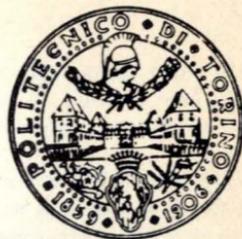
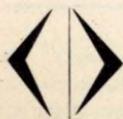


**POLITECNICO**  
**di TORINO**  
**FACOLTÀ di**  
**INGEGNERIA**



**GUIDA AI PIANI DI STUDIO  
E PROGRAMMI DEGLI  
INSEGNAMENTI UFFICIALI  
DEL TRIENNIO**

**1982—83**



a cura del  
**CEDING (Centro Documentazione Ingegneria)**



POLITECNICO  
DI TORINO  
FACOLTÀ DI  
INGEGNERIA

GUIDA AI PIANI DI STUDIO  
E PROGRAMMI DEGLI  
INSEGNAMENTI UFFICIALI  
DEL TRIENNIO  
1982-83

Finito di stampare nel mese di Ottobre 1982

per conto della CELID dalla Coop. La Grafica Nuova - Torino -

a cura del

CEDING (Centro Documentazione Ingegneria)



Questo volume vuole rappresentare una guida ai piani degli studi degli otto Corsi di Laurea della Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, realizzata in modo da permettere allo Studente di valutare responsabilmente il cammino che lo attende durante il suo curriculum.

Esso è rivolto agli Studenti del Triennio che son di fronte a decisioni impegnative per la loro formazione, quali la scelta dell'indirizzo di laurea o la compilazione di un proprio piano di studio, diverso da quello predisposto ufficialmente dalla Facoltà (come è noto la legge permette allo Studente di presentare proprie proposte di piano di studio, che i Consigli di Corso di Laurea valuteranno e potranno approvare nel rispetto delle esigenze di formazione e di preparazione professionale dello Studente).

Questa Guida richiama inizialmente delle notizie generali sui piani di studio ufficiali e le norme per la presentazione dei piani di studio individuali. Il seguito è stato organizzato in modo da riportare per ogni Corso di Laurea:

- a) una breve descrizione del Corso di Laurea e dei suoi indirizzi;
- b) i nominativi del Presidente del Consiglio di Corso di Laurea e dei componenti la Commissione per l'esame dei Piani di studio individuali e la Commissione per l'assegnazione delle Prove di sintesi
- c) il Piano ufficiale degli studi
- d) i criteri di approvazione dei Piani di studio individuali
- e) i programmi degli insegnamenti ufficiali del Corso di Laurea con tutte le notizie utili per la frequenza. Questi sono preceduti dall'elenco alfabetico, con i relativi riferimenti, degli insegnamenti che appartengono ad altro Corso di Laurea, ma inseribili nei Piani di Studio individuali.

Al fondo del volume sono infine inseriti due elenchi alfabetici, uno per insegnamento (comprendente anche il nome del docente relativo) ed uno per docente.

I dati forniti si riferiscono all'anno accademico 1982-83. E' questo un anno di transizione per la struttura universitaria, e del Politecnico in particolare: entrata in funzione dei Dipartimenti (\*), inizio delle nomine di professori associati, ecc., per cui si raccomanda agli Studenti di porre la massima attenzione ai mutamenti intervenuti e di volerli scusare se qualche particolare potrà ancora mutare fra la stampa di questo volume e l'inizio dell'attività didattica.

Si ricorda ancora che l'indicazione di frequenza di ciascun insegnamento, nell'ambito dei Corsi di Laurea di cui fa parte, si riferisce ai Piani di Studio ufficiali. Ne tengano conto anche gli Studenti che presentano un Piano di studio individuale, poiché tali indicazioni vengono recepite nella compilazione degli orari delle lezioni: ciò al fine di evitare incompatibilità con la frequenza degli insegnamenti prescelti.

---

(\*) Tenuto conto di questa situazione transitoria del Politecnico, dei singoli docenti che hanno optato per un Dipartimento è riportata sia la denominazione del Dipartimento stesso sia dell'Istituto cui apparteneva prima dell'opzione. Ovviamente per il Docente che non ha effettuato ancora alcuna opzione, si riporta il nome dell'Istituto di appartenenza.

## CALENDARIO PER L'ANNO ACCADEMICO 1982-83

Apertura del periodo per le immatricolazioni . . . . .	1° agosto	1982
Apertura del periodo per la presentazione delle domande di trasferimento per altra sede e di cambio di facoltà o di corso di laurea o di sezione (Ingegneria Civile) . . . . .	1° agosto	1982
Apertura del periodo per la presentazione dei piani di studio . . . . .	1° agosto	1982
Termine per la presentazione dei moduli gialli con il titolo della tesi per gli esami di laurea della sessione invernale (2° metà di febbraio) . . . . .	14 agosto	1982
Termine per la richiesta della prova di sintesi per la sessione autunnale (1° turno) a.a. 1981/82 . . . . .	15 settembre	1982
Termine per la presentazione di piani di studio che comportino variazioni nel primo periodo didattico . . . . .	30 settembre	1982
Inizio delle lezioni per il primo anno . . . . .	11 ottobre	1982
Sessione C ordinaria esami di profitto a.a. 1981/82 . . . . .	7 sett.-10 ott.	1982
Inizio delle lezioni per gli anni successivi al primo . . . . .	18 ottobre	1982
Sessione autunnale esami di laurea (1° turno) a.a. 1981/82 . . . . .	15-31 ottobre	1982
Termine per la richiesta della prova di sintesi per la sessione autunnale (2° turno) a.a. 1981/82 . . . . .	30 ottobre	1982
Festività di Ognissanti (vacanza) . . . . .	1° novembre	1982
Termine per la presentazione domande assegno di studio . . . . .	5 novembre	1982
Chiusura del periodo per la presentazione delle domande di immatricolazione e iscrizione . . . . .	5 novembre	1982
Chiusura del periodo per il cambiamento di corso di laurea o di sezione (Ingegneria Civile) . . . . .	5 novembre	1982
Termine per la presentazione dei fogli gialli ai professori (e bianchi alla Segreteria matr. inferiore a 25.000) per l'iscrizione agli insegnamenti del 1° periodo didattico . . . . .	15 novembre	1982
Prolungamento della sessione C esami di profitto a.a. 1981/82 . . . . .	8-20 nov.	1982
Termine per la presentazione dei moduli gialli con il titolo della tesi per gli esami di laurea della sessione estiva (2° metà di maggio) . . . . .	15 novembre	1982
Festività dell'Immacolata Concezione (vacanza) . . . . .	8 dicembre	1982
Sessione autunnale esami di laurea (2° turno) a.a. 1981/82 . . . . .	15-24 dic.	1982
Vacanze di Natale . . . . .	20 dicembre 8 gennaio	1982 1983

Termine per la richiesta della prova di sintesi per la sessione invernale (1 turno) a.a. 1981/82 . . . . .	30 dicembre	1982
Termine per la presentazione di piani di studio che comportino variazioni nel 2° periodo didattico . . . . .	31 dicembre	1982
Chiusura del periodo per le domande di trasferimento per altra sede o per cambio di facoltà . . . . .	31 dicembre	1982
Termine ultimo per la presentazione di domande di iscrizione e di immatricolazione giustificate da gravi motivi . .	31 dicembre	1982
Termine per la presentazione delle domande di assegno di studio giustificate da gravi motivi . . . . .	31 dicembre	1982
Apertura del periodo per la presentazione delle domande di esami di profitto per la sessione A (invernale) . . . . .	6 gennaio	1983
Anticipo della sessione A esami di profitto . . . . .	10-21 gennaio	1983
Termine per la presentazione dei moduli gialli con il titolo della tesi per gli esami di laurea della sessione estiva (2° metà di luglio) . . . . .	15 gennaio	1983
Fine lezioni 1° periodo didattico . . . . .	4 febbraio	1983
Sessione A ordinaria esami di profitto . . . . .	7 febb.-4 mar.	1983
Sessione invernale esami di laurea . . . . .	15-28 febbraio	1983
Fine del primo periodo didattico . . . . .	4 marzo	1983
Inizio lezioni del 2° periodo didattico . . . . .	7 marzo	1983
Termine per la presentazione delle domande di esonero tasse	20 marzo	1983
Prolungamento della sessione A esami di profitto . . . . .	14-30 marzo	1983
Termine per la presentazione dei fogli gialli ai professori (e bianchi alla Segreteria matr. inferiore a 25.000) per l'iscrizione agli insegnamenti del 2° perio didattico . . . . .	31 marzo	1983
Termine pagamento e consegna ricevuta della seconda rata delle tasse, soprattasse e contributi . . . . .	31 marzo	1983
Termine per la richiesta della prova di sintesi per la sessione estiva (1° turno) . . . . .	31 marzo	1983
Termine per la presentazione dei moduli gialli con il titolo della tesi per gli esami di laurea della sessione autunnale (2° metà di ottobre) . . . . .	15 aprile	1983
Vacanze di Pasqua . . . . .	30 mar.-5 apr.	1983
Anniversario della Liberazione (vacanza) . . . . .	25 aprile	1983
Festa del lavoro (vacanza) . . . . .	1° maggio	1983
Apertura del periodo per la presentazione delle domande di esami di profitto per le sessioni B e C . . . . .	10 maggio	1983

