particolare si analizzano articoli e pubblicazioni recenti su argomenti del corso.

TESTI CONSIGLIATI

Durante le lezioni vengono distribuite dispense compilate dal titolare del corso e corredate da indicazioni bibliografiche.

IN174 FISICA TECNICA

Prof. Paolo GREGORIO

DIP. di Energetica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

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

Il contenuto del corso è quello tradizionale della Fisica tecnica presso questa Facoltà, con particolare riferimento alla termodinamica applicata, elementi di moto dei fluidi e trasmissione del calore. Tali argomenti costituiscono un collegamento tra i corsi di Fisica del biennio e i corsi successivi del triennio (in particolare Macchine, Termocinetica, Trasmissione del calore, Impianti nucleari). Le esercitazioni grafiche e di calcolo hanno carattere individuale e vengono verificate nel corso dell'esame. Il corso comprenderà lezioni di tipo tradizionale; esercitazioni, grafiche e di calcolo. Nozioni propedeutiche: Analisi I, Analisi II, Fisica I, Fisica II.

PROGRAMMA

Termodinamica: generalità e definizioni. Primo principio della termodinamica, energia interna, entalpia. Secondo principio della termodinamica. Ciclo di Carnot. Equazione di Clausius. Entropia. Gas ideali e loro proprietà. Effetto Joule-Thomson. Macchine termiche: ciclo di Carnot, cicli rigenerativi, cicli di quattro politropiche, cicli inversi. Liquidi e vapori: proprietà delle miscele, cicli diretti, cicli rigenerativi, cicli inversi. Conversione diretta dell'energia: fenomeni termoelettrici, celle a combustibile, dispositivi termoionici, generatori MHD. Gas reali. Miscele di aria e vapor d'acqua: proprietà e diagrammi entalpici.

Moto dei fluidi e trasmissione del calore: viscosità, tipi di moto. Equazioni fondamentali. Efflusso degli aeriformi. Moto dei fluidi nei condotti. Conduzione termica stazionaria in geometria piana, cilindrica, sferica. Sistemi a superficie estesa: alette e spine. Sistemi con generazione interna di calore. Sistemi bidimensionali. Conduzione termica non stazionaria. Convezione: analisi dimensionale, coefficiente di scambio termico convettivo, analogia di Reynolds-Prandtl. Scambiatori di calore: tipi, determinazione del profilo di temperatura, metodi di calcolo (tradizionali e NUT).

ESERCITAZIONI

Esercizi di calcolo di termodinamica fondamentale. Esercitazioni di calcolo e grafiche su cicli a gas e a vapore. Calcolo di uno scambiatore di calore.

TESTI CONSIGLIATI

C. Boffa - P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica*, vol. 2, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

IN181 FLUIDODINAMICA DELLE TURBOMACCHINE

Prof. Luca ZANNETTI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

Impegno didattico

Lez. Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

50 50

—

INDIRIZZO: Aerodinamica

Settimanale (ore)

4 4

—

Il corso si propone di completare le conoscenze generali, acquisite dagli allievi ingegneri aeronautici negli insegnamenti di macchine, con le nozioni necessarie alla progettazione delle turbomacchine e alla previsione delle loro prestazioni. Elementi dell'Aerodinamica classica, quali il flusso potenziale incompressibile e il flusso irrotazionale compressibile supersonico, vengono richiamati ed applicati allo studio delle turbomacchine.

Nozioni propedeutiche: quelle contenute nel corso di macchine.

PROGRAMMA

Richiami di termodinamica. Elementi di meccanica dei fluidi e loro applicazione allo studio di schiere di profili: le equazioni di Eulero; le equazioni del potenziale di velocità e della funzione di corrente; il potenziale complesso; il campo di moto attorno a profili isolati e in schiera col metodo delle trasformazioni conformi. Valutazione empirica degli effetti della viscosità e della compressibilità sulle prestazioni di schiere di profili. La soluzione del problema diretto e inverso per schiere di profilo per mezzo di correlazioni sperimentali. L'equilibrio radiale. Criteri di svergolamento. Fenomeni di stallo e pompaggio in compressori assiali. Elementi di aerodinamica supersonica: le linee di mach; onde d'urto; il metodo delle caratteristiche. Fenomeni connessi a correnti supercritiche e supersoniche su schiere di profili. L'incidenza unica.

ESERCITAZIONI

Esercizi di applicazione degli argomenti trattati nelle lezioni.

TESTI CONSIGLIATI

J.H. Horlock, *Axial Flow Compressors*, Butterworths Scientific Publications, London, 1958.

J.H. Horlock, *Axial Flow Turbines*, Butterworths Scientific Publication, London, 1958.

G.F. Wislicenus, *Fluid Mechanics of Turbomachinery*, Dover Publications, Inc. New York, 1965.

IN184 GASDINAMICA

Prof. Giovanni JARRE

DIP. di Meccanica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	56	14
Settimanale (ore)	6	4	1

Il corso illustra i fenomeni fisici che hanno sede nei fluidi reali in moto e ne fornisce i metodi di calcolo. Il corso integra perciò quello propedeutico di Aerodinamica I che si sviluppa sullo schema del fluido perfetto, esente da fenomeni di trasporto molecolare e turbolento e da fenomeni chimici. Data la vastità della materia ci si limita sempre a soluzioni approssimate che non richiedono nuove conoscenze matematiche. L'esemplificazione dei principi è sempre orientata su problemi tecnici, per lo più del settore aerospaziale. L'esame consiste in due prove scritte preliminari che possono già essere superate a metà del corso ed a fine corso, e da una prova finale orale.

È propedeutico: Aerodinamica.

PROGRAMMA

Equazioni generali della meccanica dei fluidi perfetti e reali. Richiami di aerodinamica, termodinamica e teoria cinetica dei gas. Bilanci di massa, di quantità di moto e di energia totale, meccanica e termica. bilancio entropico e cenni di termodinamica dei processi irreversibili. Viscosità. Fenomenologia del moto laminare e del moto turbolento. Correnti libere; scie, getti, zone di mescolamento. Correnti guidate in tubi e canali; perdite di carico; effetti della rugosità. Correnti di stato limite: teoria elementare dello strato limite laminare e turbolento, profili di velocità e leggi di resistenza. Resistenza di attrito e di forma; effetti delle rugosità. Stabilità del moto laminare; effetti di aspirazione e soffiatura, di accelerazione e decelerazione, di riscaldamento e raffreddamento.

Viscosità e conducibilità. Attrito e trasmissione termica. Analogia di Reynolds ed estensione alle alte velocità. Il riscaldamento aerodinamico per attrito ed alta velocità. Effetti della compressibilità sull'attrito. Convezione forzata e convezione libera. Problemi misti di convezione e conduzione; lo shock termico. Problemi misti di convezione ed irraggiamento; temperature dei pianeti e di satelliti artificiali, refrigerazione per irraggiamento alle alte temperature prodotte per attrito.

