



**POLITECNICO
DI TORINO**

SOMMARIO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE

SCUOLA DI INGEGNERIA ASTRONAUTICA

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI CHIMICO-FISICI

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IN

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE COLLE

INDICE ALFABETICO PER

INGEGNERIA AEROSPAZIALE INGEGNERIA ASTRONAUTICA

Guida
ai programmi
dei corsi
1999/2000

Lo scopo fondamentale del presente opuscolo è quella di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. Nella guida sono contenuti i programmi dei corsi obbligatori e facoltativi per permettere agli studenti di poter decidere con chiarezza anno per anno come adeguare le scelte del piano di studio.

Le guide ai programmi dell'anno 1999/2000 introducono il valore in *crediti* e l'articolazione in *moduli* dei corsi; queste novità sono il primo passo verso il cambiamento del sistema universitario italiano che adeguerà i propri percorsi formativi a quanto concordato a livello europeo.

Si consiglia la lettura del capitolo "l'università sta cambiando" pubblicato sul Manifesto degli Studi, ove sono riportate tutte le informazioni relative alla trasformazione dei corsi universitari.

Cosa sono i crediti

Per gli studi politecnici un credito didattico corrisponderà, per un allievo di medie capacità, a circa trenta ore di attività didattica comprensive delle ore di lezione, esercitazione, laboratorio e studio individuale. L'indicazione di massima è che per conseguire il titolo di I livello (attuale diploma universitario) occorrerà acquisire circa 180 crediti e che per il titolo di II livello (attuale laurea) ne occorreranno circa 300, tenendo conto che anche la preparazione e la discussione della tesi costituirà un valore in crediti.

Il parametro di riferimento è quello di acquisire circa sessanta crediti annuali.

Cosa sono i moduli didattici

Nel nuovo sistema i moduli didattici rappresenteranno per molti degli attuali corsi una suddivisione del programma precedente, quindi aumenterà la possibilità di combinare in modo più articolato le diverse materie.

Supponendo che un attuale corso sia suddiviso in tre moduli, in molti casi sarà sufficiente scegliere solo un modulo o due a secondo del percorso scelto; vi saranno moduli obbligatori e moduli facoltativi, e saranno previste precedenzae.

I moduli indicati in questa guida rappresentano la prima fase di trasformazione della didattica ma non sono ancora validi come singoli moduli didattici ai fini della predisposizione del piano di studio.

PROFILO PROFESSIONALE

Obiettivo

La formazione prevista per il corso di laurea in ingegneria aerospaziale delinea una figura professionale avente competenze generali, acquisite con lo studio degli elementi teorici di base e peculiari attraverso le materie caratterizzanti il corso (aerodinamica, costruzioni aeronautiche, disegno tecnico aerospaziale, ecc...). Si tenga conto che è pertinenza dell'ingegnere aeronautico tutto ciò che riguarda il prodotto "aeromobile" il quale deve essere ideato, progettato, costruito, conoscendo anche elementi necessari per la valutazione dei costi. Di crescente importanza è lo sviluppo di capacità di integrazione che tendano alla formazione di un effettivo ingegnere di sistema.

Conoscenze consigliate

Buona conoscenza di base di matematica, fisica, chimica. Apertura all'ambiente internazionale e conoscenza delle lingue estere, in particolare dell'inglese.

Sbocchi occupazionali

Attività progettuale in campo aeronautico e spaziale, produzione e gestione del mezzo aereo. Attività da svolgersi essenzialmente presso aziende costruttrici di aeromobili nazionali ed internazionali o di componenti, in aziende o compagnie di gestione e servizi, in enti di controllo, università ed istituti di ricerca. Da non escludere l'impiego presso altri settori industriali.

■ CARATTERIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE

La definizione della figura professionale dell'ingegnere aerospaziale, così come nasce dalle esigenze dei vari settori d'impiego, fa sì che il corso di laurea in Ingegneria aerospaziale costituisca una delle articolazioni dell'ingegneria industriale, alla quale afferisce per le implicazioni professionali legate alle grandi aree tecnico-culturali, pur distaccandosene per la specificità delle competenze richieste e degli approcci metodologici, legati alla peculiarità del prodotto.

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

Il *curriculum* degli studi, mirato a fornire un corpo di conoscenze teoriche, sperimentali, applicative e normative ritenute necessarie a formare le suddette cultura e figura professionale, si articola su 29 insegnamenti, ripartiti in 25 obbligatori e 4 di orientamento. Vengono dapprima forniti nel complesso i fondamenti matematici, fisici e metodologici necessari, e poi erogate le competenze tipiche del settore industriale, mediante corsi prevalentemente sviluppati al livello di preparazione generale e di individuazione dei principi fondamentali.

Il *curriculum* si caratterizza quindi nella complessa materia tipica dell'ingegneria aerospaziale, comprendente corsi sviluppati e organizzati con l'intento di fornire su ciascuna delle aeree di interesse (correlate alle funzioni dell'ingegnere aeronautico), un livello culturale idoneo sia a costituire valida base per successivi arricchimenti specialistici nelle discipline di orientamento, sia a consolidare una formazione interdisciplinare atta a cogliere l'auspicabile visione d'insieme del sistema-velivolo. Il *curriculum* si chiude quindi sulle materie specialistiche degli orientamenti che il Corso di laurea propone sulla base delle funzioni e aree di attività precedentemente individuate. Gli orientamenti al momento proposti sono:

- *Aeroelasticità*
- *Aerogasdinamica*
- *Meccanica del volo*
- *Propulsione*
- *Sistemi*
- *Strutture*

■ INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

Le basi generali per la comprensione dei fenomeni fisici e chimici sono fornite in due corsi di *Fisica Generale* e uno di *Chimica*. L'acquisizione dei necessari strumenti matematici di base è ottenuta mediante due corsi di *Analisi matematica* ed uno di *Geometria*. Ad essi si aggiunge un corso di *Meccanica razionale* che, sviluppando concetti ed utilizzando strumenti precedentemente acquisiti, avvia alle discipline applicative caratterizzanti gli studi di ingegneria. Inoltre il corso di *Fondamenti di informatica* introduce alle problematiche dei moderni sistemi per il calcolo, la gestione e la rappresentazione.

Otto annualità sono volte a fornire la cultura ingegneristica di base con riferimento:

- alla meccanica (*Meccanica applicata alle macchine*),
- al calcolo delle strutture (*Scienza delle costruzioni*)
- al calcolo di componenti di macchine (*Costruzione di macchine*),
- alla termodinamica e allo scambio termico (*Fisica tecnica*),
- all'elettrotecnica (*Elettrotecnica*),
- all'elettronica (*Elettronica*),
- alle tecniche di rappresentazione (*Disegno tecnico aerospaziale*),
- alla gestione dell'impresa (*Economia ed organizzazione aziendale*).

L'obiettivo di fornire una preparazione professionale ugualmente approfondita nei diversi settori di studio che concorrono alla realizzazione del prodotto aerospaziale, ha richiesto:

- due insegnamenti (*Macchine e Motori per aeromobili*) per le nozioni sui componenti e le prestazioni dei propulsori,
- due insegnamenti (*Aerodinamica e Gasdinamica*) per i principali metodi di studio della meccanica dei fluidi,
- un insegnamento (*Meccanica del volo*) per le prestazioni e le caratteristiche di volo degli aeromobili,
- due insegnamenti (*Costruzioni aeronautiche e Progetto di aeromobili*) per la descrizione delle strutture ed i metodi di calcolo,
- due insegnamenti (*Scienza e tecnologia dei materiali aeronautici ed aerospaziali e Tecnologie delle costruzioni aeronautiche*) per le tecnologie dei materiali e delle lavorazioni aeronautiche.

■ TESI DI LAUREA

La tesi di laurea consiste nello svolgimento, sotto guida di un professore ufficiale, di un progetto o di uno studio di carattere tecnico o scientifico.

Gli allievi che hanno deciso di optare per tale tesi devono farne domanda al Presidente del Consiglio di corso di laurea con modulo giallo in distribuzione presso la Segreteria Didattica Interdipartimentale Area-Sud indicando l'argomento e consegnarla alla medesima Segreteria almeno sei mesi prima dell'esame ed entro le date sotto riportate:

SESSIONE DI LAUREA		SCADENZA FOGLIO GIALLO	
1° Sessione 99/2000	turno unico	febbraio 2000	3 settembre 1999
2° Sessione 99/2000	1° turno	maggio 2000	12 novembre 1999
	2° turno	luglio 2000	14 gennaio 2000
3° Sessione 99/2000	1° turno	ottobre 2000	14 aprile 2000
	2° turno	dicembre 2000	9 giugno 2000

Alla domanda di ammissione agli esami di laurea, da presentare in Servizio Studenti, devono inoltre, allegare il foglio bianco, in distribuzione presso il suddetto Servizio, con l'indicazione dell'argomento della tesi svolta, controfirmato dal relatore.

Inoltre coloro che hanno consegnato il modulo giallo alla Segreteria Didattica Interdipartimentale, dovranno, prima della consegna della domanda di laurea al Servizio Studenti, fare apporre sul foglio bianco dalla suddetta Segreteria Didattica Interdipartimentale, un visto attestante il regolare deposito, nei termini previsti, del modulo giallo.