Termine per la richiesta della prova di sintesi per la sessione estiva (2° turno) . . . . .	<b>30 maggio</b>	<b>1983</b>
Sessione estiva esami di laurea (1° turno) . . . . .	<b>15-31 maggio</b>	<b>1983</b>
Termine per la presentazione dei moduli gialli con il titolo della tesi per gli esami di laurea della sessione autunnale (2° metà di dicembre) . . . . .	<b>15 giugno</b>	<b>1983</b>
Anticipo della sessione B esami di profitto . . . . .	<b>16 mag.-3 giu.</b>	<b>1983</b>
Fine lezioni 2° periodo didattico . . . . .	<b>24 giugno</b>	<b>1983</b>
Sessione B ordinaria esami di profitto . . . . .	<b>27 giu.-22 lug.</b>	<b>1983</b>
Termine per la presentazione dei moduli gialli con il titolo della tesi per gli esami di laurea della sessione invernale (2° metà di febbraio 1984) . . . . .	<b>14 agosto</b>	<b>1983</b>
Sessione estiva esami di laurea (2° turno) . . . . .	<b>15-31 luglio</b>	<b>1983</b>
Fine del 2° periodo didattico . . . . .	<b>22 luglio</b>	<b>1983</b>
Apertura del periodo per la presentazione domande esami di profitto per la sessione C di esami falliti nelle sessioni A o B da parte di studenti iscritti in corso . . . . .	<b>1° agosto</b>	<b>1983</b>
Sessione C ordinaria esami di profitto a.a. 1982/83 . . . . .	<b>12 sett.-14 ott.</b>	<b>1983</b>
Prolungamento della sessione C esami di profitto a.a. 1982/83 . . . . .	<b>7-25 nov.</b>	<b>1983</b>

# I N D I C E

	Pagina
<b>Notizie generali sui piani ufficiali degli studi</b>	4
<b>Norme generali per la presentazione dei piani di studio individuali</b>	5
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica</b>	9
Piano ufficiale degli studi	11
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	14
Programmi	16
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Chimica</b>	63
Piano ufficiale degli studi	66
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	69
Programmi	74
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Civile</b>	123
Piano ufficiale degli studi	126
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	131
Programmi	136
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica</b>	195
Piano ufficiale degli studi	198
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	203
Programmi	206
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica</b>	271
Piano ufficiale degli studi	273
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	276
Programmi	278
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica</b>	323
Piano ufficiale degli studi	325
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	333
Programmi	338
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Mineraria</b>	405
Piano ufficiale degli studi	408
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	411
Programmi	416
<b>Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare</b>	463
Piano di studio ufficiale	466
Criteri di approvazione dei piani di studio individuali	470
Programmi	472
<b>Indice alfabetico degli insegnamenti</b>	507
<b>Indice alfabetico dei docenti</b>	520

## NOTIZIE GENERALI SUI PIANI UFFICIALI DEGLI STUDI DELLA FACOLTA' DI INGEGNERIA

*"Gli insegnamenti per i corsi di laurea in Ingegneria si distinguono in annuali e semestrali. Ad ogni insegnamento sono assegnate non meno di tre ore settimanali. Il Consiglio di Facoltà può decidere che insegnamenti annuali siano svolti in forma intensiva sulla base di non meno di sei ore settimanali per un periodo di tempo corrispondentemente ristretto.*

*Ogni corso di laurea in Ingegneria comprende 29 insegnamenti annuali o l'equivalente di 29 insegnamenti annuali, con la convenzione che due insegnamenti semestrali sono valutati equivalenti ad un insegnamento annuale. Il numero di insegnamenti semestrali non può superare sei.*

*Gli insegnamenti sono divisi in obbligatori ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 31 gennaio 1960, n. 53 ed insegnamenti di indirizzo a scelta indicati nell'elenco di cui all'art. 21. Da tale elenco la Facoltà trarrà per i singoli corsi di laurea le materie da attivare che indicherà anno per anno nel manifesto degli studi. In questo però le materie non figureranno isolate, ma raggruppate a costituire indirizzi di specializzazione tipici di ciascun corso di laurea; tali raggruppamenti potranno anche comprendere materie obbligatorie di altri corsi di laurea in Ingegneria" (Art. 11 - Statuto Politecnico).*

Più avanti sono indicati, per ogni Corso di Laurea, i piani ufficiali degli studi, con gli indirizzi previsti (7 per gli Aeronautici, 10 per i Chimici, 6 per i Civili - Sez. Edile, 2 per i Civili - Sez. Idraulica, 2 per i Civili - Sez. Trasporti, 18 per gli Elettronici, 7 per gli Elettrotecnici, 14 per i Meccanici, 6 per i Minerari, 5 per i Nucleari).

Sulla base di tali piani ufficiali sono attivate le materie da impartire nell'anno accademico 1982-83, e si predispongono gli orari delle lezioni.

Si ricorda ancora quanto riportato nell'art. 26 dello Statuto del Politecnico, e cioè che:

*"Gli studenti di Ingegneria possono iscriversi a titolo libero a non più di due materie di altri corsi di laurea o di scuole di perfezionamento, nonché ad insegnamenti di lingue o ad insegnamenti di contenuto culturale non direttamente finalizzato ad applicazioni ingegneristiche, eventualmente predisposti dalla Facoltà".*

**NORME GENERALI PER LA PRESENTAZIONE  
DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI  
PER GLI ISCRITTI NELL'ANNO ACCADEMICO 1982-83**

Lo studente iscritto alla Facoltà può predisporre un piano di studio diverso da quello ufficiale, purché nell'ambito delle discipline effettivamente insegnate e con un numero di insegnamenti non inferiore a quello stabilito per l'ammissione all'esame generale di laurea e tenendo presenti i criteri che regolano l'accettazione di piani per ogni corso di laurea.

Ogni corso di laurea in Ingegneria comprende 29 insegnamenti annuali o l'equivalente di 29 insegnamenti annuali, con la convenzione che due insegnamenti semestrali sono valutati equivalenti a un insegnamento annuale. Il numero di insegnamenti semestrali non può superare sei.

Si precisa che gli studenti che seguono lo statuto vigente fino al 31/10/1973 potranno terminare gli studi con il piano precedentemente approvato.

Si ricorda che lo studente può presentare un solo piano di studio in ogni anno accademico; una seconda domanda, erroneamente presentata ed erroneamente accettata dalla Segreteria Studenti, viene annullata qualunque sia il successivo iter che abbia potuto percorrere.

La suddivisione in anni e periodi didattici degli insegnamenti, sia per i piani di studio ufficiali della Facoltà che per quelli predisposti singolarmente dagli studenti, è vincolante per l'iscrizione ai singoli insegnamenti e, di conseguenza, per l'ammissione ai relativi esami.

Gli insegnamenti non compresi nel piano approvato dalla Facoltà non verranno conteggiati ad alcun effetto ancorché sia stato sostenuto il relativo esame.

La domanda di modifica del piano di studi deve essere presentato su modulo predisposto ed in distribuzione presso la Segreteria Studenti, che lo studente deve rendere legale con l'applicazione di una marca da bollo da L. 700 entro le seguenti scadenze:

- **30 settembre** per variazioni nel 1° periodo didattico dell'anno in corso,
- **5 novembre** per variazioni nel 2° periodo didattico dell'anno in corso quando sia stato chiesto il cambiamento di corso di laurea od il trasferimento da altra sede sempre nell'anno in corso,
- **31 dicembre** in tutti gli altri casi.

Il modulo contiene le istruzioni particolari per la compilazione.

Lo studente deve inserire non meno di 5 e non più di 7 insegnamenti in un anno accademico e non più di 4 né meno di 2 insegnamenti per ogni periodo didattico.