Viscosità, conducibilità e diffusività. Richiami sull'aria umida e sul raffreddamento evaporativo. Analogia di Colburn fra attrito, trasmissione termica e scambio di massa; estensione alle alte velocità, il raffreddamento per abalzione nel rientro atmosferico dallo spazio.

Aerotermodinamica. Bilanci di massa delle specie reagenti. Teoremi di Gibbs. Attività dei reagenti e affinità della reazione. Legge dell'equilibrio chimico e cenni elementari di cinetica chimica in fase gassosa. Studio della dissociazione e della ionizzazione dell'aria atmosferica, prodotte per urto o per attrito in regime ipersonico.

Cenni su moti compressibili non permanenti e unidimensionali; teoria e tecnica del tubo d'urto. Cenni sui moti non isonergici unidimensionali; onde di condensazione; onde di deflagrazione; onde di detonazione.

ESERCITAZIONI

Applicazioni numeriche su dati forniti dalla bibliografia, con l'impiego di calcolatori: ricerche bibliografiche individuali e di gruppo: sperimentazioni elementari singole o di gruppo su modelli di sonde o strumenti, nelle gallerie del vento didattiche, sub - e super - soniche.

LABORATORI

Laboratorio Gallerie del Vento.,

TESTI CONSIGLIATI

G. Jarre, *Appunti di gasdinamica* (distribuzione interna).

F. Quori, *Esercizi di gasdinamica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1974.

Liepmann - Roshiko, *Element of Gasynamics*, Ed. Wiley, 1957.

R.V. Giles, *Fluid Mechanics and Hydraulics*, Ed. Schaum, 1962.

IN185 GASDINAMICA II

Prof. Michele ONORATO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerogasdinamica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

50

Es.

20

Lab.

20

—

La finalità del corso è quella di trattare alcuni aspetti dei fluidi viscosi. In particolare viene esposta la teoria dello strato limite laminare e turbolento, incompressibile e compressibile. Gli aspetti dell'interazione tra lo strato limite ed il fluido perfetto esterno sono anche evidenziati. Buona parte del corso è dedicata ad attività sperimentali.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni teoriche e sperimentali.

Nozioni propedeutiche: il contenuto del corso di Aerodinamica e possibilmente di Gasdinamica.

PROGRAMMA

Equazioni del moto di un fluido viscoso e compressibile; equazioni di Navier-Stokes; strato limite laminare, bidimensionale, incompressibile, isoterma e non isoterma; strato limite laminare, bidimensionale compressibile. Instabilità e transizione. Strato limite turbolento, bidimensionale, incompressibile. Strato limite e turbolento, bidimensionale compressibile. Interazione tra onda d'urto e strato limite. Separazione. Elementi di strato limite tridimensionale.

ESERCITAZIONI

Applicazione numerica della teoria dello strato limite a casi di interesse aeronautico.

LABORATORI

Esercitazioni sperimentali su argomenti di attuale interesse presso il Laboratorio di Aeronautica.

TESTI CONSIGLIATI

Schlichting, *Boundary Layer Theory*.

Shapiro, *The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Flow*.

Becker, *Gasdynamics*.

White, *Viscous Fluid Flow*.

IN476 GEOMETRIA I

Prof. Carla MASSAZA

DIP. di Matematica

I ANNO

Impegno didattico

Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

80 52 —

Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

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, 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 ad una curva, piano tangente ad una superficie.

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. Le-vrotto & Bella, Torino.

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

IN213 IMPIANTI DI BORDO PER AEROMOBILI

Prof. Sergio CHIESA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 24 12

INDIRIZZO: Gestione - Produzione - Sistemi

Settimanale (ore) 6 2 —

Scopo del corso è presentare all'allievo i vari impianti dei moderni aeromobili secondo una visione di tipo sistemistico. Per ogni impianto si considerano i principi generali di funzionamento, vari schemi alternativi e semplici metodi di dimensionamento. Il corso è completato da concetti di affidabilità sicurezza e manutenzione, applicati agli impianti.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni, alcune delle quali in laboratorio o su calcolatore, visite.

Nozioni propedeutiche; materie di base e conoscenza generale sugli aeromobili acquisite con il 4° anno.

PROGRAMMA

Impianto idraulico.

Impianto elettrico.

Impianto di condizionamento.

Impianto antighiaccio.

Impianto pneumatico e A.P.U.

Logica pneumatica (cenni).

Impianto combustibile.

Impianti vari e arredamento (cenni).

Previsione del peso e dei costi.

Affidabilità.

Sicurezza.

Manutenzione.

ESERCITAZIONI

Disegno di schemi; semplici calcoli di dimensionamento. Applicazioni al calcolatore.

LABORATORI

Semplici esercizi su banchi didattici di idraulica e logica pneumatica.

TESTI CONSIGLIATI

McKinley - Bent, *Basic science for aerospace vehicles*, McGraw Hill.

Colombo, *Oleodinamica applicata*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

Chiesa, *Sistemazione interna e arredamento dei velivoli da trasporto*, Ed. Clut.

Bazovsky, *Principi e metodi dell'affidabilità*, Ed. Etas Kompass.

D'Elia, *Impianti degli aerei*, Ed. Masson Italia.

Chiesa, *Impianti di bordo per aeromobili: impianto idraulico*, Ed. Clut.

Chiesa, *Impianti di bordo per aeromobili: impianto elettrico*, Ed. Clut.

LIBRO MOBILI **IN220 IMPIANTI MECCANICI**

Prof. Armando MONTE (1° corso)

IST. di Trasporti ed Organizzazione Industriale

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Gestione - Produzione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

100

8

Lab.

20

—

La finalità del corso è di far conoscere i principali problemi attinenti agli impianti industriali, con i quali gli ingegneri meccanici verranno a contatto durante la loro attività professionale, e fornire i criteri di progettazione e valutazione degli impianti stessi.

Nozioni propedeutiche: Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine, Idraulica.

PROGRAMMA

Criteri di progettazione degli impianti industriali. La disposizione dei macchinari e dei reparti.

Applicazione di metodi di ricerca operativa alla progettazione degli impianti industriali.

Ingegneria economica. Valutazione della redditività degli investimenti impiantistici.

I trasporti interni agli stabilimenti industriali.

Impianti generali di distribuzione dell'acqua, dell'aria compressa e degli altri servomezzi occorrenti negli stabilimenti industriali.

Impianti di trattamento e ricircolo delle acque primarie e di scarico.

Trattamento dei fanghi e dei rifiuti solidi.

Impianti di aspirazione e filtrazione delle polluzioni atmosferiche prodotte nelle lavorazioni industriali.

Isolamento e riduzione dei rumori e delle vibrazioni in campo industriale.

Tecniche di gestione per la realizzazione di impianti industriali.

ESERCITAZIONI

Progettazione di massima di un impianto industriale, applicando gli argomenti svolti a lezione.

LABORATORI

Visite a impianti industriali.

TESTI CONSIGLIATI

A. Monte, *Elementi di impianti industriali*, Ed. Cortina, Torino, e in generale, la bibliografia riportata sul testo.

IN225 IMPIANTI MOTORI ASTRONAUTICI

Prof. Nicola NERVEGNA

DIP. di Energetica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Aerospaziale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

30

2

Lab.