Una copia della tesi firmata dal relatore, deve essere consegnata al Servizio Studenti alcuni giorni prima dell'inizio della sessione di laurea e comunque non oltre la data riportata sulla Guida dello studente - Manifesto agli studi 1999-2000; una copia firmata deve essere consegnata al Presidente del Consiglio del corso di laurea; una copia deve essere portata dal laureando alla seduta di laurea.

Tesi e sintesi devono essere redatte in fogli di formato UNI A4. Si consiglia la stampa su ambedue le facciate della pagina.

119	8190	Progettazione di strutture sottopiedi
119	8192	Costruzioni aeronautiche II
Tabelle delle discipline universitarie		
UN016	Applicazioni pratiche della teoria dei gruppi (1)	
	Il concetto di simmetria dall'atomo al oggi	
UN017	Elettronica (1)	
UN018	Filosofia della scienza (Metodi, servizi e computer) (1)	
UN019	Metodologie delle scienze naturali A (Il metodo scientifico) (1)	
UN020	Metodologie delle scienze naturali B* (Il metodo scientifico) (1)	
UN021	Procedimenti algebrici (Introduzione al pensiero computazionale) (1)	
UN022	Scienze del lavoro (1)	
UN023	Sociologia delle rappresentazioni di massa A (1)	
UN024	Sociologia delle rappresentazioni di massa B (1)	
UN025	Storia contemporanea (1)	
UN026	Storia della filosofia contemporanea (1)	
UN027	Storia della Grecia A (Stivati ed eserciti) (1)	
UN028	Storia della Grecia B* (Alcibiade e i generali italiani) (1)	

■ QUADRO DIDATTICO DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

Corso Di Laurea In Ingegneria Aerospaziale

Anno	1° periodo didattico		2° periodo didattico	
1	B0231	Analisi Matematica I	B2300	Geometria
	B0620	Chimica	B1901	Fisica generale I
			B2170	Fondamenti di informatica
2	B0232	Analisi matematica II	B3370	Meccanica razionale
	B1902	Fisica generale II	B1790	Elettrotecnica
	B1420	Disegno tecnico aerospaziale	B4620	Scienza e tecnologia dei materiali aeronautici ed aerospaziali
3	B0050	Aerodinamica	B2220	Gasdinamica
	B2060	Fisica tecnica	B3210	Meccanica applicata alle macchine
	B4600	Scienza delle costruzioni	Y (1)	
4	BA410	Elettronica	B0940	Costruzioni di macchine
	B3110	Macchine	B1030	Costruzioni aeronautiche
	B3300	Meccanica del volo	B5660	Tecnologie delle costruzioni aeronautiche
5	B3830	Motori per aeromobili	B1530	Economia ed organizzazione aziendale
	B4280	Progetto di aeromobili	Y (3)	
	Y (2)		Y (4)	

Y (1,2,3,4): insegnamenti di orientamento

Ogni orientamento include quattro insegnamenti. Gli orientamenti proposti per l'a.a. 1999/2000, sono i sei di seguito elencati.

■ INSEGNAMENTI DI ORIENTAMENTO

Orientamento AEROELASTICITÀ

Y (1)	B3170	Matematica applicata
Y (2)	B3960	Principi di aeroelasticità
Y (3)	B5100	Sperimentazione di volo
Y (4)	B0090	Aeroelasticità applicata

Orientamento AEROGASDINAMICA

Y (1)	B0510	Calcolo numerico
Y (2)	B0052	Aerodinamica II
Y (3)	B2222	Gasdinamica II
Y (4)	B0080	Aerodinamica sperimentale

Orientamento MECCANICA DEL VOLO

Y (1)	B0510	Calcolo numerico
Y (2)	B1250	Dinamica del volo
Y (3)	B3310	Meccanica del volo dell'elicottero
Y (4)	B1252	Dinamica del volo II

Orientamento PROPULSIONE

Y (1)	B5930	Teoria matematica dei controlli
Y (2)	B4380	Propulsione aerospaziale
Y (3)	B2120	Fluidodinamica delle turbomacchine
Y (4)	B1800	Endoreattori

Orientamento SISTEMI

Y (1)	B5930	Teoria matematica dei controlli
Y (2)	B2570	Impianti aeronautici
Y (3)	B4260	Progetto dei sistemi aerospaziali
Y (4)	B5230	Strumentazione aeronautica

Orientamento STRUTTURE

Y (1)	B3170	Matematica applicata
Y (2)	B5330	Strutture aeronautiche
Y (3)	B4190	Progettazione di strutture aerospaziali
Y (4)	B1032	Costruzioni aeronautiche II

Tabella delle discipline umanistiche

UM016	Applicazioni fisiche della teoria dei gruppi (r) (Il concetto di simmetria dall'antichità ad oggi)
UM017	Estetica (r)
UM018	Filosofia della scienza (Mente, cervello e computer) (r)
UM019	Metodologia delle scienze naturali A (Il metodo scientifico) (r)
UM020	Metodologia delle scienze naturali B * (Il metodo scientifico) (r)
UM021	Propedeutica filosofica (Introduzione al pensiero contemporaneo) (r)
UM022	Sociologia del lavoro (r)
UM023	Sociologia delle comunicazioni di massa A (r)
UM024	Sociologia delle comunicazioni di massa B (r)
UM025	Storia contemporanea (r)
UM026	Storia della filosofia contemporanea (r)
UM027	Storia della tecnica A (Società ed economia) (r)
UM028	Storia della tecnica B * (Macchine e sistemi industriali) (r)

BIENNIO DEL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE SEDE DI MONDOVÌ

Anno	1° periodo didattico		2° periodo didattico	
1	B0231	Analisi matematica I	B2300	Geometria
	B0620	Chimica	B1901	Fisica generale I
			B2170	Fondamenti di informatica
2	B0232	Analisi matematica II	B3370	Meccanica razionale
	B1902	Fisica generale II	B1420	Disegno tecnico aerospaziale *
	B1790	Elettrotecnica	B4620	Scienza e tecnologia dei materiali aeronautici e aerospaziali

* Mutuato da **P1430** Disegno tecnico industriale.

■ SCUOLA DI INGEGNERIA ASTRONAUTICA

Possono iscriversi al primo anno della *Scuola di ingegneria aeronautica* coloro che abbiano già conseguito una laurea in Ingegneria. I laureati in *Ingegneria aeronautica* sono ammessi direttamente al secondo anno.

QUADRO DIDATTICO DEGLI INSEGNAMENTI

Primo anno (comune ai due orientamenti)

Gli allievi che avessero superato in precedenti corsi di laurea esami previsti al primo anno possono chiederne convalida.

Anno	1° periodo didattico		2° periodo didattico	
1	B0050	Aerodinamica	B1030	Costruzioni aeronautiche
	B3830	Motori per aeromobili	B2220	Gasdinamica
	B4280	Progetto di aeromobili	B5660	Tecnologie delle costruzioni aeronautiche
	B3300	Meccanica del volo		

Secondo anno

Sei materie, a scelta tra quelle elencate per ciascun orientamento, purché non precedentemente superate. Per gli insegnamenti del secondo anno non è prevista la convalida di esami superati in precedenti corsi di laurea: l'allievo deve completare il piano di studio con insegnamenti dell'altro indirizzo se, dopo aver indicato tutti gli insegnamenti non precedentemente superati, non raggiungesse il numero di sei.

1. orientamento

2	B0052	Aerodinamica 2	B5100	Sperimentazione di volo
	B2140	Fluidodinamica sperimentale	B2090	Fluidodinamica ambientale
	B6100	Fluidodinamica dei sistemi propulsivi	B2222	Gasdinamica II
	B6110	Propulsori astronautici	B1252	Dinamica del volo II
	B4380	Propulsione aerospaziale	B1230	Dinamica dei gas rarefatti
	B3960	Principi di aeroelasticità	B2024	Fisica a ingegneria dei plasmi * (r)
			B2026	Fisica e ingegneria dei plasmi II (r)

2. orientamento

2	BA310	Elettronica	B0090	Aeroelasticità applicata
	B2570	Impianti aeronautici	B1032	Costruzioni aeronautiche II
	B5370	Strutture spaziali	B4190	Progettazione di strutture aerospaziali
			B4260	Progetto dei sistemi aerospaziali
			B5230	Strumentazione aeronautica

(r) ridotto

Per quanto riguarda i programmi dei singoli insegnamenti, questi sono riportati, nelle sezioni *Programmi degli insegnamenti*, insieme a quelli del corso di laurea in *Ingegneria aerospaziale*

■ CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE

con articolazione dei corsi in ECTS

CODICE	INSEGNAMENTO	CREDITI ECTS
1° ANNO – 1° PERIODO DIDATTICO		
B0231	Analisi Matematica I Calcolo differenziale	6
	Calcolo integrale ed equazioni differenziali	4
B0620	Chimica Modulo A	5
	Modulo B	5
1° ANNO – 2° PERIODO DIDATTICO		
B2300	Geometria Algebra lineare	5
	Geometria analitica	4
B1901	Fisica Generale I (I° Corso) Meccanica del punto dei corpi rigidi	5
	Meccanica dei sistemi fluidi e termodinamica	4
	Fisica Generale I (II° Corso) Dinamica del punto e calorimetria	6
	Dinamica dei sistemi	3
B2170	Fondamenti di Informatica Introduzione all'informatica e agli elaboratori	4
	Introduzione alla programmazione ed al linguaggio FORTRAN	5
2° ANNO – 1° PERIODO DIDATTICO		
B0232	Analisi Matematica II Funzioni di più variabili	5
	Serie ed equazioni differenziali	5
B1902	Fisica Generale II Elettromagnetismo	5
	Fenomeni ondulatori	4
B1420	Disegno Tecnico Aerospaziale Principi di disegno tecnico	4
	Disegno di elementi di macchine	5
2° ANNO – 2° PERIODO DIDATTICO		
B3370	Meccanica Razionale Meccanica del corpo rigido	5
	Meccanica analitica	4
B1790	Elettrotecnica Teoria dei circuiti	5
	Macchine ed impianti elettrici	4
B4620	Scienza e tecnologia dei materiali aeronautici ed aerospaziali La scienza dei materiali aeronautici ed aerospaziali	4
	La tecnologia dei materiali aeronautici ed aerospaziali	5
B4620	Scienza e tecnologia dei materiali aeronautici ed aerospaziali (Mondovi) Scienza dei materiali, combustione	5
	Tecnologie di fabbricazione e caratteristiche dei materiali per uso aeronautico	4

3° ANNO – 1° PERIODO DIDATTICO

B0050	Aerodinamica	
	Fondamenti e profili subsonici	5
	Ala finita e moti supersonici	4
B2060	Fisica Tecnica	
	Termodinamica applicata	5
	Moto dei fluidi e trasmissione del calore	4
B4600	Scienza delle Costruzioni	
	Teoria dell'elasticità e solido del De Saint Venant	5
	Analisi delle strutture e delle loro modalità di collass	4

3° ANNO – 2° PERIODO DIDATTICO

B2220	Gasdinamica	
	Nozioni di base	5
	Strato limite	4
B3210	Meccanica Applicata alle Macchine	
	Dinamica delle macchine	6
	Trasmissione del moto	4

Y(1)

4° ANNO – 1° PERIODO DIDATTICO

BA410	Elettronica	
	Diodi e transistori: teoria e circuiti	3
	Amplificatori operazionali e logica digitale	5
B2060	Macchine	
	Turbomacchine	5
	Macchine volumetriche	4
B3300	Meccanica del Volo	
	Studio delle prestazioni di velivoli	5
	Equilibrio e stabilità del velivolo nel volo atmosferico	4

4° ANNO – 2° PERIODO DIDATTICO

B0940	Costruzione di Macchine	
	Modulo A	5
	Modulo B	4
B1030	Costruzioni Aeronautiche	
	Modulo di base	5
	Modulo complementare	4
B4620	Tecnologia delle costruzioni aeronautiche	
	Procedimenti tecnologici	4
	Comportamenti meccanici - Tecnologia dei materiali	5

5° ANNO – 1° PERIODO DIDATTICO

B3830	Motori per Aeromobili	
	Fondamenti della propulsione atmosferica a reazione	5
	Comportamento in regolazione dei turbomotori e dei propulsori atmosferici	4
B4280	Progetto di Aeromobili	
	Modulo A	5
	Modulo B	4

Y(2)

ORIENTAMENTI

AEROELASTICITÀ

Y(1) B0231	Matematica Applicata	
	Modulo A	4
	Modulo B	5
Y(2) B3960	Principi di Aeroelasticità	
	L'interazione fluido-strutture e i principali fenomeni aeroelastici	5
	Elementi di aerodinamica non stazionaria ed approfondimenti di aeroelasticità	4
Y(3) B5100	Sperimentazione di Volo	
	Nozioni propedeutiche	4
	La sperimentazione sui sistemi di volo	5
Y(4) B0090	Aeroelasticità Applicata	
	Modulo A	4
	Modulo B	5

AEROGASDINAMICA

Y(1) B0510	Calcolo Numerico	
	Metodologie di base	5
	Trattamento numerico di modelli differenziali	4
Y(2) B0052	Aerodinamica II	
	Il problema scalare	4
	Il sistema delle equazioni di Eulero	5
Y(3) B2222	Gasdinamica II	
	Soluzione numerica delle equazioni di Navier-Stokes	5
	Fluidodinamica numerica	4
Y(4) B0080	Aerodinamica Sperimentale	
	Modulo A	5
	Modulo B	4

MECCANICA DEL VOLO

Y(1) B0510	Calcolo Numerico	
	Metodologie di base	5
	Trattamento numerico di modelli differenziali	4
Y(2) B1250	Dinamica del Volo	
	Concetti fondamentali	4
	Risposta e controllo del velivolo	5
Y(3) B1252	Dinamica del Volo II	
	Analisi ed applicazione dei modelli matematici	5
	Modellizzazione matematica e metodologie sperimentali	4
Y(4) B3310	Meccanica del Volo dell'Elicottero	
	Modulo A	5
	Modulo B	4

PROPULSIONE

Y(1) B5930	Teoria Matematica dei Controlli	
	Equazioni differenziali e teoria della stabilità	4
	Calcolo delle variazioni e controllo ottimo	5
Y(2) B4380	Propulsione Aerospaziale	
	Requisiti propulsivi di missioni spaziali	5
	Sistemi di lancio	2
	Sistemi avanzati di propulsione	2
Y(3) B2120	Fluidodinamica delle Turbomacchine	
	Studio analitico del flusso su schiere	3
	Analisi e progetto con mezzi empirici	2
	Flusso supersonico	2
	Fluidodinamica computazionale	2
Y(4) B1800	Endoreattori	
	Fondamenti di endoreattori	3
	Endoreattori a propellenti solidi e ibridi	2
	Endoreattori a propellenti liquidi	4

SISTEMI AEROSPAZIALI

Y(1) B5930	Teoria Matematica dei Controlli	
	Equazioni differenziali e teoria della stabilità	4
	Calcolo delle variazioni e controllo ottimo	5
Y(2) B2570	Impianti Aeronautici	
	Impianti di bordo	5
	Metodologie della progettazione sistemistica	4
Y(3) B4260	Progetto dei Sistemi Aerospaziali	
	Modulo A	5
	Modulo B	4
Y(4) B5230	Strumentazione Aeronautica	
	Trasduttori e presentazione dati	4
	Pilotabilità e comandi	5

STRUTTURE AERONAUTICHE

Y(1) B0231	Matematica Applicata	
	Modulo A	4
	Modulo B	5
Y(2) B5330	Strutture Aeronautiche	
	Modulo A	4
	Modulo B	5
Y(3) B4190	Progettazione di Strutture Aerospaziali	
	Fondamenti di calcolo delle strutture piastra e guscio	5
	Problemi non lineari ed applicazioni FEM	4
Y(4) B1032	Costruzioni Aeronautiche II	
	Dinamica delle strutture aeronautiche	4
	Problemi avanzati di dinamica delle strutture aeronautiche	5

INSEGNAMENTI A SCELTA

NEL 1° PERIODO DIDATTICO

B2140	Fluidodinamica Sperimentale	
	Modulo A	4
	Modulo B	5
B5370	Strutture Spaziali	
	Modellizzazione delle strutture aerospaziali	4
	Analisi agli elementi finiti e aspetti computazionali della stabilità	5
B6100	Fluidodinamica dei Sistemi Propulsivi	
	Aspetti base CFD	4
	Aspetti fisici	3
B6110	Propulsori Astronautici	
	Fondamenti di propulsione elettrica	3
	Propulsori elettrotermici	2
	Propulsori elettrostatici	1
	Propulsori elettromagnetici	3

NEL 2° PERIODO DIDATTICO

B1230	Dinamica dei Gas Rarefatti	
	La teoria cinetica dei gas	4
	Flussi ipersonici	4
B2024	Fisica e Ingegneria dei Plasmi	
	Definizione di plasma	2
	Magnetoidrodinamica	3
B2026	Fisica e Ingegneria dei Plasmi II	
	Onde elettromagnetiche nei plasmi	1
	Flussi idromagnetici e turbolenza	1
	Plasmi nello spazio	1
	Diagnostiche	1
B5640	Tecnologia Meccanica	8

INSEGNAMENTO DELLA SIA (2° PERIODO DIDATTICO)

B2090	Fluidodinamica Ambientale	
	Modulo A	4
	Modulo B	2
	Modulo C	3

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire agli studenti le basi del calcolo differenziale e integrale. Con riguardo al corso di Matematica per gli Ingegneri, il problema della determinazione delle derivate e delle integrali di funzioni di più variabili (per il calcolo del volume) viene trattato anche analiticamente.

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

MODULO A: FONDAMENTI E PROFILI PERSONALI

SEMESTRE PRIMO

Insegnamento (ore) lezioni (h) esercitazioni (h) laboratori (h)
 Crediti (CFU)

REQUISITI

Nono necessario le conoscenze di calcolo differenziale e di geometria analitica fornite dal modulo.