Le modifiche al piano degli studi per la parte che riguarda gli anni del corso già trascorsi possono consistere solo in *cancellature*, l'assunzione di nuovi impegni di iscrizione può essere caricata solo sull'anno in corso o sui successivi.

Se uno studente ha cancellato una o più materie frequentate negli anni precedenti a quello in corso, egli può reinserirle negli anni da cui le aveva cancellate (e solo in detti anni) purché rispetti per gli anni in corso e seguenti i numeri minimi di insegnamenti richiesti per ogni singolo anno.

Tenuto conto di quanto sopra lo studente deve prevedere un'iscrizione come ripetente qualora non riesca a collocare tutti gli insegnamenti di cui è in debito negli anni rimanenti secondo il regolare iter degli studi.

Lo studente può inserire al massimo due insegnamenti estranei al corso di laurea prescelto purché tali insegnamenti siano organicamente inquadrati nel piano di studi, sostituiscano insegnamenti di indirizzo e non siano simili o affini ad insegnamenti appartenenti al corso di laurea prescelto.

Nei piani di studio non è consentito l'inserimento ufficiale (valido quindi per il computo del numero degli insegnamenti richiesti per la laurea) di insegnamenti che siano impartiti presso la Facoltà a titolo di corsi liberi o compresi in corsi di perfezionamento post-lauream, salvo che si tratti di discipline di fatto equipollenti, come livello ed estensione, ad un normale corso universitario e che pertanto abbiano, per l'anno di riferimento, ottenuto dalla Facoltà la dichiarazione di parificazione.

Onde evitare equivoci si precisa che i corsi a titolo libero di cui all'art. 26 dello Statuto sono da considerarsi in effetti come corsi in soprannumero rispetto al minimo richiesto per la laurea che ogni studente può inserire nel proprio piano degli studi.

Le Commissioni esaminano i piani entro 15 ÷ 20 giorni dalle date di presentazione previste e danno parere favorevole se questi rientrano nei criteri approvati dal Consiglio di Corso di Laurea rispettivo. I piani che non soddisfano tali criteri saranno esaminati e discussi caso per caso dal Consiglio di Corso di Laurea, tenendo conto delle esigenze di formazione culturale e preparazione professionale dello studente.

Quando il piano di studio proposto viene respinto, lo studente è tenuto a seguire il piano individuale precedentemente approvato o, in mancanza, il piano ufficiale della Facoltà.

L'eventuale rinuncia al piano di studio già approvato e poi seguito per almeno un anno, per rientrare nel piano ufficiale consigliato dalla Facoltà, costituisce una modifica del piano di studio e pertanto comporta la formale presentazione di domanda entro i prescritti termini.

Analogamente anche il semplice spostamento di insegnamenti da un anno di corso ad un altro, costituisce una modifica di piano e pertanto comporta la formale presentazione di domanda.

Per gli studenti che si siano trasferiti da altra sede, siano passati da Architettura ad Ingegneria od abbiano cambiato Corso di Laurea (o sezione) vigono regole particolari, riportate nella **Guida dello Studente**, cui si rimanda.

Gli studenti che hanno completato i cinque anni di corso e che, in luogo di insegnamenti precedentemente frequentati, abbiano inserito nel loro piano di studi nuovi insegnamenti, sono tenuti al pagamento delle tasse come ripetente.

Comunque l'introduzione di nuovi insegnamenti comporta automaticamente il differimento della laurea nella sessione estiva dello stesso anno o in quelle seguenti.

**Nelle bacheche ufficiali dei corsi di laurea site nell'atrio principale della Facoltà verranno affisse le convocazioni per gli studenti che devono discutere il piano di studio individuale.**

Trascorso il termine di 15 giorni dall'avvenuta affissione la convocazione si intende legalmente notificata all'interessato.

Nel caso in cui lo studente non si presenti entro la data indicata nella predetta convocazione, il piano di studio sarà sottoposto quanto prima al Consiglio di Corso di Laurea.

La delibera del Consiglio di Corso di Laurea sarà in ogni caso inappellabile.

# CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AERONAUTICA

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 di 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 Navigazione aerea (semestrale).

**PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DI CORSO DI LAUREA**

Ettore ANTONA

Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale - Ist. di progetto di Aeromobili

**COMMISSIONE PER L'ESAME DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI**

<u>Renzo CIUFFI</u>	Ist. di Costruzione di Macchine
Guido COLASURDO	Ist. di Macchine e Motori per Aeromobili
Massimo GERMANO	Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale Ist. di Meccanica Applicata alle Macchine, Aerodinamica, Gasdinamica
Nicola NERVEGNA	Ist. di Macchine e Motori per Aeromobili
Furio VATTA	Ist. di Meccanica Applicata alle Macchine, Aerodinamica, Gasdinamica

**COMMISSIONE PER LE PROVE DI SINTESI**

<u>Ettore ANTONA</u>	Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale Ist. di Progetto di Aeromobili
Giuseppe BUSSI	Ist. di Macchine e Motori per Aeromobili
Aurelio ROBOTTI	Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale Ist. di Macchine e Motori per Aeromobili
Giulio ROMEO	Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale Ist. di Progetto di Aeromobili
Luca ZANNETTI	Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale Ist. di Macchine e Motori per Aeromobili

**PIANO UFFICIALE DEGLI STUDI  
DEL CORSO DI LAUREA IN  
INGEGNERIA AERONAUTICA**

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
I	IN458 Analisi matematica I IN464 Chimica IN468 Disegno (1/2 corso)	IN476 Geometria I IN472 Fisica I IN468 Disegno (1/2 corso)
II	IN461 Analisi matematica II IN484 Fisica II IN480 Disegno meccanico (**)	IN486 Meccanica razionale IN048 Chimica applicata (*) IN482 Elettrotecnica (*)
III	IN174 Fisica tecnica IN358 Scienza delle costruzioni IN003 Aerodinamica	IN262 Meccanica applicata alle macchine IN416 Tecnologie aeronautiche X
IV	IN006 Aeronautica generale IN246 Macchine Y	IN184 Gasdinamica IN101 Costruzioni aeronautiche IN493 Costruzione di macchine
V	IN308 Motori per aeromobili IN335 Progetto di aeromobili Z	W K T

(\*) *Insegnamento anticipato del triennio.*

(\*\*) *Insegnamento sostitutivo di Geometria II.*

X, Y, Z, W, K, T costituiscono sei materie di indirizzo. Gli indirizzi sono i seguenti:

**Indirizzo AEROGASDINAMICA**

- 2° X **IN041** Calcolo numerico e programmazione  
 1° Y **IN168** Fisica dei fluidi e magnetofluidodinamica  
 1° Z **IN004** Aerodinamica II  
 2° W **IN155** Eliche ed elicotteri  
 2° K **IN181** Fluidodinamica delle turbomacchine  
 2° T **IN185** Gasdinamica II

**Indirizzo AEROTECNICA**

- 2° X **IN041** Calcolo numerico e programmazione  
 1° Y **IN005** Aerodinamica sperimentale  
 1° Z **IN113** Dinamica del volo  
 2° W **IN155** Eliche ed elicotteri  
 2° K **IN336** Progetto di aeromobili II  
 2° T **IN374** Sperimentazione di volo

**Indirizzo GESTIONE**

- 2° X **IN041** Calcolo numerico e programmazione  
 1° Y **IN536** Meteorologia (sem.) e **IN539** Navigazione aerea (sem.) (ex **IN285** Meteorologia e Navigazione aerea) (\*)  
 1° Z **IN213** Impianti di bordo per aeromobili  
 2° W **IN510** Economia dei sistemi aerospaziali (ex **IN124** Economia del trasporto aereo)  
 2° K **IN143** Elettronica applicata all'aeronautica  
 2° T **IN383** Strumenti di bordo

**Indirizzo PRODUZIONE**

- 2° X **IN041** Calcolo numerico e programmazione  
 1° Y **IN220** Impianti meccanici  
 1° Z **IN213** Impianti di bordo per aeromobili  
 2° W **IN510** Economia dei sistemi aerospaziali (ex **IN124** Economia del trasporto aereo)  
 2° K **IN509** Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche (ex **IN260** Materie giuridiche)  
 2° T **IN413** Tecnologia meccanica

---

(\*) Ove i 2 corsi semestrali **IN536** Meteorologia e **IN539** Navigazione aerea dovessero tacere, essi saranno sostituiti da **IN509** Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche; i due corsi, se tenuti, saranno eccezionalmente svolti nel 2° periodo didattico.