—

—

Lo scopo del corso è di presentare all'allievo i possibili impianti di conversione d'energia utilizzabili a bordo d'un veicolo spaziale per la produzione di energia elettrica. L'accoppiamento sorgente d'energia-mezzo di conversione è studiato mettendo in evidenza i principi scientifici e gli aspetti pratico-realizzativi degli impianti in funzione o in via di sperimentazione.

Le esercitazioni sono svolte con l'impiego del calcolatore.

PROGRAMMA

Classificazione delle missioni astronautiche con relative richieste di energia.

Classificazione dei principali sistemi di conversione di energia attualmente impiegati (o tecnologicamente impiegabili) e loro accoppiamento con le sorgenti di energia disponibili (energia chimica, energia solare, energia nucleare).

1. Sistemi di conversione statici ad energia chimica.

1.1. Celle a combustione

(i) a bassa temperatura (Union Carbide, Progetto Gemini)

(ii) a temperature intermedie (pila Bacon, progetto Apollo)

(iii) ad alta temperatura

(iv) celle rigenerative: rigenerazione elettrolitica, in accoppiamento con celle solari; rigenerazione termica, fotovoltaica

(v) celle Redox.

1.2. Batterie secondarie ricaricabili.

Batterie al nichel/cadmio, all'argento/zinco, all'argento/cadmio. Energia reale accumulabile: vita media in relazione ai frequenti cicli di carica e scarica.

2. Cenni di fisica dei solidi.

3. Sistemi di conversione statica ed energia solare con conversione fotovoltaica.

Teoria dell'effetto fotovoltaico. Assorbimento della radiazione elettromagnetica nei semiconduttori. Separazione della carica. Circuito equivalente, caratteristica tensione/corrente. Massima potenza estraibile da una cella solare. Rendimento. Corrente di corto circuito. Materiali impiegati. Celle al silicio e al solfuro di cadmio. Effetto della radiazione spaziale sulla prestazione di una cella. Strutture mono e policristalline. Cella a strato sottile.

Moduli di celle solari: possibili montaggi e realizzazioni.

4. Sorgenti di energia termica.

Concentratori solari: caratteristiche, proprietà e prestazioni. Accumulatori termici, loro requisiti. Sorgente nucleare a radioisotopi. Dimensionamento d'una capsula a radioisotopi. Reattori nucleari su veicoli spaziali.

5. Sistemi di conversione statici ad energia termica.

5.1. Convertitori termoelettrici.

5.2. Convertitori termoelettronici (termoionici).

6. Sistemi di conversione dinamici ad energia termica.

Cicli termici di potenza: Rankine, Brayton.

Fluidi di lavoro e loro parametri di merito.

TESTI CONSIGLIATI

Appunti di *Impianti motori astronautici.*

Space Power Systems, Agardograph 123.

IN246 MACCHINE

Prof. Patrizio NUCCIO

DIP. di Energetica

IV ANNO

Impegno didattico

Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

78 48 —

Settimanale (ore)

6 4 —

Il corso fornisce agli allievi aeronautici gli elementi di base per lo studio delle macchine a fluido termiche e idrauliche. Vengono illustrati i principi di funzionamento e i metodi usati per regolare le principali macchine motrici ed operatrici. Particolare attenzione è dedicata allo studio del motore alternativo a combustione interna per impiego aeronautico.

Nozioni propedeutiche: è utile la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Fisica tecnica e Meccanica applicata alle macchine.

PROGRAMMA

Considerazioni introduttive sulle macchine a fluido. Richiami di termodinamica.

Studio unidimensionale del moto di fluidi compressibili in condotti. Comportamento dell'ugello di De Laval. Calcolo della portata in ugelli.

Cicli e schemi di impianti a vapore. Regolazione.

Studio unidimensionale dei turboespansori (semplici e multipli ad azione e a reazione, assiali e radiali).

Turbocompressori centrifughi e assiali. Studio del funzionamento e diagrammi caratteristici. Regolazione. Fenomeni di instabilità. Problemi di avviamento dei compressori assiali.

Compressori volumetrici alternativi e rotativi. Regolazione.

Macchine idrauliche. Funzionamento in condizioni di similitudine fluidodinamica. Cenni sui principali tipi di turbine idrauliche. Turbopompe. Problemi di installazione a cavitazione.

Motori alternativi a combustione interna. Cicli ideali. Perdite caratteristiche. Riempimento.

Prestazioni. Variazione delle prestazioni con le condizioni ambiente. Regolazione.

Motore ad accensione comandata per impiego aeronautico. Sovralimentazione. Prestazioni al variare della quota. Sistemi di regolazione del carburante.

ESERCITAZIONI

Vengono sviluppati semplici esempi di calcolo delle prestazioni delle macchine a fluido.

TESTI CONSIGLIATI

A. Beccari, *Macchine*, 2 voll., Clut, Torino, 1980.

A. Beccari, *Esercizi di macchine*, Clut, Torino, 1979.

IN257 MATEMATICA APPLICATA

Prof. Miriam PANDOLFI

DIP. di Matematica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Strutture - Aerodinamica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

55

4

Es.

25

2

Lab.

20

2

Il corso si propone lo scopo di impartire a studenti di una scuola di ingegneria alcuni metodi matematici idonei alla modellizzazione matematica ed alla analisi qualitativa e quantitativa di sistemi d'ingegneria aeronautica. I temi principali trattati, sono in sostanza le equazioni differenziali dei sistemi continui le quali sono studiate con metodi analitici e con tecniche numeriche.

Il corso si propone altresì lo scopo di introdurre i metodi del calcolo delle probabilità e dell'analisi stocastica.

Il corso comprenderà lezioni, esercitazioni in aula ed al calcolatore, seminari.

Nozioni propedeutiche: i contenuti dei corsi di Analisi matematica, Geometria, Meccanica razionale e Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Elementi di analisi funzionale.

Modelli matematici e formulazione matematica dei problemi della meccanica: equazione del calore, della corda vibrante, della membrana elastica, del flusso isoentropico e altri.

Classificazione delle equazioni differenziali alle derivate parziali del II ordine. Formulazione di problemi ai valori iniziali ed al contorno per equazioni alle derivate parziali.

Sistemi lineari: metodi di studio di equazioni alle derivate parziali lineari.

Trasformate di Fourier e di Laplace. Cenni di analisi modale.

Sistemi non-lineari: studio di equazioni non lineari alle derivate ordinarie e parziali con i metodi di decomposizione e di perturbazione.

Modelli matematici con parametri aleatori.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono differenziate per corso, Meccanici od Aeronautici, e si rivolgono allo studio matematico di sistemi in Ingegneria meccanica ed aeronautica rispettivamente.

LABORATORI

Esercitazioni pratiche su Sistemi di calcolo automatico.

TESTI CONSIGLIATI

Appunti dalle lezioni.