PROGRAMMA

- 1) Parte introduttiva: circa 12 ore.
 Presentazione del corso. Definizioni di massa, densità, forze, pressione, portata, viscosità e conducibilità termica, perfinità finita. Classificazione dei moti. Nomenclatura per gli i profili vici. Distribuzione di pressione su un profilo alare e calcolo di portanza, resistenza e momento. Composizione del momento. Viscosa e resistenza Joule. Coefficienti adimensionali di forma e di momento e loro dipendenza dai numeri di Reynolds e di Mach.
 Aerodinamica inviscida. Teoremi di conservazione, teoremi di D'Alembert. Andamento delle velocità ovunque in un profilo alare. Condizioni al contorno libere e le sue conseguenze che massimizza, separazione. Le velocità su un profilo alare in flusso irrotazionale. Calcolo delle forze aerodinamiche.
 Espressioni di profilo aerodinamica. Coefficiente di resistenza, come loro significati fisici e termini relativi. Distribuzione di velocità e linee rispetto al tempo.
 2) Espressioni fondamentali della fluidodinamica: circa 12 ore.
 Equazioni di continuità, quantità di moto (Eulero), energia, entropia. Gradiente di velocità. Teoremi di Bernoulli e di Lagrange-Venturi. Trasformazioni isentropiche.
 3) Le funzioni di corrente e potenziale: circa 8 ore.
 Significato fisico e matematico di presenza delle funzioni di corrente e potenziale, loro proprietà ed utilizzazione pratica. Definizione delle costanti analitiche di certe funzioni per ottenere insieme interpretazione fisica. Applicazioni, l'elica, il cilindro circolare, campo di moto vortice. Determinazione dei punti di massima della distribuzione di pressione. Calcolo per la induzione. Teoremi di Kutta-Joukowski.
 4) Le trasformazioni conformi: circa 8 ore.
 Richiami sui numeri complessi e sulle funzioni di variabile complessa. Regole di distribuzione

B0050 AERODINAMICA

Anno: 3 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 76 esercitazioni: 22 laboratori: 2
Crediti: 9
Docente: **Florenzo QUORI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire agli studenti le nozioni di base della fluidodinamica del fluido non viscoso. Con riguardo al corso di laurea nel quale è inquadrato, il corso tratta in modo particolare il problema della determinazione della distribuzione di pressione attorno a profili alari subsonici e supersonici nonché il calcolo dei relativi coefficienti di portanza, momento focale e resistenza d'onda (per moti supersonici). Vengono anche studiate le ali secondo lo schema di Prandtl.

MODULO A: FONDAMENTI E PROFILI SUBSONICI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 42 esercitazioni: 12 laboratori: 2
Crediti: 5

REQUISITI

Sono necessarie le normali conoscenze di analisi matematica e di geometria analitica fornite dal biennio.

PROGRAMMA

1) Parte introduttiva: circa 12 ore.

Presentazione del corso. Definizioni di: fluido ideale e fluido reale, pressione, portata, viscosità e conducibilità termica, particella fluida. Classificazione dei moti. Nomenclatura per ali e profili alari. Distribuzione di pressione su un profilo alare e calcolo di portanza, resistenza e momento. Trasposizione dei momenti. Fuoco e momento focale. Coefficienti adimensionali di forza e di momento e loro dipendenza dai numeri di Reynolds e di Mach.

Aerodinamica intuitiva. Linee di corrente, traiettorie, tubi di flusso. Andamento della velocità attorno ad un profilo alare. Cenni sullo strato limite e le sue caratteristiche: transizione, separazione. La resistenza dei profili alari in fluido reale. Controllo dello strato limite.

Richiami di analisi matematica. Gradiente, divergenza, rotore: loro significati fisici e teoremi relativi. Derivata sostanziale e locale rispetto al tempo.

2) Equazioni fondamentali della fluidodinamica: circa 4 ore.

Equazioni di continuità, quantità di moto (Eulero), energia, entropia. Grandezze di arresto. Teoremi di Bernoulli e di Lagrange-Thomson. Trasformazioni isoentropiche.

3) Le funzioni di corrente e potenziale: circa 8 ore.

Significato fisico e condizioni di esistenza delle funzioni di corrente e potenziale, loro proprietà ed utilizzazione pratica. Calcolo delle espressioni analitiche di dette funzioni per: corrente uniforme, sorgente o pozzo, vortive, doppietta. Poldromia. Il cilindro circolare: campo di moto esterno. Determinazione dei punti di arresto e della distribuzione di pressione. Cilindro con circuitazione. Teorema di Kutta-Joukowski.

4) Le trasformazioni conformi: circa 8 ore.

Richiami sui numeri complessi e sulle funzioni di variabile complessa. Regole di derivazione.

Funzioni armoniche associate. Il potenziale complesso e la velocità complessa. Condizioni di conformità per una trasformazione. Punti critici. Conservazione del potenziale complesso. Origine della circuitazione. La condizione di Kutta. La trasformazione di Kutta-Joukowski. Studio della lamina piana, dell'arco di cerchio e di un generico profilo di Joukowski. Cenni su altre trasformazioni e sulle trasformazioni inverse.

5) Teoria dei profili sottili subsonici: circa 8 ore.

Ipotesi di Glauert. Distribuzioni di sorgenti e di vortici bidimensionali. Calcolo delle velocità dovute a singolarità distribuite. Equazione di tangenza e coefficiente di pressione. Scelta delle singolarità atte a rappresentare un dato profilo. Profilo simmetrico investito senza incidenza. Lamina curva investita con incidenza. Incidenza ideale e incidenza di portanza nulla. Profilo investito contemporaneamente da due correnti indisturbate. Problema inverso per profili sottili.

6) Il metodo dei pannelli: circa 2 ore.

Descrizione del metodo. Elementi geometrici di interesse. Distribuzione di sorgenti sui pannelli di un profilo non portante. Sistema di equazioni. Punti di controllo. Distribuzione di vortici sui pannelli di un profilo portante. Rispetto della condizione di Kutta.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono in problemi che seguono immediatamente le nozioni teoriche apprese. Il laboratorio consiste nel rilievo sperimentale, in piccola galleria del vento didattica, delle pressioni attorno ad un cilindro circolare e ad un modello di profilo NACA 0015.

BIBLIOGRAFIA

F. QUORI, Aerodinamica, Levrotto & Bella Editore.

R. ARINA & F. QUORI, Esercizi di Aerodinamica, Levrotto & Bella Editore.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione orale sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: ALA FINITA E MOTI SUPERSONICI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore)

lezioni: 38

esercitazioni: 6

Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A

PROGRAMMA

1) Ali subsoniche di grande allungamento e piccola freccia: circa 10 ore.

Distribuzioni superficiali di vortici. Teoremi di Helmholtz. Legge di Biot e Savart. Vortice ad anello e vortice rettilineo semiindefinito. Vortici vicini e lontani da un dato punto e loro effetto. Superfici vorticose aderenti e libere. Coefficiente di pressione nel caso di ali sottili. Superficie vorticosa atta a rappresentare un'ala. La scia. Lo schema di Prandtl. Velocità ed incidenza indotte. Calcolo della portanza e della resistenza indotta. L'equazione integrodifferenziale di Prandtl. Ala con distribuzione ellittica di circuitazione: calcolo di portanza e resistenza. Ala con distribuzione generica di circuitazione. Soluzione approssimata dell'equazione di Prandtl.

2) Fluido compressibile: circa 4 ore.

La velocità del suono. Relazione fra velocità del fluido e sezione del tubo di flusso. Sezione critica. Equazione del potenziale e sua linearizzazione. Condizioni di validità dell'equazione linearizzata. Correzione di Prandtl-Glauert per profili sottili in corrente subsonica di fluido compressibile. Il numero di Mach critico. Ali a freccia. Cenni sui profili supercritici.

3) Il metodo delle caratteristiche: circa 8 ore.

Direzioni caratteristiche e linee caratteristiche. Le linee caratteristiche in un campo di moto linearizzato. Angolo di Mach. Proprietà fondamentale delle linee caratteristiche. Studio di problemi di aerodinamica supersonica linearizzata con il metodo delle caratteristiche. Piano odografico. Espansioni e compressioni. Coefficiente di pressione. Studio di profili alari sottili supersonici. Riflessione di onde semplici: divergente supersonico e getti piani. Interfacce.

4) Espansione di Prandtl-Meyer: circa 2 ore.

Differenza fra espansioni e compressioni in teoria esatta. Odografa del moto per un'espansione e sua equazione. Caratteristiche rettilinee e loro proprietà. Confronto fra teoria esatta e linearizzata.

5) Le onde d'urto: circa 16 ore.

Onda piana di discontinuità finita. Relazioni di Rankine-Hugoniot. Aumento di entropia e conferma della validità della teoria linearizzata. Urto retto e relazioni dell'urto retto. Diminuzione della pressione di arresto. Urti obliqui e loro riduzione ad un urto retto. Relazione fra angolo di deviazione della corrente e angolo dell'urto. La polare d'urto: equazione e significato fisico. Urti deboli e urti forti. Deviazione limite. Relazione fra strofoide ed epicicloide. Confronto fra teoria esatta e linearizzata. Riflessione regolare di onde d'urto. Getto piano sovraespanso. Studio completo di un profilo alare in teoria esatta. Interazione fra onde di espansione e onde d'urto.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono in numero ridotto perché molti problemi sono trattati direttamente a lezione.

BIBLIOGRAFIA

Come per il modulo A.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso.

Per coloro che hanno superato la prova orale relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale, orale, sarà unico.

B0052 AERODINAMICA II

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 72	esercitazioni: 14	laboratori: 10
Crediti: 9			
Docente:	Maurizio PANDOLFI		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso presenta una struttura monografica ed intende introdurre lo studente nel settore della Fluidodinamica Numerica con riferimento ai moti di flusso compressibile, nei regimi non stazionario e stazionario supersonico.

Il corso è suddivisibile in due moduli: il primo modulo (A) è rivolto al problema scalare, ed il secondo (B) considera le equazioni di Eulero.