**Indirizzo PROPULSIONE**

- 2° X **IN041** Calcolo numerico e programmazione
- 1° Y **IN273** Meccanica delle vibrazioni
- 1° Z **IN097** Costruzione di motori per aeromobili
- 2° W **IN155** Eliche ed elicotteri
- 2° K **IN181** Fluidodinamica delle turbomacchine
- 2° T **IN386** Tecnica degli endoreattori

**Indirizzo SISTEMI**

- 2° X **IN041** Calcolo numerico e programmazione
- 1° Y **IN552** Regolazione automatiche (ex **IN351** Regolazioni automatiche (sem.))
- 1° Z **IN213** Impianti di bordo per aeromobili
- 2° W **IN383** Strumenti di bordo
- 2° K **IN143** Elettronica applicata all'aeronautica
- 2° T **IN336** Progetto aeromobili II

**Indirizzo STRUTTURE**

- 2° X **IN041** Calcolo numerico e programmazione
- 1° Y **IN072** Complementi di matematica
- 1° Z **IN097** Costruzione di motori per aeromobili
- 2° W **IN103** Costruzioni aeronautiche II
- 2° K **IN336** Progetto di aeromobili II
- 2° T **IN384** Strutture aeromissilistiche

## CRITERI DI APPROVAZIONE DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI DEL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AERONAUTICA

Saranno approvati i piani di studio comprendenti complessivamente almeno 29 materie tra le quali:

a) Le seguenti 22 materie:

- 1° IN458 Analisi matematica I
- 2° IN476 Geometria I
- 2° IN472 Fisica I
- 1° IN464 Chimica
- 2° IN468 Disegno
- 1° IN461 Analisi matematica II
- 2° IN486 Meccanica razionale
- 1° IN484 Fisica II
- 1° IN480 Disegno meccanico
- 1° IN358 Scienza delle costruzioni
- 2° IN262 Meccanica applicata alle macchine
- 1° IN174 Fisica tecnica
- 2° IN482 Elettrotecnica
- 1° IN003 Aerodinamica
- 1° IN006 Aeronautica generale
- 2° IN184 Gasdinamica
- 2° IN101 Costruzioni aeronautiche
- 1° IN308 Motori per aeromobili
- 1° IN335 Progetto di aeromobili
- 2° IN416 Tecnologie aeronautiche
- 1° IN246 Macchine
- 2° IN493 Costruzione di macchine

b) almeno 4 insegnamenti tratti da uno degli indirizzi ufficiali

c) non più di 3 insegnamenti scelti tra i seguenti:

- 2° IN048 Chimica applicata
- 2° IN413 Tecnologia meccanica
- 1° IN097 Costruzione di motori per aeromobili
- 2° IN143 Elettronica applicata all'aeronautica
- 2° IN386 Tecnica degli endoreattori
- 1° IN005 Aerodinamica sperimentale
- 2° IN041 Calcolo numerico e programmazione o 1° IN565 Tecnica della programmazione
- 2° IN336 Progetto di aeromobili II
- 2° IN103 Costruzioni aeronautiche II
- 2° IN181 Fluidodinamica delle turbomacchine
- 2° IN155 Eliche ed elicotteri
- 1° IN113 Dinamica del volo
- 1° IN213 Impianti di bordo per aeromobili

- 2° **IN510** Economia dei sistemi aerospaziali (ex **IN124** Economia del trasporto aereo)
- 2° **IN374** Sperimentazione di volo
- 2° **IN383** Strumenti di bordo
- 1° **IN004** Aerodinamica II
- 2° **IN257** Matematica applicata
- 1° **IN072** Complementi di matematica
- 1° **IN536** Meteorologia (sem.) (ex **IN285** Meteorologia e navigazione aerea) e **IN539** Navigazione aerea (sem.) (ex **IN285** Meteorologia e navigazione aerea)
- 2° **IN185** Gasdinamica II
- 2° **IN384** Strutture aeromissilistiche
- 1° **IN168** Fisica dei fluidi e magnetofluidodinamica

d) non più di un insegnamento scelto tra i seguenti:

- 1° **IN225** Impianti motori aeronautici
- 1° **IN310** Motori per missili (\*)
- 1° **IN098** Costruzione di motori per missili (\*)
- 2° **IN340** Propulsori aeronautici (\*)
- 2° **IN110** Dinamica del missile
- 1° **IN351** Regolazioni automatiche
- 1° **IN273** Meccanica delle vibrazioni
- 1° **IN509** Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche (ex **IN260** Materie giuridiche)

---

(\*) Ove l'insegnamento dovesse tacere gli allievi effettueranno la loro scelta nell'ambito delle rimanenti materie.

## PROGRAMMI

Seguono in ordine alfabetico, i programmi degli insegnamenti ufficiali del Triennio 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:

- IN098 ASP 06** Costruzione di motori per missili  
vedi Guida Scuola Ingegneria Aerospaziale
- IN110 ASP 09** Dinamica del missile  
vedi Guida Scuola Ingegneria Aerospaziale
- IN225 ASP 14** Impianti motori astronautici  
vedi Guida Scuola Ingegneria Aerospaziale
- IN257** Matematica applicata  
vedi Corso di laurea in Ingegneria Meccanica
- IN310 ASP 16** Motori per missili  
vedi Guida Scuola Ingegneria Aerospaziale
- IN340 ASP 19** Propulsori astronautici  
vedi Guida Scuola Ingegneria Aerospaziale
- IN565** Tecnica della Programmazione  
vedi Corso di laurea in Ingegneria Elettrotecnica

## IN003 AERODINAMICA

Prof. Fiorenzo QUORI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Meccanica applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

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 linearizzate: trasformazione di Prandtl-Glauert.

Correnti supersoniche 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.

Houghton & Brock - Aerodynamics for Engineering Students - Arnold.

Abbott & Von Doenhoff - Theory of Wing Sections - Dover

Ferri - Elements of Aerodynamics of Supersonic Flows -, MacMillan.

## IN004 AERODINAMICA II

Prof. Luciano DE SOCIO

IST. di Meccanica applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 80 — —

INDIRIZZO: Aerotecnica

Settimanale (ore) 6 — —

*Scopo del corso è l'approfondimento e l'aggiornamento di alcuni argomenti della aerodinamica, anche di quelli svolti parzialmente in altri corsi con diverse finalità. Il corso si svolgerà con lezioni e seminari.*

*Nozioni propedeutiche: i fondamenti dell'aerodinamica.*

## PROGRAMMA

Richiami e ragguagli su alcuni fondamenti matematici dell'aerodinamica. Equazioni alle derivate parziali.

Soluzioni esatte ed approssimate delle equazioni di Stokes-Navier.

Problemi di strato limite: fondamenti matematici e tecniche moderne di soluzione.

Tecniche di risoluzione numerica di alcune equazioni dell'aerodinamica.

Moti quasi unidimensionali generalizzati.

Elementi di dinamica dei gas rarefatti.

Fenomeni di trasporto.

Modelli di turbolenza.

## TESTI CONSIGLIATI

Shapiro - The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow.

Schlichting - Boundary layer theory.

Batchelor - Introduction to fluid mechanics.

## IN005 AERODINAMICA SPERIMENTALE

Prof. Carlo MORTARINO

DIP. di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali

IST. di Meccanica Applicata alle Macchine, Aerodinamica, Gasdinamica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerotecnica

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, veicoli.

## ESERCITAZIONI

Rilevamento 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.

Huntley - Dimensional analysis - ed. Mac Donald & C. London.

## IN006 AERONAUTICA GENERALE

Prof. Attilio LAUSETTI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Meccanica applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

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 flosci, 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.

**Prestazioni dei velivoli:** forze e momenti aerodinamici, polare dell'ala, polare del velivolo; equazioni generali del moto uniforme del velivolo, il volo librato, polare delle velocità, velocità limite, velocità minima di sostentamento con e senza ipersostentatori, spinte necessarie al volo; caratteristiche di impiego del turboreattore, caratteristiche di volo del turbogetto, tempi di salita, quota di tangenza teorica e pratica; potenze necessarie al volo a quota zero e alle diverse quote, assetto di potenza minima e di minimo 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 a 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 dalle prove di volo; resistenze 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 idrodinamica 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 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 imbarcata dell'ala a diedro negli assetti deviati, valutazione pratica dell'effetto diedro complessivo del velivolo; manovra degli alettoni, velocità 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 sperimentali sulla 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.