N. Bellomo, *Sistemi dinamici e modelli matematici con parametri aleatori*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

IN257 MATEMATICA APPLICATA

Prof. Nicola BELLOMO

DIP. di Matematica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Strutturistico - Fluidodinamico

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

55

4

Es.

25

4

Lab.

20

2

Il corso si propone lo scopo di impartire a studenti di una scuola di ingegneria alcuni metodi matematici idonei alla modellizzazione matematica ed alla analisi qualitativa e quantitativa di sistemi d'ingegneria aeronautica. I temi principali trattati, sono in sostanza le equazioni differenziali dei sistemi continui le quali sono studiate con metodi analitici e con tecniche numeriche.

Il corso si propone altresì lo scopo di introdurre i metodi del calcolo delle probabilità e dell'analisi stocastica.

Il corso comprenderà lezioni, esercitazioni in aula ed al calcolatore, seminari.

Nozioni propedeutiche: i contenuti dei corsi di Analisi matematica, Geometria, Meccanica razionale e Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Elementi di analisi funzionale.

Modelli matematici e formulazione matematica dei problemi della meccanica: equazione del calore, della corda vibrante, della membrana elastica, del flusso isoentropico e altri.

Classificazione delle equazioni differenziali del II ordine. Formulazione di problemi ai valori iniziali ed al contorno per equazioni alle derivate parziali.

Sistemi lineari: metodi di studio di equazioni alle derivate parziali lineari.

Trasformate di Fourier e di Laplace per funzioni. Cenni di analisi modale.

Sistemi non lineari: studio di equazioni non lineari alle derivate ordinarie e parziali con i metodi di decomposizione e di perturbazione.

Modelli matematici con parametri aleatori.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono differenziate per corso, Meccanici od Aeronautici, e si rivolgono allo studio matematico di sistemi in Ingegneria Meccanica ed Aeronautica rispettivamente.

LABORATORI

Esercitazioni pratiche su Sistemi di calcolo automatico.

TESTI CONSIGLIATI

Appunti dalle lezioni.

N. Bellomo, *Sistemi dinamici e modelli matematici con parametri aleatori*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

IN262 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Prof. Furio VATTA

DIP. di Meccanica

III ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	56	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Scopo del corso è quello di fornire agli allievi gli elementi fondamentali per poter affrontare lo studio dei problemi meccanici che concernono le macchine. I temi trattati riguardano in particolar modo la dinamica applicata e la cinematica applicata.

Il corso si articolerà in sei ore di lezione e quattro ore di esercitazione.

Nozioni propedeutiche: si ritiene indispensabile aver seguito i corsi di Meccanica razionale e Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Dinamica applicata - forze d'inerzia: forza d'inerzia risultante, momento risultante delle forze d'inerzia, lavoro delle forze d'inerzia nello spostamento effettivo. Applicazioni: macchine alternative monocilindriche, bicilindriche; equilibramento delle forze d'inerzia, coppia giroscopica e sue applicazioni. Equazioni fondamentali della dinamica: equazioni cardinali, principio di d'Alembert, equazione dell'energia. Applicazioni: il problema del volano con albero rigido, vibrazioni per sistemi a un grado di libertà e a due gradi di libertà; ammortizzatori dinamici; velocità critica di un albero elastico con disco; influenza della inclinazione del disco durante la rotazione; problema dinamico delle camme; sistemi a massa distribuita: calcolo delle frequenze proprie e dei modi normali di vibrazione. Forze agenti negli accoppiamenti: coefficiente di attrito radente e volvente: leggi di Coulomb. Organi flessibili: funi e cinghie. Teoria elementare della lubrificazione.

Cinematica applicata - profili coniugati, metodo dell'involuppo: camma corrispondente ad una data legge del moto della valvola; ruote dentate cilindriche a denti dritti e a denti elicoidali; ruote dentate coniche; rotismi ordinari e rotismi epicicloidali.

ESERCITAZIONI

Vengono assegnati dal docente agli allievi esercizi riguardanti gli argomenti trattati a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

Ferrari - Romiti, *Meccanica applicata alle macchine*, Utet, Torino, 1966.

Cancelli - Vata, *Esercizi di meccanica applicata*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1979.

IN486 MECCANICA RAZIONALE

Prof. Maria Grazia ZAVATTARO
CHIADO'-PIAT

DIP. di Matematica

II ANNO
2° PERIODO DIDATTICO
Corso di Laurea: ING. AERONAUTICA

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	76	52	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso ha come finalità l'acquisizione dei fondamenti della Meccanica e dei relativi metodi matematici di studio. Viene trattata la Meccanica del punto, del corpo rigido e dei sistemi articolati. Vengono esposti i principi fondamentali della Meccanica Newtoniana e Lagrangiana, nonché i loro sviluppi analitici ed applicativi con particolare attenzione ai problemi che interessano l'Ingegneria.

Il corso consta di lezioni ed esercitazioni in aula.

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

PROGRAMMA

Nozioni generali sui modelli matematici della Meccanica.

Cinematica: Cinematica del punto e del corpo rigido. Leggi di distribuzione di velocità e accelerazione, moti composti. Vincoli e gradi di libertà.

Statica: Vettori applicati e momenti. Riduzione di sistemi di vettori applicati. Baricentri, momenti statici, momenti di inerzia, momenti centrifughi. Reazioni vincolari in assenza di attrito e cenni sull'attrito. Concetto di equilibrio, equazioni cardinali, principio dei lavori virtuali. Forze conservative. Stabilità. Equilibrio relativo.

Dinamica: Principio di d'Alembert. Teoremi della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Teorema dell'energia cinetica, equazioni di Lagrange. Integrali primi. Metodi qualitativi e quantitativi per lo studio delle equazioni del moto.

Introduzione ai metodi della probabilità applicata allo studio di sistemi e modelli matematici con parametri aleatori.

ESERCITAZIONI

Vengono proposti agli allievi, e quindi risolti analiticamente, graficamente o numericamente, problemi di carattere applicativo attinente agli argomenti del corso.

TESTI CONSIGLIATI

Bellomo, *Meccanica classica e stocastica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1984.

Bellomo, *Problemi della meccanica classica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

Nocilla, *Meccanica razionale*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

IN308 MOTORI PER AEROMOBILI

Prof. Giuseppe BUSSI
V ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

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

Il corso descrive i turbomotori e i principali propulsori a getto (turborattori a semplice e a doppio flusso, autoreattori) di impiego aeronautico e ne studia il funzionamento, per evidenziare da un lato il ruolo dei principali parametri termo-fluidodinamici sulle prestazioni (essenzialmente potenza o spinta e consumi), dall'altro il comportamento della macchina, sempre in termini di prestazioni, al variare delle condizioni di impiego e in risposta ai comandi della regolazione.

La didattica svolta nelle lezioni viene accompagnata e integrata con esercitazioni di applicazione numerica in aula e con dimostrazioni di carattere pratico in Laboratorio. Per una proficua partecipazione tornano d'utilità conoscenze di base nel campo delle macchine a fluido e della meccanica dei fluidi, fornite nei corsi di Macchine, Aerodinamica e Gasdinamica.