L'attenzione è rivolta sia alla interpretazione fisica dei fenomeni fluidodinamici che agli aspetti fondamentali per lo sviluppo di metodi numerici. Nel corso vengono fornite le basi per la comprensione di moderne procedure computazionali di larga applicazione negli studi e nei progetti aerodinamici.

Le esercitazioni prevedono l'uso di codici numerici specificamente concepiti ad uso didattico su PC. e si svolgono sia in aula che nel laboratorio informatico del DIASP.

MODULO A: IL PROBLEMA SCALARE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 30	esercitazioni: 6	laboratori: 4
Crediti: 4			

REQUISITI

È opportuno che sia stato assimilato e ben compreso il contenuto del corso di Aerodinamica.

PROGRAMMA

Introduzione alle equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo iperbolico.

Il problema scalare: equazione lineare ed equazione non-lineare; segnale, caratteristica, equazione di compatibilità; onda, dominio di dipendenza e condizione al contorno; il metodo della caratteristica.

La legge di conservazione nel problema scalare; discontinuità, relazione di salto e condizioni di entropia.

L'equazione scalare del traffico.

Approssimazioni discrete alle differenze ed ai volumi finiti; schemi di accuratezza del primo e secondo ordine; discretizzazione upwind.

Equazioni del flusso supersonico stazionario assialsimmetrico su cono appuntito e loro integrazione numerica.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Analisi di due codici numerici: (1) soluzioni numeriche del problema scalare per diversi casi (equazioni differenziali, leggi di conservazione, dati iniziali, condizione ai contorni) e procedure numeriche; costruzione di soluzioni analitiche e confronto critico con i risultati numerici del codice; (2) previsione del campo di moto supersonico stazionario su cono circolare senza incidenza. Sperimentazione numeriche.

MODULO B: IL SISTEMA DELLE EQUAZIONI DI EULERO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 42 esercitazioni: 8 laboratori: 6
Crediti: 5

REQUISITI

È opportuno che siano stati assimilati e ben compresi il contenuto del corso di Aerodinamica ed il precedente modulo A.

PROGRAMMA

Il sistema delle equazioni di Eulero; flusso 1D non-stazionario e flusso 2D supersonico stazionario; la forma quasi lineare, la diagonalizzazione del sistema, segnali, caratteristiche, equazioni di compatibilità; campi ad onda semplice, interazione fra onde, condizioni al contorno; il metodo delle caratteristiche.

Le leggi di conservazione per il sistema di Eulero, onde d'urto e superficie di contatto, relazioni di salto e condizione di entropia. Interazioni fra discontinuità.

Costruzione di soluzioni esatte o approssimate con lo strumento analitico.

Formulazioni upwind per sistemi di leggi di conservazione e schemi di integrazione.

L'analogia idrodinamica ed il sistema per i moti d'acqua a basso fondale.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Analisi di tre codici numerici: (1) previsione del campo di moto supersonico stazionario su cono circolare senza incidenza; (2) moti quasi-1D non-stazionari descritti dalle equazioni di Eulero con esempi di propagazione di discontinuità semplici; (3) moti quasi-1D non-stazionari descritti dalle equazioni di Eulero con esempi di transitori, tecniche time-dependent, interazioni fra discontinuità, influenza del metodo numerico sulla qualità dei risultati attraverso il confronto con soluzioni esatte o approssimate di riferimento.

ESAME

La valutazione è globale sui due moduli ed ha luogo al termine del semestre, in forma orale.

B0080 AERODINAMICA SPERIMENTALE

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 62 laboratori: 38
Crediti: 9
Docente: **Michele ONORATO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso di Aerodinamica Sperimentale è suddiviso in due moduli; comporta lezioni in aula, esercitazioni nei laboratori e la stesura di una breve relazione sull'attività di laboratorio. Agli studenti saranno distribuite copie dei lucidi proiettati durante le lezioni.

MODULO A

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore): lezioni: 37 laboratori: 23
Crediti: 5

REQUISITI

Aver superato l'esame di aerodinamica.

PROGRAMMA

Misura della pressione media e della velocità media; misura delle forze aerodinamiche (bilance); visualizzazione dei flussi. Similitudine dinamica. Gallerie del vento subsoniche, transoniche, supersoniche, ipersoniche. Misura di forze aerodinamiche tramite rilievi di pressione superficiale e di scia per corpi bidimensionali. Metodi empirici per la correzione delle tare dei supporti del modello e delle interferenze del modello con i supporti e le pareti della camera di prova. Valutazione della velocità di riferimento.

Incertezza nella misura. Analisi del segnale. Introduzione all'uso di Lab View per l'acquisizione di dati sperimentali e la loro elaborazione preliminare. Introduzione all'uso di Mat Lab ed analisi numerica di dati sperimentali.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni sperimentali e proiezione di filmati relativi agli argomenti delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

William H. Rae Jr. and Alan Pope "Low-Speed WindTunnel Testing", John Wiley and Sons.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emise semestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A, relativamente agli argomenti trattati nelle lezioni. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Una discussione sui risultati delle sperimentazioni e sulle attività di laboratorio avverrà a fine corso. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo, tradizionale.

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 25; laboratori: 15

Crediti: 4

REQUISITI

Aver superato l'esame di aerodinamica.

PROGRAMMA

Instabilità e transizione. Emissione di vortici da strutture. Problematiche della sperimentazione nelle gallerie del vento subsoniche e transoniche: velocità di riferimento, effetto numero di Reynolds, effetto turbolenza vena, interferenze e tare dei supporti, interferenza delle pareti. La misura della velocità istantanea: anemometro a filo caldo, anemometro laser Doppler, visualizzazione quantitativa (cenni). Misura dello sforzo di attrito e relativo impianto di taratura. La galleria del vento numerica.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni sperimentali e proiezione di filmati relativi agli argomenti delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

William H. Rae Jr. and Alan Pope "Low-Speed WindTunnel Testing", John Wiley and Sons.

ESAME

Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A, sarà possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo B, relativamente agli argomenti trattati nelle lezioni. In caso di esito favorevole gli studenti dovranno superare entro la sessione C dello stesso Anno Accademico un colloquio sulle attività svolte nei laboratori. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo B e quella relativa alle attività di laboratorio nei termini previsti (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico, orale e convenzionale.

B0090 AEROELASTICITÀ APPLICATA

Anno: 2 (SIA) Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 76 esercitazioni: 12 laboratori: 12
Crediti: 9
Docente: *da nominare (1998/99: Giuseppe SURACE)*

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Obiettivo del corso è fornire:

1. una comprensione fisica adeguata dei principali fenomeni legati all'interazione tra le correnti d'aria non stazionarie e le strutture elastiche;
2. una metodologia di base per la schematizzazione di tali fenomeni e la loro rappresentazione mediante equazioni;
3. la conoscenza dei principali metodi analitici e numerici per trattare le suddette equazioni, senza e con l'intervento di sistemi attivi.

MODULO A

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 38 esercitazioni: 6 laboratori: 6
Crediti: 4

REQUISITI

Principi di Aeroelasticità, Aerodinamica, Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata.

PROGRAMMA

- Definizione e classificazione dei fenomeni aeroelastici.
- Richiami di elastomeccanica: travi e gusci. Richiamo dei metodi di soluzione delle equazioni aeroelastiche: collocazione diretta, di Galerkin, di Rayleigh-Ritz.
- Il metodo degli elementi finiti e potenziali applicazioni all'aeroelasticità.
- Problemi aeroelastici statici: divergenza torsionale, efficienza e inversione d'effetto delle superfici di comando. Divergenza flessionale dei missili.
- Problemi aeroelastici dinamici: flutter, flutter di stallo, whirl-flutter, buffeting, buzz transonico.
- Panel flutter, effetti della temperatura sul panel flutter.
- L'interazione fluido-struttura.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Calcolo delle velocità di divergenza di un'ala a freccia.
- Calcolo della distribuzione di portanza per un'ala a freccia al variare della velocità.
- Schematizzazione agli elementi finiti di un pannello in materiale composito mediante elementi rettangolari a quattro nodi di Kirchhoff. Scrittura dell'equazione del moto per un pannello investito da un flusso supersonico. Calcolo della velocità critica di flutter.

BIBLIOGRAFIA

R.L. Bisplinghoff, H. Ashely, Principles of aeroelasticity, Dover, 1962.
G. Chiochia, Principi di aeroelasticità, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

Testi per approfondimenti:

E.H. Dowell, H.C. Curtiss, R.H. Scanlan, F. Sisto, A modern course in aeroelasticity, 1989.

Y.C. Fung, An introduction to the theory of aeroelasticity, Dover, 1962.

H.W. Foersching, Grundlagen der Aeroelastik, Springer, New York, 1974.

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore)

lezioni: 38

esercitazioni: 6

laboratori: 6

Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A, Principi di Aeroelasticità, Aerodinamica, Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata.