## IN041 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Prof. Giovanni MONEGATO

DIP. di Matematica

IST. Matematico

III ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

80

50

—

INDIRIZZO: Tutti

Settimanale (ore)

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.

Calcolo delle radici di equazioni: metodi di bisezione, corde, Newton e altri, metodi iterativi in generale.

Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Metodo di Gauss, fattorizzazione LU e Choleski. Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR. Alcuni metodi per la risoluzione di sistemi di equazioni non lineari.

Calcolo degli autovalori e autovettori di matrici: metodo delle potenze, Jacobi e Householder. Caso delle matrici tridiagonali simmetriche.

Approssimazioni di funzioni e di dati. Interpolazione polinomiale e funzioni spline. Metodo dei minimi quadrati.

Derivazione numerica.

Integrazione numerica: formule di Newton Cotes e Gaussiane. Polinomi ortogonali.

Equazioni differenziali ordinarie con valori iniziali: metodi one-step e multistep. Sistemi stiff. Problemi con valori al contorno.

Equazioni differenziali alle derivate parziali: metodi alle differenze.

## 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 Scarafioti, Palamara Orsi - Programmare in Fortran - Levrotto & Bella, Torino, 1979.

## IN048 CHIMICA APPLICATA

Prof. Fedele ABBATTISTA

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria  
ChimicaIST. di Chimica Generale e Applicata e di  
Metallurgia

II ANNO (\*)

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	30	10
Settimanale (ore)	6	3	--

*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.

## IN072 COMPLEMENTI DI MATEMATICA

Prof. Pier Paolo CIVALLERI

DIP. di Elettronica

IST. di Elettrotecnica Generale

III ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

85

—

—

INDIRIZZO: Strutture

Settimanale (ore)

6

—

—

*Fornire i supporti matematici per l'analisi delle reti elettriche e dei campi elettromagnetici e più in generale, dei sistemi lineari invarianti in regime comunque variabile.*

*Nozioni propedeutiche: Analisi I, Analisi II, Geometrica, Fisica I, Fisica II, Meccanica Razionale, Elettrotecnica I.*

## PROGRAMMA

Funzioni di variabile complessa.

Trasformazioni conformi.

Integrazione.

Sviluppi in serie, prosecuzione analitica e comportamento di funzioni analitiche.

Applicazioni al calcolo integrale.

Funzione gamma e funzioni di Bessel.

Distribuzioni.

Convoluzione.

Introduzione alla teoria dei sistemi.

Trasformazione di Fourier di funzioni.

Trasformazione di Fourier di distribuzioni.

Trasformata di Laplace di funzioni.

Trasformata di Laplace di distribuzioni.

Applicazioni e uso delle trasformate.

Equazioni alle derivate parziali.

## TESTI CONSIGLIATI

G.C. Teppati - Complementi di matematica - 2 voll., Torino, 1982.

## IN493 COSTRUZIONE DI MACCHINE

Prof. Renzo CIUFFI

IST. di Costruzione di Macchine

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	90	—
Settimanale (ore)	4	6	—

*Il corso ha lo scopo di fornire i criteri per il calcolo e il progetto degli organi di macchina fondamentali dei quali viene preso in esame la struttura, il funzionamento e il dimensionamento.*

*Il corso si svolgerà principalmente con lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: meccanica applicata scienza delle costruzioni, tecnologia meccanica, disegno meccanico.*

## PROGRAMMA

Resistenza dei materiali e prove relative statiche, a fatica e a scorrimento. Richiami delle principali ipotesi di rottura smorzamento interno. Collegamento forzati. Chiavette, linguette scanalati. Dentature frontali. Spine. Filettature, viti, bulloni e loro accessori. Molle.

Supporti portanti e di spinta con cuscinetti di strisciamento. Applicazioni della teoria della lubrificazione ai cuscinetti di spinta e portanti. Cenni di lubrificazione elastoidrodinamica. Fondamenti e risultati della teoria di Hertz. Calcolo dei cuscinetti a sfere e a rulli. Innesti di sopravanzo viti a ricircolazione di sfere e attuatori a viti planetarie.

Richiami di cinematica delle ruote dentate normali e corrette. Calcolo e progetto delle ruote dentate. Cenni sulla lubrificazione.

Assi e alberi.

Giunti.

Innesti.

Freni e arresti.

## ESERCITAZIONI

Hanno lo scopo di avviare l'allievo al lavoro di calcolo e di progetto di gruppi meccanici e comportano l'esecuzione di un progetto di massima di un gruppo meccanico con calcoli complementari e particolari.

## TESTI CONSIGLIATI

R. Giovannozzi - Costruzione di macchine, Vol. 1 - Ed. Patron, Bologna.

## IN097 COSTRUZIONE DI MOTORI PER AEROMOBILI

Prof. Renzo CIUFFI

IST. di Costruzione di Macchine

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

60

60

—

INDIRIZZO: Propulsione - Strutture

Settimanale (ore)

4

4

—

*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 flessionali 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 smorzatori.

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 sul calcolo 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. II - Ed. Patron, Bologna.

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

## IN101 COSTRUZIONI AERONAUTICHE

Prof. Piero MORELLI

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IST. di Progetto di Aeromobili

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 aerodinamica tecnica (caratteristiche aerodinamiche dei profili alari, delle ali e delle eliche) 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 motore-propulsori; 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

Rivello - Theory and Analysis of Flight Structures - Mc Graw-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  
IST. di Progetto di Aeromobili

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 52 30 —

INDIRIZZO: Costruzioni

Settimanale (ore) 4 2 —

*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 - Mc Graw-Hill.

Zienkiewicz - The Finite Element Method - Mc Graw-Hill.

Shapiro - Principles of Helicopter Engineering - Temple Press Limited.

## IN113 DINAMICA DEL VOLO

Prof. Piero MORELLI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IST. di Progetto di aeromobili

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 56 20 -

INDIRIZZO: Aerotecnica

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.

Simulatori di volo.

## ESERCITAZIONI

Calcoli 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 ATTIVITA'  
TECNICO-INGEGNERISTICHE  
Ex IN260 MATERIE GIURIDICHE**

Prof. Luciano ORUSA (1° e 2° corso)

DIP. di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Ter-  
ritoriali

IST. di Architettura Tecnica

IV\* e V\*\* ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

1°\* e 2°\*\* 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, raggiungendosi 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 diritto 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 - Appunti di diritto - Giorgio ed.

E' consigliato l'acquisto di un codice civile.

## IN510 ECONOMIA DEI SISTEMI AEROSPAZIALI Ex IN124 ECONOMIA DEL TRASPORTO AEREO

Prof. Gianni GUERRA

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Produzione

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IST. di Progetto di Aeromobili

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

*Gli obiettivi del corso consistono nel mettere in grado i partecipanti di: comprendere i fondamenti economici/gestionali della realizzazione di beni e servizi in campo aeronautico e spaziale; utilizzare tali fondamenti per definire e controllare la validità di scelte in fase di realizzazione ed esercizio di sistemi aeronautici e spaziali. Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, tesine, visite di istruzione, testimonianze di operatori del settore.*

*Nozioni propedeutiche: corsi di base dell'ingegneria aeronautica, dati i frequenti riferimenti agli aspetti tecnico/operativi del mezzo.*

### PROGRAMMA

Il sistema economico dell'industria aeronautica e spaziale: panorama, problematiche, strutture. Il settore dei servizi: i vettori, le infrastrutture di terra e di assistenza al volo, le attività di lavoro aereo, le attività spaziali, gli enti e le organizzazioni normative e di controllo. Il settore manifatturiero: modello di specializzazione del settore aeronautico/spaziale.

Caratteristiche del servizio di trasporto aereo: velocità, regolarità, puntualità, disponibilità, sicurezza, confort, economicità. Economia dell'aeromobile come mezzo di produzione di un servizio e come prodotto industriale: costi operativi totali, diretti (D.O.C.), indiretti; costo del ciclo di vita. Indici di costo: di tratta, per ora di volo, per unità di carico, per unità di carico e distanza.

Analisi del D.O.C.: costi di deprezzamento, di manutenzione, energetici di conduzione, assicurative, aeroportuali, di assistenza al volo.

Ricavi dalle prestazioni: diagrammi di utilizzo e produttività del mezzo. Correlazione delle caratteristiche economiche del mezzo a: distanze di percorrenza, tipo e dimensione del mezzo, velocità, fattore di carico, tariffe. Schema globale di programmazione e controllo della produttività e redditività aziendale. Metodologie di "cost/effectiveness" e di analisi costi/benefici. Gli impatti ambientali dei collegamenti aerei.