PROGRAMMA

Spinta (espressione standard, spinta interna, resistenza addizionale); rendimenti, impulsi e consumi specifici.

Cicli a gas per turbomacchine; influenza delle principali variabili termodinamiche sul lavoro utile e sul consumo specifico della potenza.

Studio delle prestazioni in sede di progetto; ottimizzazione del doppio-flusso, della turboelica. Analisi funzionale dei componenti; prese d'aria per volo subsonico e supersonico; turbocompressori e turboespansori; combustori, effusori.

Regolazione e studio delle prestazioni in condizioni di impiego; presentazione in forma adimensionata delle prestazioni; correzione delle prestazioni.

Metodi per l'automoto temporaneo della spinta o della potenza: iniezione d'acqua e postcombustione.

Accoppiamento presa d'aria-motore: caso del turboreattore e dell'autoreattore.

Controllo del combustibile e sistema combustibile.

Miscellanea (invertitori di spinta; silenziatori; avviatori e avviamento; prove al banco).

ESERCITAZIONI

Calcolo, in sede di progetto, delle prestazioni di turbine a gas, turboreattori e autoreattori; applicazioni numeriche sul comportamento in regolazione di alcune macchine e di alcuni componenti.

LABORATORI

Dimostrazione di materiale. Prove al banco di turbina a gas e di modello di autoreattore.

TESTI CONSIGLIATI

È già disponibile una parte degli appunti delle lezioni a cura del docente.

Anonimo, *The Jet Engine*, Roll-Royce (1971) Limited, Derby, 1969.

Hill - Peterson, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison-Wesley, Reading (Mass), 1965.

Hesse, Mumford, *Jet Propulsion for Aerospace Application*, Pitman, New York, 1964.

IN310 MOTORI PER MISSILI

Prof. Guido COLASURDO

DIP. di Energetica

ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Scuola di Ingegneria Aerospaziale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

60 18

6 — —

Scopo del corso è la presentazione dei principali problemi che si presentano al progettista del sistema costituente un endoreattore sia a propellente liquido che a propellente solido.

Per una piena comprensione degli argomenti trattati, tornano di utilità nozioni di base nel campo delle Macchine a fluido e della Meccanica dei fluidi, fornite nei corsi di macchine, Motori per aeromobili, Aerodinamica e Gasdinamica.

PROGRAMMA

Teoria cinetica delle reazioni di combustione in fase gassosa. Propagazione della fiamma. Combustione di gocce. Combustione di propellenti solidi.

Prestazioni di un ugello. Calcolo di progetto. Previsioni delle prestazioni di un ugello non adattato.

Endoreattori a propellente liquido. Sistemi di alimentazione. Scelta del propellente. Problemi di stabilità della combustione.

Endoreattori a propellente solido. Composizione chimica e forma geometrica del propellente. Problemi di stabilità della combustione.

Regolazione della spinta e studio delle prestazioni in condizioni di impiego.

Refrigerazione delle pareti della camera di combustione e dell'ugello.

Prove di sviluppo e di qualificazione di un endoreattore.

ESERCITAZIONI

Gli allievi eseguiranno calcoli numerici sugli specifici argomenti trattati nelle lezioni; in particolare sarà sviluppato lo studio numerico di ugelli con fluido reagente.

TESTI CONSIGLIATI

F.A. Williams, *Combustion Theory*.

G.B. Sutton, *Rocket Propulsion Elements*.

M. Barrere - A. Jaumotte, *Rocket Propulsion*.

IN335 PROGETTO DI AEROMOBILI

Prof. Ettore ANTONA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

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

Il corso si propone di presentare in una visione unitaria le problematiche della progettazione degli aeromobili, per quanto riguarda in particolare gli aspetti aerodinamici, strutturali, aeroelastici e meccanici, esaminate anche nel loro divenire nel progresso tecnico. Si forniscono nozioni fondamentali sui fenomeni fisici strutturali o connessi con la realizzazione degli aeromobili, sui fondamenti scientifici dei metodi impiegati nelle varie fasi del progetto. Si analizzano i concetti ispiratori delle norme e dei regolamenti nel contesto della evoluzione del pensiero sul progetto degli aeromobili.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica, Meccanica razionale ed applicata, Scienza delle costruzioni, Costruzioni aeronautiche, Aerodinamica, Gasdinamica, Aeronautica generale, Tecnologia aeronautiche.

PROGRAMMA

Classificazione degli aeromobili. Capacità STOL e VTOL; contributi alla resistenza aerodinamica; sistemi motopropulsori e sostentatori; tipologia strutturale.

Il problema del progetto. Sviluppo della tecnica aeronautica; fasi del progetto; specifiche. Ambiente. Materiali; normativa; sicurezza e durata; affidabilità.

Teorie e metodi dello sviluppo del progetto. Descrizioni probabilistiche delle condizioni e dei comportamenti; risposta dinamica ai carichi aleatori; comportamenti dei materiali; limiti di stabilità; modelli matematici; modelli analogici; modelli in similitudine.

Aspetti del progetto. Aerodinamica e gasdinamica applicata; prestazioni e qualità di volo; strutture: carichi statici, dinamici e a fatica; aeroelasticità; installazione motori; impianti.

Progetto strutturale. Funzioni della struttura; carichi; funzioni dei componenti; metodologie di progetto e criteri di sicurezza e durata.

Analisi strutturale. Strutture a guscio rinforzato; metodi agli elementi finiti; discontinuità di carico e di geometria.

Carichi e sollecitazioni ammissibili. Stati limite; stabilità a frattura; limiti di stabilità nelle strutture.

Proprietà delle ali diritte e a freccia. Teoria delle superfici portanti; effetti della freccia; effetti della viscosità; comportamenti alle alte incidenze; l'ala a freccia in campo transonico e supersonico.

Progetto aerodinamico di velivoli con ali diritte e a freccia. Obiettivi; profili; interferenze.

Proprietà e progetto aerodinamici dei velivoli supersonici. Evoluzione del progetto; tipi di velivoli; flussi vorticosi sulle ali «sottili»; comportamento a bassa velocità; ali svergolate; comportamento in campo supersonico; prese d'aria.

Aspetti del progetto. Aerodinamica e gasdinamica applicate; prestazioni e qualità di volo; strutture: carichi statici, dinamici e a fatica; aeroelasticità; installazione motori; impianti.

Progetto strutturale. Funzioni della struttura; carichi; funzioni dei componenti; metodologie di progetto e criteri di sicurezza e durata.

Analisi strutturale. Strutture a guscio rinforzate; metodi agli elementi finiti; problemi connessi con le discontinuità di carico e di geometria.

Carichi e sollecitazioni ammissibili. Stati limite nei materiali; limiti di stabilità a frattura; limiti di stabilità nelle strutture.

ESERCITAZIONI

Sviluppo ed applicazione di argomenti trattati nel corso. Carichi e distribuzioni di carico. Progetto di una prova in similitudine. Analisi strutturale di tipiche strutture di aeromobili. Risposta dinamica di un sistema elastico semplice. Progetto strutturale di un componente di aeromobili.