PROGRAMMA

- Introduzione all'aeroservoelasticità.
- Tecnica analitica per la conoscenza delle caratteristiche di un'ala flessibile equipaggiata con sistemi attivi di soppressione del flutter e alleviazione della raffica.
- Teorie del flutter di aeromobili servo-comandati.
- Analisi aeroservoelastica per sistemi analogici o digitali.
- L'analisi modale sperimentale e la strumentazione utilizzata. L'analisi delle funzioni di trasferimento ricavabili sperimentalmente (FRF). Estrazione dei parametri modali. Modelli SDOF (ad un grado di libertà) e MDOF (a più gradi di libertà). I residui. Confronto tra i modelli modali ottenuti per via numerica e sperimentale.
- Prove dinamiche a terra (GVT). Correlazione fra le prove di vibrazione a terra e in volo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Sviluppo di una tesina in cui si applicano le conoscenze acquisite a un problema di instabilità aeroelastica e/o al controllo della medesima.
- Esercitazioni svolte in laboratorio al fine di illustrare le modalità di svolgimento di prove di analisi modale.

BIBLIOGRAFIA

R.L. Bisplinghoff, H. Ashely, Principles of aeroelasticity, Dover, 1962.

G. Chiochia, Principi di aeroelasticità, Levrotto&Bella, Torino, 1990.

D.J. Ewins, Modal testing: theory and practice, Wiley, London, 1984.

Testi per approfondimenti:

E.H. Dowell, H.C. Curtiss, R.H. Scanlan, F. Sisto, A modern course in aeroelasticity, 1989.

Y.C. Fung, An introduction to the theory of aeroelasticity, Dover, 1962.

H.W. Foersching, Grundlagen der Aeroelastik, Springer, New York, 1974.

ESAME

L'esame si sosterrà al termine del corso e consisterà nella spiegazione della/delle tesine sviluppate durante il corso e nella prova orale.

B0231 ANALISI MATEMATICA I

Anno: 1 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 70 esercitazioni: 46
Crediti: 10
Docente: da nominare (1998/99: Dina GIUBLESÌ), **Valeria CHIADO' PIAT**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso sviluppa gli argomenti di base della analisi matematica sulla retta reale quali il concetto di funzione, di continuità, di derivabilità e di integrale. È il primo modulo dedicato all'impostazione logica e metodologica di base ed al calcolo differenziale. Il secondo modulo riguarda invece il calcolo integrale e le equazioni differenziali. Gli argomenti sono sviluppati sottolineando le concatenazioni logiche e le deduzioni. I contenuti di questo corso, oltre ad essere propedeutici ai corsi successivi e applicativi, hanno una funzione formativa di base, abituando lo studente a ragionamenti rigorosi e svincolati da singole applicazioni.

MODULO A: CALCOLO DIFFERENZIALE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 42 esercitazioni: 27
Crediti: 6

REQUISITI

Nozioni di base di algebra, elementi di trigonometria, proprietà dei logaritmi e grafici di alcune funzioni elementari.

PROGRAMMA

Logica, insiemi, numeri, funzioni.

Continuità, limiti, proprietà locali di funzioni continue, confronto locale di infiniti e infinitesimi.

Successioni, numero e .

Proprietà globali delle funzioni continue.

Derivata, calcolo differenziale, proprietà delle funzioni derivabili.

Formula di Taylor e convessità.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nelle ore di esercitazione vengono svolti esercizi sugli stessi argomenti delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

A. BACCIOTTI, F. RICCI: *Analisi Matematica, Volume I*, Liguori Editore, Napoli 1994.

Per consultazione:

P. MARCELLINI, C. SBORDONE: *Esercitazioni di Matematica, 1° Volume, parte prima e seconda*, Liguori Editore, Napoli 1995.

P. BRUNO LONGO, *Esercitazioni di Analisi Matematica*, Esculapio, Bologna 1997.

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 28 esercitazioni: 19 laboratori: //
Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A

PROGRAMMA

Primitive ed integrale definito.

Integrali impropri.

Equazioni differenziali ordinarie.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nelle ore di esercitazione vengono svolti esercizi sugli stessi argomenti delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

A. BACCIOTTI, F. RICCI: *Analisi Matematica, Volume I*, Liguori Editore, Napoli 1994.

Per consultazione:

P. MARCELLINI, C. SBORDONE: *Esercitazioni di Matematica, 1° Volume, parte prima e seconda*, Liguori Editore, Napoli 1995.

P. BRUNO LONGO, *Esercitazioni di Analisi Matematica*, Esculapio, Bologna 1997.

ESAME

L'esame che conclude il corso consiste di una prova scritta e di una orale. La prova orale può comprendere una serie di domande di carattere teorico, cui sia richiesto di rispondere per scritto. Le due prove devono essere sostenute nello stesso appello e vertono sull'intero programma del corso. Gli studenti vengono ammessi alla prova orale solo se hanno superato positivamente la prova scritta. La data della prova scritta coincide con la data ufficiale dell'appello.

B0232 ANALISI MATEMATICA II

Anno: 2	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 46
Crediti: 10		
Docenti:	Maria MASCARELLO, Marco CODEGONE	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

MODULO A: FUNZIONI DI PIU' VARIABILI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore):	lezioni: 35	esercitazioni: 23
Crediti: 5		

REQUISITI

Analisi, Matematica I, Geometria.

PROGRAMMA

Limiti e continuità per funzioni di più variabili.

Calcolo differenziale: derivate parziali, derivate direzionali, differenziale, piano tangente.

Gradiente. Formula di Taylor, matrice Hessiana. Punti stazionari. Funzioni vettoriali.

Calcolo differenziale su curve e superfici.

Integrali multipli.

Integrali su curve e superfici. Integrali di flusso, teorema della divergenza. Forma differenziale, integrale di linea. Teorema di Green, teorema di Stokes. Forme differenziali esatte.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nelle ore di esercitazione vengono svolti esercizi sugli stessi argomenti delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

A. BACCIOTTI, F. RICCI: *Lezioni di Analisi Matematica II*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

M. MASCARELLO: *Analisi Matematica II, Raccolta e stampa dei trasparenti*, Prog. Leonardo, Esculapio, Bologna, 1998

Testi ausiliari:

M. MASCARELLO, L. MAZZI: *Temi d'esame di Analisi Matematica II del Politecnico di Torino*, Progetto Leonardo, Esculapio Bologna, 1997.

P. MARCELLINI, C. SBORDONE: *Esercitazioni di Matematica, 2° Volume, parte prima e parte seconda*, Liguori Editore, Napoli, 1995.

H.B. DWIGHT, *Tables of integrals and other mathematical data*, Macmillan.

MODULO B: SERIE ED EQUAZIONI DIFFERENZIALI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 35 esercitazioni: 23
Crediti: 5

REQUISITI

Analisi, Matematica I, Geometria, Modulo A.

PROGRAMMA

Serie numeriche, generalità. Serie a termini positivi. Serie di segno alterno. Convergenza assoluta. Serie negli spazi normati. Serie di Potenze.

Funzioni periodiche. Famiglie ortogonali di funzioni. Polinomi trigonometrici. Polinomio di Fourier di una funzione a quadrato integrabile. Serie di Fourier di una funzione a quadrato integrabile. Serie di Fourier e sua convergenza in media quadratica. Identità di Parseval.

Sistemi di equazioni differenziali del 1° ordine. Problema di Cauchy. Equazioni differenziali di ordine n . Sistemi lineari a coefficienti costanti del primo ordine.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nelle ore di esercitazione vengono svolti esercizi sugli stessi argomenti delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

A. BACCIOTTI, F. RICCI: *Lezioni di Analisi Matematica II*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

M. MASCARELLO: *Analisi Matematica II, Raccolta e stampa dei trasparenti*, Prog. Leonardo, Esculapio, Bologna, 1998

Testi ausiliari:

M. MASCARELLO, L. MAZZI: *Temi d'esame di Analisi Matematica II del Politecnico di Torino*, Progetto Leonardo, Esculapio Bologna, 1997.

P. MARCELLINI, C. SBORDONE: *Esercitazioni di Matematica, 2° Volume, parte prima e parte seconda*, Liguori Editore, Napoli, 1995.

H.B. DWIGHT, *Tables of integrals and other mathematical data*, Macmillan.

ESAME

L'esame che conclude il corso consiste di una prova scritta e di una orale. La prova orale può comprendere una serie di domande di carattere teorico, cui sia richiesto di rispondere per scritto. Le due prove devono essere sostenute nello stesso appello e vertono sull'intero programma del corso. Gli studenti vengono ammessi alla prova orale solo se hanno superato positivamente la prova scritta. La data della prova scritta coincide con la data ufficiale dell'appello.

B0510 CALCOLO NUMERICO

Anno: 3

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 62

esercitazioni: 24

laboratori: 12

Crediti: 9

Docente:

Claudio CANUTO (tel. 564.7543 fax 564.7599

e-mail: ccanuto@polito.it); orario di ricevimento: consultare bacheca presso il Dipartimento di Matematica.

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di preparare gli allievi al trattamento numerico di modelli matematici di interesse ingegneristico.

Il corso consta di due moduli. Nel modulo A, si fornisce una prima alfabetizzazione sulle metodologie di base del calcolo numerico. Nel modulo B, si considerano vari modelli differenziali, alle derivate ordinarie e alle derivate parziali, che descrivono fenomenologie fisiche di rilevante importanza nelle scienze ingegneristiche, e se ne affronta il trattamento numerico.

MODULO A: METODOLOGIE DI BASE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)

lezioni: 36

esercitazioni: 12

laboratori: 12

Crediti: 5

REQUISITI

I corsi di Matematica e Fisica del biennio. Capacità di programmare algoritmi di tipo matematico in uno dei linguaggi FORTRAN, C, PASCAL. Il modulo A è propedeutico al modulo B.