### ESERCITAZIONI

Tesine sulle principali problematiche dell'industria manifatturiera e dei servizi. Definizione di un servizio di trasporto: previsione, analisi della domanda, scelta dei mezzi, strutturazione della rete, valutazioni 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

IST. di Progetto di Aeromobili

V ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)    80    30    —

INDIRIZZO: Produzione

Settimanale (ore)    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 anti-collisione.

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN482 ELETTROTECNICA

Prof. Ernesto ARRI

DIP. di Automatica e Informatica  
IST. di Elettrotecnica GeneraleII ANNO (\*)  
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	88	30	—
Settimanale (ore)	6	2	—

*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 propedeutiche: 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. Rifasamento.

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 e rendimento. Principali comandi per l'avviamento, l'inversione di marcia, la variazione di velocità. Dati di targa.

Macchine con collettore: dinamo 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.

G. Fiorio - Problemi di elettrotecnica - Ed. CLUT, Torino.

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

## IN155 ELICHE ED ELICOTTERI

Prof. Salvatore D'ANGELO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Meccanica applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 80 40 -

INDIRIZZO: Aerotecnica

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 visite 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 eolica. 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 nelle differenti realizzazioni dell'e. 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. Stepniewsky - Rotary Wing Aerodynamics, Vol. I - NCR 3083, 1979.

C.N. Keys - Rotary Wing Aerodynamics, vol. II - NCR 3082, 1979.

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

E. Pistolesi - Aerodinamica - UTET, Torino 1932.

## IN168 FISICA DEI FLUIDI E MAGNETODLUIDODINAMICA

Prof. Massimo GERMANO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Meccanica Applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerotecnica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	30	—
Settimanale (ore)	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 relativi ad argomenti del corso.*

*Nozioni propedeutiche: è utile aver già superato gli esami di Aerodinamica e Gasdinamica.*

## 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  $\text{CO}_2$ , di miscele  $\text{H}_2\text{-O}_2$ , del  $\text{NH}_3$ , del  $\text{CH}_4$ , di miscele di gas combustibili, di atmosfere planetarie. Cinetica dei rilassamenti vibrazionali nei laser a  $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ .

*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  $\text{CO}_2$ , del CO, del  $\text{H}_2\text{O}$  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 ionizzanti 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 plasm, relative tecniche sperimentali e loro utilizzazione nelle ricerche e nelle applicazioni aerospaziali.

## 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

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Energetica

IST. di Fisica Tecnica e Impianti Nucleari

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. II - Ed. Levrotto & Bella, Torino.

## IN181 FLUIDODINAMICA DELLE TURBOMACCHINE

Prof. Luca ZANNETTI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Macchine e motori per aeromobili

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es: Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 50 50 —

INDIRIZZO: Aerotecnica

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 profili 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 Publication - London.

J.H. Horlock - Axial Flow Turbines - Butterworths Scientific Publication - London.

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

## IN184 GASDINAMICA

Prof. Giovanni JARRE

IST. di Meccanica applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

IV ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 56 63 12

INDIRIZZO: Aerogasdinamica

Settimanale (ore) — — —

*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 che possono già essere superate a metà del corso ed a fine corso.*

*E' 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 strato 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 ad 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 ablazione 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 isenergetici unidimensionali; onde di condensazione; onde di deflagrazione; onde di detonazione.

Metodi sperimentali della gasdinamica: le attrezzature del Laboratorio.

## 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 sonde o strumenti, nelle gallerie del vento didattiche, sub - e super - soniche.

## LABORATORI

Laboratorio Gallerie del Vento.

## TESTI CONSIGLIATI

G. Jarre - Appunti di gasdinamica.

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

Liepmann, Roshiko - Element of Gasdynamics - Ed. Wiley.

R.V. Giles - Fluid Mechanics and Hydraulics - Ed. Schaum.

## IN185 GASDINAMICA II

Prof. Michele ONORATO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Meccanica Applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 50 20 20

Settimanale (ore) — — —

*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 -

## IN213 IMPIANTI DI BORDO PER AEROMOBILI

Prof. Sergio CHIESA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Progetto di Aeromobili

V ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)        60    24    12

INDIRIZZO: 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 prepedeutiche: 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.

## IN220 IMPIANTI MECCANICI

Prof. Armando MONTE (1° corso)  
 Prof. Giovanni BAUDUCCO (2° corso)

IST. di Trasporti ed Organizzazione Industriale

V ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	60	100	20
INDIRIZZO: Produzione	Settimanale (ore)	4	8	

*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.

## 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.

## IN246 MACCHINE

Prof. Guido COLASURDO

IST. di Macchine e Motori per Aeromobili

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
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 e cavitazione. Trasmissioni idrodinamiche.

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. - Ed. CLUT.

A. Beccari - Esercizi di macchine - Ed. CLUT.

## IN262 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Prof. Furio VATTA

IST. di Meccanica Applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

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'inviluppo: 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 - Lezioni di Meccanica Applicata -  
Cancelli, Vatta - Esercizi di Meccanica Applicata -

## IN273 MECCANICA DELLE VIBRAZIONI

Prof. Silvio NOCILLA

DIP. di Matematica

IST. di Meccanica Razionale

IV ANNO

Impegno Didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

44

44

8

INDIRIZZO: Propulsione

Settimanale (ore)

4

4

*Il corso si propone di dare i fondamenti teorici per lo studio delle vibrazioni meccaniche alla luce dei problemi concreti che si presentano agli ingegneri, e delle proprietà evidenziate dall'esperienza. Si suddivide fondamentalmente in due parti: meccanica lineare e meccanica non lineare. Per entrambe vengono date le metodologie generali, esatte o approssimate, poi applicate a problemi specifici, discussi in dettaglio fino al tracciamento di grafici e diagrammi.*

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

*Nozioni propedeutiche: Meccanica Razionale, Analisi Matematica; vivamente raccomandate anche Scienza delle Costruzioni e Meccanica Applicata.*

## PROGRAMMA

Richiami sulle vibrazioni dei sistemi lineari ad un grado di libertà, con telaio fisso o oscillante; curve di risposta, trasmissibilità. Vibrazioni dei sistemi lineari a due e più gradi di libertà. Coefficienti di accoppiamento di forza e d'inerzia. Casi conservativo, posizionale non conservativo, con resistenze viscoso. Vibrazioni libere e forzate. Stabilità, stabilità asintotica; criteri di Routh e Hurwitz. Applicazioni agli ammortizzatori, ai molleggi per autovetture, alla teoria elementare del "flutter". Introduzione alle vibrazioni casuali. Variabili casuali, densità di probabilità, momenti, varianza. Risposta di sistemi dinamici e strutture a sollecitazioni casuali. Vibrazioni di sistemi non lineari ad un grado di libertà. Pendolo con oscillazioni di ampiezza qualsiasi; sistemi con molle a rigidità variabile, con giochi, arresti. Vari tipi di resistenze non lineari: di Coulomb, turbolento, od altre; ammortizzatori a doppio effetto non simmetrico. Procedimenti generali di studio sul piano delle fasi, vari tipi di singolarità, cicli limite. Studio delle vibrazioni libere, smorzate, forzate. Curve di risonanza per le ampiezze e per le fasi.

Vibrazioni di sistemi a caratteristiche variabili: pendolo a lunghezza variabile, o in moto relativo a un sistema vibrante ecc. Equazioni di Hill, caso dell'onda quadra. Equazione di Mathieu, Diagrammi di stabilità.

## ESERCITAZIONI

Vengono assegnati problemi specifici collegati con gli argomenti del corso, sui quali gli studenti poi riferiscono e presentano elaborati.

## LABORATORI

Qualche esempio pratico di sistema vibrante, con misure sperimentali.

## TESTI CONSIGLIATI

Den Hartog J.P. - Mechanical Vibrations - Mc Graw Hill, 1956.

Thomson W.T. - "Vibrazioni Meccaniche: Teoria ed applicazioni - Tamburini, 1974.

Nayfeh A.H., Mook D.T. - Non-linear oscillations - J. Wiley, 1979.

Bendat J.S., Piersol A.G. - Random data - J. Wiley, 1971.