TESTI CONSIGLIATI

G. Corning, *Airplane Design*, 1953.

B. Etting, *Dynamics of flight*, 1959.

B.W. McCormick, *Aerodynamics of V/STOL flight*, Ed. Cademic Press, 1967.

Abbott & von Dohenoff, *Theory of wing section*.

E.F. Bruhn, *Analysis and design of missiles structures*, 1965.

D. Küchemann, *The aerodynamics design of aircraft*, Pergamon Press, 1978.

Oltre a fascicoli vari editi dalla Clut o in preparazione.

IN336 PROGETTO DI AEROMOBILI II

Prof. Giulio ROMEO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

50

30

12

INDIRIZZO: Strutture - Gestione - Produzione

Settimanale (ore)

4

2

—

Il corso si propone di fornire agli allievi, dopo una descrizione della tecnologia di produzione delle strutture aeronautiche realizzate in materiale composito, una conoscenza sulla progettazione di elementi di tali strutture prendendo in esame le teorie relative ai materiali non isotropi.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni in aula, più alcune ore di laboratorio durante le quali verranno realizzati dei pannelli, semplici o irrigiditi e verranno effettuate delle prove di rottura.

Nozioni propedeutiche: Scienza delle costruzioni, Costruzioni aeronautiche, Progetto di aeromobili.

PROGRAMMA

Tecnologia dei materiali compositi: produzione delle fibre costituenti il composito (fibre di grafite, amide e boro). Composizione della matrice (resine epossidiche e poliammidiche). Lavorazione dei pre-impegnati. Polimerizzazione del composito. Caratteristiche meccaniche. Esempi di strutture realizzate in composito (Timone DC10, Equilibratore e Timone Boeing 767, Deriva Lockheed L-1011, Ala AV-8H Harrier, ecc.) e conseguente ripsarmio di massa rispetto alle strutture metalliche.

Teoria dei materiali compositi: micromeccanica della lamina. Caratteristiche meccaniche del composito note che siano quelle dei due costituenti il materiale e la loro percentuale in volume. Macromeccanica della lamina. Costanti elastiche per materiali ortotropi. Relazione tensione-deformazione per una lamina con fibre orientate in direzione arbitraria. Macromeccanica di un laminato. Teoria classica secondo le ipotesi di Kirchhoff-Love. Rigidezze estensionali, di accoppiamento e flessionali di un multistrato con orientazione arbitraria delle fibre. Effetti di taglio trasversali. Instabilità elastica dei pannelli ortotropi soggetti a compressione e/o taglio. Progetto di pannelli irrigiditi soggetti a trazione, compressione e taglio. Instabilità flessor-torsionale (teoria di Wagner) dei pannelli irrigiditi. Ottimizzazione della massa minima.

ESERCITAZIONI

Calcoli numerici sugli argomenti trattati nel corso e elaborazione programma di calcolo per l'ottimizzazione della massa minima di pannelli irrigiditi.

LABORATORI

Realizzazione di pannelli, semplici o irrigiditi, e di cassoni alari e relative prove di rottura secondo le ricerche in corso nel Dipartimento.

TESTI CONSIGLIATI

J. Delmonte, *Technology of Carbon and Graphite Fiber Composites*, Van Nostrand.

G. Romeo, *Tecnologia dei materiali compositi grafite/resina e loro applicazioni nell'industria aeronautica*, appunti del corso.

R.H. Jones, *Mechanics of Composite Materials*, McGraw Hill.

IN340 PROPULSORI ASTRONAUTICI

Prof. Luca ZANETTI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

ANNO
2° PERIODO DIDATTICOImpegno didattico Lez. Es. Lab.
Annuale (ore)
Settimanale (ore)

Lo scopo del corso è la presentazione dei propulsori elettrici e nucleari per uso astronautico e la comprensione del loro funzionamento e del loro campo di prestazioni. Si ritiene consigliabile la frequenza a chi abbia interesse a conoscer i probabili propulsori per le missioni astronomiche del futuro, nonché i moderni mezzi per il controllo ad assetto dei satelliti terrestri.

Per una proficua partecipazione al corso è utile avere conoscenza di base di gasdinamica e di propulsione aerea nonché di elettromagnetismo.

PROGRAMMA

1. Introduzione e richiamo di nozioni fondamentali.
2. Propulsione elettrotermica.
3. Propulsione elettrostatica.
4. Propulsione elettromagnetica stazionaria.
5. Propulsione elettromagnetica non stazionaria.
6. Propulsori nucleari.
7. Cenni sui mezzi di generazione di potenza nello spazio.
8. Cenni sull'analisi delle missioni spaziali con spinte di basso livello ma prolungate nel tempo.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella soluzione di problemi relativi al funzionamento dei propulsori sia elettrici che nucleari; in particolare si valutano numericamente le prestazioni dei vari propulsori e se ne effettua un dimensionamento di massima, con riferimento alle caratteristiche di impiego prevedibili.

TESTI CONSIGLIATI

Il corso è, per gran parte, tratto dal volume seguente:

- R.G. Jahn, *Physics of Electric Propulsion*, McGraw Hill, Book Company.
 L. Turcotte, *Space Propulsion*, Baisdell Publishing Company.
 D.P. Le Galley, *Space Exploration*, McGraw Hill, Book Company.
 P.G. Hill & C.R. Peterson, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, McGraw Hill, Book Company.
 R.W. Bussard - R.D. Delayer, *Fundamentals of Nuclear Flight*, McGraw Hill, Book Company.
 E. Stuhlinger, *Ion Propulsion for Space Flight*, McGraw Hill, Book Company.

IN358 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Ezio LEPORATI

DIP. di Ingegneria Strutturale

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	70	6
Settimanale (ore)	5	5	—

La Scienza delle costruzioni studia fundamentalmente lo stato di tensione e di deformazione a cui le strutture sono soggette nella loro funzione di trasmissione degli sforzi. Il corso considera solo le strutture unidimensionali (travi e travature, non le piastre ed i gusci) e conserva una impostazione classica, fondata sull'ipotesi lineare elastica e sul concetto delle tensioni ammissibili.

Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni in aula e in laboratorio.

È indispensabile la conoscenza della statica e della geometria delle aree oltre alle nozioni comuni di analisi.

PROGRAMMA

Elementi di statica del corpo rigido. Vincoli e grado di iperstaticità delle strutture. Reazioni vincolari. Schemi strutturali anomali. le caratteristiche di sollecitazione. Travature reticolari piane. Analisi dello stato di tensione. Equazioni indefinite e ai limiti. Ricerca analitica delle direzioni e delle dilatazioni principali. Le equazioni di congruenza. L'equazione dei lavori virtuali. Il metodo delle forze. Influenza dei cedimenti vincolari e delle variazioni termiche. l'equazione differenziale della linea elastica. Strutture piane iperstatiche. Le equazioni di Müller Breslau. La trave continua. Le proprietà del corpo elastico. L'energia potenziale elastica. Teorema di Betti. Linee di influenza di deformazioni e sollecitazioni. Teoremi di Clapeyron e di Castigliano. Il corpo elastico isotropo. Relazione tra le costanti elastiche. L'energia distortrice. Il problema di St. Venant: le equazioni generali; sforzo normale; flessione; torsione; taglio; sollecitazioni composte. La teoria delle travi. Le tensioni addizionali. I criteri di resistenza di Beltrami e di Von Mises. La verifica della sicurezza. L'instabilità elastica. Cenno ai problemi del 2° ordine.