PROGRAMMA

- *Errori nel trattamento numerico di problemi matematici.*

- *Metodi diretti per la risoluzione di un sistema lineare:* sostituzione in avanti e all'indietro; metodo di eliminazione di Gauss e fattorizzazione LU di una matrice; pivoting, scaling ed effetto di condizionamento della matrice; propagazione degli errori; metodo di Choleski; calcolo dell'inversa di una matrice; matrici di riflessione di Householder, fattorizzazione QR di una matrice decomposizione ai valori singolari di una matrice e pseudo-inversa di Moore-Penrose; metodo dei minimi quadrati.

- *Calcolo di autovalori e autovettori di matrici:* metodi del tipo potenza e varianti; forma di Hessemberg di una matrice; metodo QR.

- *Risoluzione di equazioni nonlineari:* metodi di punto fisso; metodi delle corde, delle secanti di Newton; metodi per il calcolo di zeri di polinomi.

- *Approssimazione di funzioni e dati:* interpolazione di Lagrange mediante polinomi algebrici approssimazione mediante funzioni splines; cenno ad altri tipi di approssimazione (trigonometrica, razionale).

- *Derivazione e integrazione numerica:* formule di derivazione numerica su nodi equispaziati e non; formule di Newton-Cotes; formule Gaussiane; metodi adattativi.

- *Equazioni differenziali ordinarie I:* generalità; metodi a un passo, espliciti e impliciti, esempi errore locale di troncamento e di discretizzazione; ordine del metodo, consistenza e convergenza, influenza degli errori di arrotondamento; metodi di Runge-Kutta; scelta automatica di passo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

Le esercitazioni mirano a dare allo studente le capacità di utilizzare in pratica gli algoritmi visti a lezione. Per ognuno degli argomenti svolti a lezione vengono forniti esempi, eventualmente contro-esempi, vengono illustrati nel dettaglio casi particolari e/o situazioni singolari. Alcuni esercizi richiedono soltanto una elaborazione matematica da parte dello studente, altri esercizi conducono alla scrittura di brevi programmi.

Laboratori

Implementazione su calcolatore e sperimentazione di algoritmi di calcolo numerico. Si userà in particolare l'ambiente di sviluppo MATLAB; per i problemi più complessi, si potrà fare ricorso a uno dei grandi pacchetti software ora ampiamente disponibili.

BIBLIOGRAFIA

G. Monegato, *Fondamenti di Calcolo Numerico*, CLUT, Torino, 1998.

V. Comincioli, *Analisi Numerica: Metodi, Modelli, Applicazioni*, McGraw-Hill, Milano, 1995.

A. Quarteroni, R. Sacco e F. Saleri, *Matematica Numerica*, Springer Verlag Italia, Milano, 1998.

The Mathworks, Inc., *Using MATLAB*, 1997.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Accertamento orale individuale su tutti gli argomenti trattati. Tale accertamento può essere sostituito da un esonero scritto, immediatamente a ridosso della fine del modulo, per i soli studenti che hanno frequentato il modulo.

MODULO B: TRATTAMENTO NUMERICO DI MODELLI DIFFERENZIALI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 26 esercitazioni: 12 laboratori: 12

Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A.

PROGRAMMA

- *Equazioni differenziali ordinarie II*: metodi multipasso, esempi; consistenza, ordine, zero-stabilità e convergenza; metodi predictor-corrector; il problema della stabilità assoluta; metodi per sistemi stiff.

- *Equazioni alle derivate parziali*: generalità; problemi ellittici, parabolici, iperbolici; problemi ai valori al bordo e iniziali; esempi; proprietà qualitative delle soluzioni; metodi alle differenze finite e ai volumi finiti; formulazione variazionale di un problema ai valori al bordo e metodo degli elementi finiti.

- *Metodi per sistemi sparsi; metodi di minimizzazione e ottimizzazione*: metodi di discesa: gradiente semplice, gradiente coniugato e generalizzazioni; preconditionamento di una matrice; minimizzazione di un funzionale in una variabile; back-tracking; metodo della trust-region; metodi di tipo Powell.

- *Applicazioni*: formulazione di qualche semplice ma significativo modello matematico, tratto o dalla meccanica dei continui solidi, o dalla fluidodinamica, o dalla termodinamica; analisi delle sue proprietà; scelta di una o più tecniche di discretizzazione numerica, loro analisi numerica e conseguente implementazione su calcolatore.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

Le esercitazioni mirano a dare allo studente le capacità di utilizzare in pratica gli algoritmi visti a lezione. Per ognuno degli argomenti svolti a lezione vengono forniti esempi, eventualmente contro-esempi, vengono illustrati nel dettaglio casi particolari e/o situazioni singolari. Alcuni esercizi richiedono soltanto una elaborazione matematica da parte dello studente, altri esercizi conducono alla scrittura di brevi programmi.

Laboratori

Implementazione su calcolatore e sperimentazione di algoritmi di calcolo numerico. Si userà in particolare l'ambiente di sviluppo MATLAB; per i problemi più complessi, si potrà fare ricorso a uno dei grandi pacchetti software ora ampiamente disponibili.

BIBLIOGRAFIA

Oltre ai testi indicati per il modulo B, dispense del docente.

ESAME

Accertamento orale individuale su tutti gli argomenti trattati. Tale accertamento può essere sostituito dalla discussione dei contenuti di due relazioni scritte, relative alla risoluzione numerica di problemi assegnati dal docente, per i soli studenti che hanno frequentato il modulo. Le relazioni possono essere svolte in gruppo, fino a un massimo di tre studenti per gruppo. Questa modalità di esame è valida soltanto per tutte le sessioni di esame che si tengono nello stesso anno solare in cui lo studente ha frequentato il corso.

B0620 CHIMICA

Anno: 1 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 78 esercitazioni: 26
Crediti: 10
Docenti:

Marlena TOLAZZI, Edoardo GARRONE

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire le basi necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici, della struttura e delle proprietà dei solidi cristallini e della energetica di sistemi chimici ed elettrochimici.

MODULO A

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 39 esercitazioni: 13
Crediti: 5

REQUISITI

Per seguire con profitto il corso sono sufficienti le nozioni base relative alle leggi generali della chimica, alla simbologia ed alla nomenclatura elementare.

PROGRAMMA

Principi fondamentali della chimica.

Massa atomica, molecolare e concetto di mole. Nomenclatura dei principali composti inorganici. Reazioni chimiche e loro bilanciamento.

Classificazione degli elementi e tavola periodica

Concetto elementare di valenza, numero di ossidazione. Energia di ionizzazione ed affinità elettronica. Periodicità delle proprietà chimiche e fisiche degli elementi.

Struttura della materia.

I nuclei stabili, isotopi, i nuclei instabili ed il decadimento radioattivo. L'atomo di idrogeno e i sistemi idrogenoidi. Numeri quantici ed orbitali atomici e molecolari. Configurazioni elettroniche degli elementi. Il legame chimico ionico, covalente, dativo, metallico e i legami intermolecolari. Elettronegatività e polarità di legame. Struttura e proprietà dei solidi cristallini, celle elementari, la diffrazione dei raggi X.

Proprietà dei gas e cambiamenti di stato.

Leggi classiche dei gas ideali. Equazione di stato ideale. Equazione di stato di Van der Waals. Teoria cinetica dei gas ed equazione fondamentale. Distribuzione delle energie e velocità molecolari. Liquefazione dei gas reali.

Lo stato liquido.

Proprietà colligative di soluzioni acquose. Dissociazione elettrolitica. Conducibilità di soluzioni elettrolitiche.

Sistemi reversibili ed equilibrio.

Prodotto ionico dell'acqua. Costante di dissociazione di elettroliti deboli. Prodotto di solubilità.

Acidità e basicità delle soluzioni.

Definizione di pH e pOH. Idrolisi e soluzioni tampone.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

1. Valenza, numero di ossidazione e nomenclatura dei composti chimici. Suddivisione degli elementi in metalli, non metalli. Ossidi e loro idratazione (idrossidi e ossoacidi).
2. Sali neutri, sali acidi e basici; idracidi; perossidi.
3. Reazioni chimiche non redox, redox e loro bilanciamento. Relazioni ponderali tra reagenti e prodotti nelle reazioni chimiche.
4. Esercizi sui gas ideali.
5. Esercizi sulla concentrazione delle soluzioni e sulla proprietà colligative delle soluzioni di non elettroliti e di elettroliti.
6. Calcolo del pH e pOH di soluzioni acide e basiche.

BIBLIOGRAFIA

- S. Bruckner, V. Novelli e M. Tolazzi, *Lezioni ed Esercitazioni di Chimica*, Ed. Lint, Trieste.
- P. Atkins *CHIMICA GENERALE*, Zanichelli, Bologna.
- C. Brisi e V. Cirilli, *CHIMICA GENERALE ED INORGANICA*, Ed Levrotto e Bella (TO).
- P. Corradini, *CHIMICA GENERALE*, Casa Editrice Ambrosiana.

Per le esercitazioni

- C. Brisi, *ESERCITAZIONI DI CHIMICA*, Ed Levrotto e Bella (TO).
- D. Mazza, *ESERCITAZIONI DI CHIMICA AL CALCOLATORE*, Ed CLUT (TO).
- J. L. Rosenberg, *CHIMICA GENERALE*, Collana *SCHAUM* n°5, ETAS Libri.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è prevista una valutazione scritta sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore): lezioni: 39 esercitazioni: 13

Crediti: 5

REQUISITI

Frequenza alle lezioni del primo emisemestre

PROGRAMMA

Aspetti termodinamici dei processi chimici

1° principio della termodinamica. Termochimica: legge di Hess e di Kirchoff. Energia libera ed entropia.