S. Nocilla, Baracco, Bertolini - Appunti dal corso - CELID, 1978.

**IN536 METEOROLOGIA (sem.)**  
**Ex IN285 METEOROLOGIA E NAVIGAZIONE AEREA**

Prof. Attilio LAUSETTI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
 IST. di Meccanica Applicata alle Macchine,  
 Aerodinamica, Gasdinamica

IV ANNO  
 2° PERIODO DIDATTICO  
 INDIRIZZO: Gestione

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	28	14	—
Settimanale (ore)	—	—	—

*La meteorologia è trattata fondamentalmente con riferimento alle leggi fisiche, meccaniche e generali, con sviluppo limitato, per mancanza di tempo, degli argomenti riguardanti la previsione generale del tempo e con trattazione più vasta della parte riguardante le applicazioni al volo.*

*Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: Fisica, Meccanica razionale, Aeronautica generale.*

**PROGRAMMA**

*L'atmosfera in quiete:* composizione dell'atmosfera; leggi fisiche dei gas perfetti e dell'equilibrio di un fluido pesante in riposo; umidità dell'aria; igosmetria; curve di stato reali, medie e convenzionali; atmosfera ISA, atmosfera isoterma, atmosfera diabatica; gradiente adiabatico e pseudo adiabatico; stabilità e instabilità della atmosfera; superfici isobariche; topografia in quota.

*Il riscaldamento solare:* l'irraggiamento solare sulla terra; stagioni astronomiche; declinazione; altezza e azimut del sole; durata del periodo diurno nelle zone tropicali e temperate e della notte polare artica ed antartica; le leggi dell'irraggiamento; temperatura della superficie del sole; diffusione, riflessione e assorbimento dell'energia solare dell'atmosfera; energia assorbita dal suolo; effetto serra; distribuzione dell'energia solare sulla terra; bilancio energetico; soleggiamento di una parete verticale o inclinata; isoterme stagionali medie terrestri, zone termiche e climi.

*L'atmosfera in movimento:* i moti convettivi locali; il vento; forze orizzontali agenti nell'atmosfera: gradiente di pressione; forza di Coriolis; forza centrifuga; forza di attrito; legge di Buys-Ballot; vento geostrofico, ciclostrofico, ciclonico e anticiclonico, convergenza, divergenze; direzione e velocità dei venti; scala Beaufort. Le nubi; formazione, classifica e descrizione nebbia, bruma, smog; pioggia; grandine; neve; circolazione generale dell'atmosfera; alisei, controalisei, venti occidentali della zona temperata; masse d'aria; fronti caldi e freddi; Frontogenesi e frontolisi; evoluzione norme d'una perturbazione ciclonica; correnti a getto: dimensioni, formazione, posizione e orientamento della corrente a getto, variazioni stagionali, turbolenza in aria chiara; Influenza delle condizioni meteo sulla condotta di volo; volo attraverso un fronte caldo, un fronte freddo; turbolenza, formazioni di ghiaccio, ecc...; previsioni del tempo a breve, media e lunga scadenza.

**ESERCITAZIONI**

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

**TESTI CONSIGLIATI**

- A. Lausetti - Atmosfera in Quietè  
 A. Lausetti - Il Riscaldamento dell'Orbe Terracqueo -  
 H.R. Byes - General Meteorology - McGraw-Hill Book Co., 1944.  
 W.J. Humphrys - Physics of the Air - Dover Publ. Inc. N.Y. 1964.  
 P. Devuyt - La Météorologie - Ed. Albert De Visscher, Bruxelles, 1972.

## IN308 MOTORI PER AEROMOBILI

Prof. Giuseppe BUSSI

IST. di Macchine e Motori per Aeromobili

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

84

28

4

Settimanale (ore)

6

2

—

*Il corso descrive i turbomotori e i principali propulsori a getto (turboreattori 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'aumento temporaneo della spinta o della potenza: iniezione d'acqua e post-combustione.

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

Controllo del combustibile e sistema combustibile.

Miscellanea (inventori 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

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

The Jet Engine - Rolls-Royce (1971) Limited, Derby.

Hill, Peterson, - Mechanics and Thermodynamics of Propulsion - Addison-Wesley.

Hesse, Mumford - Jet Propulsion for Aerospace Application - Pitman.

**IN539 NAVIGAZIONE AEREA (sem.)**  
**Ex IN285 METEOROLOGIA E NAVIGAZIONE AEREA**

Prof. Attilio LAUSETTI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
 IST. di Meccanica Applicata alle Macchine,  
 Aerodinamica, Gasdinamica

IV ANNO 2

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Gestione

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	28	14	—
Settimanale (ore)	—	—	—

*La navigazione aerea è trattata in due parti. Navigazione Astronomica e Navigazione Elettronica, con particolare sviluppo di quest'ultima, di importanza assolutamente preponderante nel volo.*

*Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: Fisica, Meccanica razionale, Aeronautica generale.*

## PROGRAMMA

*Navigazione aerea:* scelta e tracciamento della rotta; forma e dimensioni della terra; coordinate geografiche; miglia marine; nodi; magnetismo terrestre; bussola magnetica; prova e rotta; scarroccio e deriva; rotte lossodromiche e rotte ortodromiche: calcolo della distanza fra due punti dati; determinazione dei punti intermedi degli angoli di rotta, ecc.; carte geografiche di Mercatore e gnomoniche; rotte effettive per comunicazioni locali e transcontinentali; rotte polari.

*Navigazione astronomica:* la volta celeste; sistemi di riferimento locali ed uranografici e relative coordinate; latitudine e angolo orario, altezza a Azimut, ascensione retta e declinazione, latitudine celeste e longitudine celeste; triangolo di posizione; formule di Eulero e di Vieta per la risoluzione di esso; tempo solare vero e medio, tempo sidereo, tempo di un astro; cerchio e retta d'altezza; il sestante; determinazione del punto per coordinate separate e con le rette d'altezza.

*Navigazione elettronica:* cenni sulle modulazioni in ampiezza, frequenza e fase; antenne omnidirezionali e unidirezionali; sistemi di navigazione polari; radiogoniometri, VOR, DME, TACAN; sistemi di navigazione iperbolica piana: LORAN, DECCA, OMEGA; sistemi di navigazione a mezzo di satelliti artificiali; sistemi di radioguida per l'atterramento: ILS; localizzazione e misura di distanza: il RADAR.

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

A. Lausetti - Lossodromie e Ortodromie -

F. Flora - Astronomia Nautica (Nevigazione Astronomica) - Ed. Hoepli, Milano 1963.

G. Montefinale - Radioaiuti alla Navigazione Aerea e Marittima - Ed. Hoepli, Milano 1959.

I. Capasso, S. Fede - Nevigazione - Ed. Hoepli, Milano 1975.

## IN335 PROGETTO DI AEROMOBILI

Prof. Ettore ANTONA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Progetto di Aeromobili

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

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 sfruttati 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. Tecnologie 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 svergoliate; 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 aeromobile.

## TESTI CONSIGLIATI

- G. Corning - Airplane Design -
  - B. Etkin - Dynamics of flight -
  - B.W. McCormick - Aerodynamics of V/STOL flight -
  - Abbott & von Dohennoff - Theory of wing section -
  - E.F. Bruhn - Analysis and design of missiles structures -
  - D. Küchemann - The aerodynamics design of aircraft -
- oltre a fascicoli vari editi dalla CLUT o in preparazione.

## IN336 PROGETTO DI AEROMOBILI II

Prof. Gianni GUERRA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Progetto di Aeromobili

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 50 30 -

INDIRIZZO: Aerotecnica-

Settimanale (ore) 4 2 -

Sistemi -

Strutture -

*Gli obiettivi del corso consistono nel mettere in grado i partecipanti di: comprendere il significato dell'attività di progettazione ed acquisire uno schema logico generale per l'impostazione, la risoluzione ed il controllo tecnico-gestionale dello sviluppo di progetti complessi. Individuare ed analizzare i principali requisiti operativi dei mezzi di trasporto aereo. Definire soluzioni di progetto preliminari che soddisfino particolari categorie di requisiti (per esempio: prestazioni, qualità di volo, ecc.). Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, visite di istruzione, testimonianze. Nozioni propedeutiche: Aeronautica generale, Costruzioni Aeronautiche e Dinamica del volo.*

## PROGRAMMA

L'attività di progettazione: fasi, contenuti, metodologie e strumenti. Obiettivi intermedi e finale.

La logica del progetto definizione del problema (requisiti/vincoli, incognite/scelte, criteri di ottimo/obiettivi), modellaggio matematico/fisico, dati/parametri, risoluzione/sperimentazione dei modelli, analisi/interpretazione dei risultati, effettuazione delle scelte.