ESERCITAZIONI

Consistono in applicazioni e in accertamenti dell'apprendimento della teoria svolta a lezione. Si richiamano inoltre gli elementi di statica e di geometria della masse indispensabili per lo svolgimento dei calcoli richiesti.

LABORATORI

Determinazione del diagramma di deformazione di acciai e di leghe leggere. Rilievo di deformazioni totali e unitarie di elementi strutturali.

TESTI CONSIGLIATI

Cicala, *Scienza delle costruzioni*, vol. 1 e 2, Levrotto & Bella, Torino.

Belluzzi, *Scienza delle costruzioni*, vol. 1, Zanichelli, Bologna.

Baldacci, *Scienza delle costruzioni*, vol. 1 e 2, Utet, Torino.

IN383 STRUMENTI DI BORDO

Prof. Lorenzo BORELLO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

24

2

Lab.

6

—

Scopo del corso è fornire quelle cognizioni riguardanti gli strumenti di bordo per aeromobili che sono indispensabili alla comprensione dei principi di funzionamento, e alla valutazione delle prestazioni, nell'ambito sia del progetto dell'aeromobile, sia della produzione dello stesso, sia dell'impiego. Notizie sui problemi di progettazione e costruzione degli strumenti sono fornite a chiarimento di quanto sopra. Il corso verte su un certo numero di lezioni supportate da esercitazioni e analisi dal vero.

Nozioni elementari di meccanica, elettrotecnica, elettronica, sono necessarie per un facile approccio alla materia.

PROGRAMMA

Generalità sugli strumenti di bordo e sui comandi di volo; strumenti di bordo, avionica; rapporto uomo-macchina; requisiti degli strumenti di bordo; componenti meccanici ed elettrici, sottosistemi.

Strumenti di controllo per motori ed impianti.

Strumenti di pilotaggio e controllo del velivolo; damper, SAS, SAS, comandi, CAS, CSAS, FBW, FBL, ACT, CCV, sensibilità artificiale; air data system, calcolatori, operazioni eseguite; misure di quota e altimetri barometrici; misure di velocità verticale; variometri; misure di «air-speed», numero di Mach, temperatura; misure di angolo di incidenza e di derapata; strumenti di riferimenti d'assetto: indicatori di angolo di sbandamento, di virata, orizzonti artificiali, asservimenti, accordo Schuler.

Strumenti di navigazione: bussole magnetiche, giromagnetiche, girodirezionali, giroscopiche.

Navigatori inerziali, concetti, rilevamenti, componenti, integrazione tra vari componenti.

Problematica della presentazione di dati.

ESERCITAZIONI

Consistono in esami delle documentazioni tecniche disponibili e nell'esecuzione di calcoli numerici.

LABORATORI

Saranno effettuate analisi di componenti dal vero, corredate da eventuali dimostrazioni funzionali.

TESTI CONSIGLIATI

Pallett, *Aircraft Instruments*, Pitman, Great Britain, 1972.

Kayton - Fried, *Avionics Navigation Systems*, Wiley, New York, 1969.

IN384 STRUTTURE AEROMISSILISTICHE

Prof. Ettore ANTONA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Strutture

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

Il corso fornisce i fondamenti teorici dei metodi per l'analisi dello stato di deformazione, per l'analisi della stabilità, dell'equilibrio e per la determinazione dei limiti di stabilità delle strutture aeronautiche e missilistiche. Vengono considerati sia i problemi statici sia quelli di risposta dinamica delle strutture fino ai problemi di propagazione dinamica di dati di deformazione e sollecitazione.

Tutti i metodi approssimati di analisi vengono derivati attraverso impostazioni tra loro comparate, dalle formulazioni esatte della fisica matematica, con lo scopo di evidenziare fra l'altro gli aspetti concettualmente invariati delle differenti impostazioni.

Il corso si svolgerà con lezioni nelle quali si presenteranno agli allievi anche esercizi predisposti per lo svolgimento a parte. È raccomandata la frequenza ai seminari dei dottorati di ricerca ed alle attività culturali della S.I.A. che il docente indicherà di volta in volta.

Nozioni propedeutiche: Analisi matematica, Meccanica razionale e applicata, Scienza delle costruzioni, Costruzioni aeronautiche, Matematica applicata o Complementi di matematica, Progetto di aeromobili.

PROGRAMMA

Meccanica dei continui tridimensionali. Stati di sollecitazione; stati di deformazione; relazioni sforzi deformazioni; potenziale elastico; spostamenti virtuali; lavori virtuali.

Meccanica dei sistemi continui bidimensionali. Geometria della superficie; spostamenti deformazioni; sforzi; equazioni di equilibrio.

Teoremi dell'equilibrio elastico. Teoremi sul potenziale elastico totale e sulla energia complementare totale; applicazioni alle strutture a guscio rinforzate; teorie elementari; tensioni correttive.

Stabilità dell'equilibrio dei sistemi conservativi. Limiti di stabilità; sensibilità alle imperfezioni iniziali di forma; teorie non lineari.

Formulazioni esatte e assiomatiche delle teorie lineari delle strutture in parete sottile.

Formulazioni asintotiche delle teorie lineari con particolare riferimento a strutture in parete sottile.

Propagazione di fenomeni dinamici nelle strutture.

Metodo degli elementi finiti. Metodo degli spostamenti; analisi di elementi; analisi dell'approssimazione del metodo.

Problemi di minimo peso.

IN386 TECNICA DEGLI ENDOREATTORI

Prof. Guido COLASURDO

DIP. di Energetica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

Annuale (ore)

56

40

—

Settimanale (ore)

4

4

—

Finalità del corso è quella di dare agli allievi la conoscenza delle modalità del volo nello spazio e delle tecnologie dei propulsori a tale scopo impiegati. Di conseguenza il corso è articolato in due parti, all'incirca della stessa estensione: la prima parte espone i fondamenti della meccanica del volo nello spazio; la seconda parte illustra le caratteristiche dei propulsori spaziali.

Il corso si svolge tradizionalmente, con lezioni ed esercitazioni.

Nozioni propedeutiche: Motori per aeromobili.

PROGRAMMA

1^a Parte. Meccanica del volo nello spazio; campi gravitazionali; orbite circolari ed ellittiche; traiettorie paraboliche e iperboliche; evasione dal sistema solare; sfera di attività di un astro; traiettorie di Hohmann; velocità totale per una missione lunare; problemi e tecniche delle missioni interplanetarie; fase vettrice del veicolo spaziale, attraversamento dell'atmosfera; ΔV di un razzo mono stadio; tecnica dei razzi polistidi; tecnica dei trasporti spaziali mediante vettori riutilizzabili; progetto Shuttle; principi di guida dei razzi vettori: guida radio e guida inerziale; generazione di energia elettrica nei veicoli spaziali; rientro nell'atmosfera dei veicoli spaziali.