La specifica di progetto: requisiti operativi tecnici ed economici (prestazioni, qualità di volo, affidabilità, manutenibilità, disponibilità, sicurezza, ergonomia, compatibilità ambientale, costi, comfort).

Sintesi dei requisiti di prestazione, analisi di sensibilità al variare dei dati di progetto e dei parametri basici, tecniche di scelta della soluzione ottima.

Il progetto preliminare per le qualità di volo: scelte dimensionali per l'impennaggio orizzontale e per le trasmissioni di comando, la progettazione per le altre categorie di requisiti: il "design to cost", la pianificazione ed il controllo delle attività di progettazione (W.B.S., S.O.W., PERT).

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nell'affrontare temi specifici di progetto preliminare connessi con gli argomenti trattati nelle lezioni, in particolare progetto preliminare per le prestazioni di un velivolo.

## TESTI CONSIGLIATI

G. Gabrielli - Lezioni sulla scienza del progetto di aeromobili, Vol. II - Ed. Levrotto & Bella.  
G.B. Nicolò, L. Giorgeri - Linee concettuali per la definizione di un progetto aeronautico - Aeron. missili e spazio, n. 1, 1971.

J.H. Blakelock - Automatic control of aircraft and missiles - Wiley.

## IN552 REGOLAZIONI AUTOMATICHE Ex IN351 REGOLAZIONI AUTOMATICHE (sem.)

Prof. Agostino VILLA

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Tecnologia Meccanica

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

*L'insegnamento si propone di introdurre lo studente all'analisi ed al progetto dei sistemi di controllo di impianti industriali continui, quali impianti siderurgici e metallurgici e linee di produzione. Per l'impostazione data al programma, le ore di lezione e di esercitazione non sono distinte.*

*Il corso richiede che lo studente abbia seguito con profitto i corsi di analisi matematica, meccanica applicata, elettrotecnica (eventualmente applicazioni industriali dell'elettrotecnica).*

**PROGRAMMA**

L'insegnamento si articola nei seguenti punti:

- 1) - Analisi di sistemi dinamici; rappresentazione di sistemi dinamici mediante modelli matematici, concetto di stato, equazioni di stato e funzione di trasferimento; simulazione dei modelli dinamici mediante elaboratori numerici; studio delle caratteristiche dei sistemi dinamici ai fini del controllo delle loro prestazioni: stabilità, controllabilità, osservabilità.
- 2) - Metodi per il progetto di sistemi di controllo; metodi classici in frequenza: diagrammi di Bode e di Nyquist, luogo delle radici; metodi moderni: posizionamento dei poli mediante regolatore proporzionale ed osservatore degli stati.
- 3) - Esempi di analisi e di progetto; l'esposizione dei metodi di analisi e di progetto viene sviluppata mediante l'applicazione ad impianti industriali quali controllo di macchine utensili, di un banco-prova per motori di autoveicoli, di un processo di laminazione.

**TESTI CONSIGLIATI**

K. Ogata - Modern Control Engineering - Prentice Hall, 1970.

A. Villa - Comandi e Regolazioni - CELID, 1977.

## IN358 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Ezio LEPORATI

IST. di Scienza delle costruzioni

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	90	6
Settimanale (ore)	5	6	—

*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.*

*E' 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 tensioni e delle direzioni principali. Analisi dello stato di deformazione. 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 distocente. 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 delle 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. I e II - Levrotto & Bella, Torino  
 Belluzzi - Scienza delle Costruzioni, Vol. I - Zanichelli, Bologna.  
 Baldacci - Scienza delle Costruzioni, Vol. I e II - UTET, Torino.

## IN374 SPERIMENTAZIONE DI VOLO

Prof. Giulio CIAMPOLINI

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IST. di Progetto di Aeromobili

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerotecnica

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

Annuale (ore) 50 — —

Settimanale (ore) 6 — —

*Scopo del corso è di fornire un indottrinamento sulla sperimentazione di volo di moderni velivoli coerente con le finalità della scuola e adatto per l'inserimento nel lavoro aeronautico. L'indottrinamento concerne le metodologie generali e la trattazione esemplificativa di problemi basilari. Temi generali riguardano la scelta di modelli matematici quali guida della sperimentazione nell'ambito delle qualità del sistema uomo-macchina, definizione e scelta dei criteri di qualificazione nonché i processi di valutazione delle prestazioni di volo.*

*Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni, queste ultime concernenti dati sperimentali reali di velivoli moderni.*

*Nozioni propedeutiche: nozioni di meccanica del volo.*

## PROGRAMMA

Introduzione su finalità e metodi di sperimentazione di volo, considerazioni sui principali aspetti dell'involuppo di volo; modelli matematici di guida alla sperimentazione; equilibramento longitudinale; velivolo transonico; manovra longitudinale. Elementi di valutazione delle qualità di volo. Sistema pilota velivolo. Analisi della risposta di un velivolo col metodo delle trasformazioni Laplace/Fourier. Determinazione sperimentale di alcune delle principali derivate aerodinamiche. Metodo vettoriale di analisi di moti di piccola perturbazione. Misura della velocità rispetto all'aria. Prestazioni di velocità stabilizzata. Prestazioni di salita. Prestazioni di autonomia. Indagini di stabilità aeroelastica. Strumenti e mezzo di rilievo di volo.

## ESERCITAZIONI

Determinazione di derivate aerodinamiche relative a prove reali di volo. Determinazione di prestazioni generalizzate.

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense G. Ciampolini, riproducibili.

## IN383 STRUMENTI DI BORDO

Prof. Lorenzo BORELLO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale  
IST. di Meccanica Applicata alle Macchine,  
Aerodinamica, Gasdinamica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Aerotecnica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	24	6
Settimanale (ore)	4	2	—

*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; strumenti di bordo, avionica; rapporto uomo-macchina; requisiti degli strumenti di bordo; componenti meccanici ed elettrici, subsistemi.

Strumenti di controllo per motori ed impianti.

Strumenti di pilotaggio e controllo del velivolo; damper, CSAS, CCV e comandi, 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 derivata; 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. 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.

Kayton, Fried - Avionics Navigation Systems - Wiley.

## IN384 STRUTTURE AEROMISSILISTICHE

Prof. Ettore ANTONA

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IST. di Progetto di Aeromobili

V ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)    78    —    —

INDIRIZZO: Costruzioni

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. E' 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. Aurelio ROBOTTI

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IST. di Macchine e Motori per Aeromobili

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	62	60	—
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° 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 dei veicoli spaziali, attraversamento dell'atmosfera;  $\Delta V$  di un razzo mono stadio; tecnica dei razzi polistadi; 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° 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° Parte. Progetto e calcolo di traiettorie per la messa in orbita di satelliti artificiali e per trasferite interplanetarie. 2° 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 - Editore UTET, Torino.

G. Sutton - Rocket propulsion elements, 4° Edizione - Ed. Wiley.

## IN413 TECNOLOGIA MECCANICA

Prof. Rosolino IPPOLITO

IST. di Tecnologia Meccanica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Produzione

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	48	30	—
Settimanale (ore)	4	4	—

*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 sistemistica; studiare i fondamenti teorici dei processi di lavorazione con asportazione di materiale 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 ad asportazione di truciolo. In questo capitolo del corso si dà un breve cenno delle lavorazioni sulle lamiere.

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

## ESERCITAZIONI

Il corso è integrato da una serie di lezioni-esercitazioni attinenti la stesura dei 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 - 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

IST. di Progetto di Aeromobili

III ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

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 altri enti.*

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

## PROGRAMMA

Cenni di statistica applicata alla dispersione dei dati sperimentali, controllo di qualità, affidabilità, tipologia e tecnologie di fabbricazione; le prove non distruttive; i materiali e le loro proprietà; i materiali e il loro comportamento meccanico: struttura e deformazione, idealizzazione della deformazione e teorie del continuo, smorzamento, corrosione, frattura fragile, duttilità e modi di transizione, scorrimento viscoso, fatica, attrito usura; prove normalizzate per la caratterizzazione dei materiali; la caratterizzazione dei materiali per le costruzioni aeronautiche; il deterioramento dei materiali. Trattamenti termici. I processi tecnologici per colata, per deformazione a caldo, per deformazione a freddo, saldature, sintetizzazione, lavorazioni ad asportazione di truciolo, lavorazioni speciali dei metalli.

## 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, Aspetti tribologici delle tecnologie aeronautiche, I materiali e le loro proprietà - Levrotto & Bella, Torino.

C. Vero, M. Clerico - Cenni sull'impostazione della centrifugazione - CLUT, Torino.

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