2^a Parte. Propulsione spaziale; caratteristiche, schemi di funzionamento, classificazione degli endoreattori; endoreattori chimici a combinazione bipropellente liquida, monopropellente, solida; espansione dei gas nell'ugello; velocità di efflusso dei gas, spinta; disegno dell'ugello, adattamento, impulso specifico; iniezione, combustione, raffreddamento negli endoreattori a liquidi. Sistemi di alimentazione mediante pressurizzazione e mediante turbopompe; regolazione della spinta; propellenti liquidi moderni, combinazioni ipergoliche; endoreattori a propellenti solidi, omogenei, eterogenei; leggi della combustione, velocità di combustione; grani neutri, progressivi regressivi; a combustione frontale, interna, esterna; accensione; materiale per ugelli e per involucri.

ESERCITAZIONI

1^a Parte. Progetto e calcolo di traiettorie per la messa in orbita di satelliti artificiali e per trasferte interplanetarie. 2^a Parte. Progetto e calcolo di endoreattori a propellenti liquidi e solidi.

TESTI CONSIGLIATI

Robotti, *Tecnica degli endoreattori*, dispense del corso.

Robotti, *Fondamenti della locomozione nello spazio*, Ed. Utet, Torino.

G. Sutton, *Rocket propulsion elements*, 4^a edizione, Ed. Wiley.

IN413 TECNOLOGIA MECCANICA

Prof. Francesco SPIRITO

IST. di Tecnologia Meccanica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Gestione - Produzione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

52

4

Es.

48

4

Lab.

—

—

Obiettivi del corso sono: fornire l'insieme di nozioni necessarie a comprendere come possa essere realizzato e prodotto un particolare meccanico; analizzare i diversi elementi componenti la macchina utensile in modo da fornire di quest'ultima una visione sistematica; studiare i fondamenti teorici dei processi di lavorazione con asportazione di materiale e per deformazione plastica; introdurre i primi rudimenti di gestione delle macchine utensili; presentare una panoramica delle lavorazioni non convenzionali.

Il corso prevede 4 ore di lezione settimanali per la parte teorica 4 ore per la parte applicativa.

Nozioni propedeutiche: capacità di lettura di un disegno tecnico e nozioni elementari sulle caratteristiche dei materiali metallici.

PROGRAMMA

La prima parte del corso ha carattere prevalentemente propedeutico e dà un'ampia panoramica dei principali elementi componenti la macchina utensile; vengono altresì sviluppati gli aspetti teorici connessi alle operazioni di taglio con asportazione di materiale. Ampio spazio viene dedicato alle macchine utensili a C.N. sviluppandone sia l'aspetto costruttivo sia l'aspetto applicativo. Vengono trattate le basi del linguaggio di programmazione. In stretta connessione con le macchine a C.N. si parla di sistemi integrati di produzione e di Computer Assisted Manufacturing (C.A.M.). Vengono ancora trattate le lavorazioni per deformazione plastica vedendole come mezzo per l'ottenimento di semilavorati per le lavorazioni per deformazione plastica vedendole come mezzo per l'ottenimento di semilavorati per le lavorazioni ad asportazione di truciolo. In questo capitolo del corso si dà un breve cenno delle lavorazioni sulle lamiere con particolare riferimento a quelle impiegate nell'industria aerospaziale.

La parte finale del corso è dedicata ad una panoramica delle tecnologie di lavorazione non convenzionali (EDM, ECM, Laser, ecc.).

ESERCITAZIONI

Il corso è integrato da una serie di lezioni-esercitazioni attinenti la stesura di cicli di lavorazione e lo studio delle principali macchine universali impiegate nella produzione meccanica; torni, trapani, fresatrici, alesatrici, rettificatrici.

TESTI CONSIGLIATI

G.F. Micheletti, *Il taglio dei metalli e le macchine utensili*, Utet, Torino.

R. Ippolito, *Appunti di Tecnologia meccanica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1974.

R. Ottone, *Macchine utensili a comando numerico*, Etas Kompass.

IN416 TECNOLOGIE AERONAUTICHE

Prof. Margherita CLERICO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

III ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	85	20	—
Settimanale (ore)	6	2	—

Il corso tratta principalmente i problemi realizzativi delle strutture degli organi meccanici degli aeromobili nell'ottica della attività di fabbricazione, di officina, di controllo e di manutenzione.

Inoltre, scopo del corso è quello di fornire agli allievi gli elementi realistici di conoscenza dei materiali nel loro comportamento meccanico e termofisico e dei processi di lavorazione, atti a formare un'immagine concreta degli elementi meccanici, strutturali e motoristici, sin dal momento della loro concezione progettuale.

Il corso è aggiornato in modo da comprendere le ultime novità in fatto di materiali e di tecnologie.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, visite in Aeritalia e in altri enti.

Nozioni propedeutiche: corsi del biennio, chimica applicata, scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Cenni di statistica applicata alla dispersione dei dati sperimentali, al controllo di qualità, all'affidabilità. Tipologia e tecnologie di fabbricazione. Le prove non distruttive. I materiali, le loro proprietà e il loro comportamento meccanico: struttura e deformazione, idealizzazione della deformazione e teorie del continuo, smorzamento, corrosione, frattura fragile, duttile e modi di transizione, scorrimento viscoso, fatica, attrito e usura. Prove per la caratterizzazione dei materiali. La caratterizzazione dei materiali per le costruzioni aeronautiche. Trattamenti termici. I processi tecnologici per colata, per deformazione a caldo, per deformazione a freddo. Sintetizzazione, lavorazioni ad asportazione di truciolo, lavorazioni speciali dei metalli. Saldature, rivettature e collegamenti vari.

ESERCITAZIONI

Verifica di diversi organi a scelta del materiale più adatto; cicli di lavorazione; disegno di alcune parti e attrezzature di produzione.

TESTI CONSIGLIATI

M. Clerico - L. Locati, *33 anni di fatica in aeronautica*, da Troughton A.J., Clut.

M. Clerico, *Le prove non distruttive nelle costruzioni aeronautiche*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

C. Vero - M. Clerico, *Cenni sull'impostazione della configurazione*, Clut, Torino.

F.E. Ashby - D.R.H. Jones, *Engineering Materials*, Pergamon Press, 1980.

M. Clerico, *La struttura dei materiali e le loro proprietà*, Clut.

M. Clerico, *I materiali e le loro proprietà*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

M. Clerico, *Aspetti tribologici delle tecnologie aeronautiche*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

M. Clerico, *Osservazioni sperimentali, meccanismi e criteri per la frattura duttile*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

M. Clerico, *Fenomeni di deterioramento nelle strutture aeronautiche*, Clut, Torino.