Equilibrio chimico omogeneo ed eterogeneo

Legge di azione di massa. Equilibri chimici omogenei ed eterogenei. Principio di Le Chatelier.

Diagrammi di stato

Regola delle fasi. Sistemi polifasici e diagrammi di fase.

Cinetica chimica e catalisi

Velocità e ordine di reazione. Energia di attivazione e catalizzatori.

Elettrochimica

Elettrolisi e leggi di Farady. Celle elettrochimiche e pile voltaiche. Potenziali normali di ossidi

riduzione. Equazione di Nernst. Forza elettromotrice di una pila. Elementi di corrosione e degrado dei materiali.

Elementi di chimica organica

Cenni di nomenclatura ed isomeria. Idrocarburi saturi, insaturi ed aromatici. Principali gruppi funzionali della chimica organica.

Elementi di chimica ambientale

Ciclo dell'azoto, buco dell'ozono ed effetto serra, inquinamento dell'aria e delle acque.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

1. Esercizi di termochimica.
2. Calcoli su reazioni chimiche di equilibrio omogeneo.
3. Calcoli su reazioni chimiche di equilibrio eterogeneo. Prodotto di solubilità.
4. Leggi di Faraday ed equazione di Nernst.
5. Esercizi sulla nomenclatura organica.
6. Esercizi di riepilogo.

BIBLIOGRAFIA

– S. Bruckner, V. Novelli e M. Tolazzi, *Lezioni ed Esercitazioni di Chimica*, Ed. Lint, Trieste.

– P. Atkins *CHIMICA GENERALE*, Zanichelli, Bologna.

– C. Brisi e V. Cirilli, *CHIMICA GENERALE ED INORGANICA*, Ed Levrotto e Bella (TO).

– P. Corradini, *CHIMICA GENERALE*, Casa Editrice Ambrosiana.

Per le esercitazioni

C. Brisi, *ESERCITAZIONI DI CHIMICA*, Ed Levrotto e Bella (TO).

D. Mazza, *ESERCITAZIONI DI CHIMICA AL CALCOLATORE*, Ed CLUT (TO).

J. L. Rosenberg, *CHIMICA GENERALE*, Collana SCHAUM n° 5, ETAS Libri.

ESAME

Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame scritto verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale totale risulterà dalla media dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico e consisterà in uno scritto seguito da un colloquio orale su tutto il programma del corso.

B1030 COSTRUZIONI AERONAUTICHE

Anno: 4	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezioni: 72	esercitazioni di calcolo: 20	laboratorio sperim.: 2
	laboratorio comput.: 8		visite guidate: 14
Crediti: 9			
Docente:	Marco DI SCIUVA		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si caratterizza per un forte, anche se non esclusivo, contenuto strutturale. L'obiettivo è fornire una descrizione dettagliata del sistema velivolo, una solida preparazione di base e un'adeguata conoscenza delle moderne tecniche di calcolo delle strutture aeronautiche, con particolare riferimento al metodo degli elementi finiti. L'allievo alla fine del corso dovrebbe essere in grado di effettuare analisi strutturali mediante i modelli comportamentali semplificati della trave e del semiguscio ideale, entrambi in grado di cogliere i modi primari di propagazione dei carichi all'interno delle strutture (modulo A), e analisi strutturali di dettaglio con il metodo degli elementi finiti, anche con riferimento ai materiali compositi e ai problemi di stabilità elastica (modulo B). Completa il corso una serie di visite guidate presso aziende aerospaziali dell'area torinese e presso il museo dell'aeronautica del DIASP.

MODULO A: MODULO DI BASE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 40	esercitazioni di calcolo: 14	laboratorio sperim.: 2
	visite guidate: 10		

Crediti: 5

REQUISITI

Scienza delle Costruzioni - Meccanica applicata - Meccanica del volo.

PROGRAMMA

Introduzione al Corso. Contenuti. Modalità di esame.

Classificazione degli aeromobili.

Condizioni di sicurezza strutturale. Il progetto strutturale: il tema e i requisiti di specifica. Le funzioni della struttura. Il compito dell'analisi strutturale. Livelli di carichi di progetto. Prescrizioni di robustezza, rigidità, elasticità. Concetto di struttura safe-life e fail-safe.

Determinazione dei carichi. Classificazione dei carichi: statici, quasi-statici e dinamici. Carichi sollecitanti in volo. Coefficienti di contingenza. Campo di sicurezza assoluto e campo di sicurezza regolamentare. Ripartizione della portanza tra l'ala e la coda. Brusca manovra longitudinale. Carichi termici. Principali effetti della temperatura sulle strutture.

Elementi strutturali: sollecitazioni tipiche e soluzioni usuali. Schema a trave dei principali elementi costituenti la struttura di un velivolo. Sollecitazioni tipiche agenti sull'ala, sugli impennaggi e sulla fusoliera. Ala e impennaggi: longheroni e centine; rivestimenti, nervati e non; pannelli sandwich; attacchi a sforzi concentrati e diluiti; ali rastremate e/o a freccia. Fusoliera: strutture reticolari e a semiguscio. Collegamenti ala-fusoliera, impennaggi-fusoliera e relative superfici mobili.

Teoria elementare del semiguscio. Le strutture a guscio e a guscio rinforzato (semiguscio): le funzioni dei vari elementi. Ipotesi del semiguscio ideale. Il concetto di striscia collaborante. Richiami sulla flessione, torsione e taglio. Formule di Bredt. Stato di sollecitazione negli irri-

dimenti di una sezione a semiguscio sollecitata a sforzo normale e momento flettente. Stato di sollecitazione nei pannelli e gradiente di torsione in una sezione a semiguscio sollecitata a taglio e/o torsione: pannelli curvi sede di flusso di taglio costante; centro di taglio; sezione a semiguscio aperta sollecitata a taglio; sezione a semiguscio monocella sollecitata a taglio e/o torsione; sezione a semiguscio multicella sollecitata a taglio e/o torsione. Stato di sollecitazione nei correnti e nei pannelli delle travi a semiguscio rastremate.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo: Presentazione della struttura del velivolo oggetto di calcolo nelle successive esercitazioni. Lettura e commento della Normativa: carichi sollecitanti in volo; coefficiente di contingenza; campo di sicurezza regolamentare; carichi da raffica. Tracciamento dei diagrammi di manovra, di raffica e involuppo. Calcolo della ripartizione della portanza tra l'ala e la coda; tracciamento dei diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione lungo l'asse della semiala e della fusoliera, per una prescelta condizione di carico. Calcolo dello stato di sollecitazione per flessione nei correnti di una prescelta sezione alare. Calcolo dei flussi di taglio nei pannelli di una sezione alare. Unioni: tipologia e modi di cedimento. Verifica di un attacco alare a sforzi concentrati.

Esercitazioni di laboratorio strutture: Rilievi sperimentali di deformazioni e gradienti di torsione in un cassone sottoposto a torsione. Confronto con risultati analitici.

Visite guidate

Completa il modulo una serie di visite guidate presso aziende aerospaziali dell'area torinese.

BIBLIOGRAFIA

M. Di Sciuva *Testi coordinati di analisi strutturale. Quaderni 1 e 2.* Torino, 1998.

Per consultazione:

T.H.G. Megson *Aircraft structures for engineering students*, Arnold, 1990.

E.F. Bruhn *Analysis and design of flight vehicle structures*, Tri-State Offset Company, Cincinnati, Ohio, 1969.

A. Lausetti *Aeroplani*, Levrotto & Bella, Torino, 1964.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è prevista una valutazione scritta sui contenuti del modulo A. L'eventuale esito positivo può essere utilizzato dall'allievo quale prova scritta negli appelli della sessione che inizia subito dopo la chiusura del corso.

MODULO B: MODULO COMPLEMENTARE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 32 esercitazioni di calcolo: 6 laboratorio comput.: 8
visite guidate: 4

Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A - Algebra matriciale.

PROGRAMMA

La stabilità elastica. Concetti, definizioni e criteri. Rassegna fotografica di fenomeni di cedimento strutturale per instabilità dell'equilibrio. Studio della stabilità di alcuni modelli elementari. Effetto delle imperfezioni di forma. Analisi non lineare e linearizzata della stabilità. Il concetto di punto limite e di punto di biforcazione. Stabilità delle aste compresse: *Equazioni di stabi-*

lità linearizzata. Carichi critici: per instabilità generale (aste lunghe e corte), locare e flessio-torsionale. Stabilità delle piastre sottili (modello piastra di Kirchhoff): Nonlinearità di tipo geometrico; ipotesi di von Kármán. Equazioni di stabilità per sollecitazione di compressione biassiale e taglio. Alcuni risultati analitici sulle piastre rettangolari isotrope (uso di tabelle e grafici). Piastra piana sollecitata a compressione e semplicemente appoggiata su tutti i lati. Altre condizioni di vincolo. Comportamento postcritico. Il concetto di striscia collaborante nelle piastre compresse. Stabilità elastica delle piastre sollecitate a taglio puro. Campo di tensione diagonale completo e parziale. Deformabilità dei pannelli sollecitati a taglio. Condizioni di carico combinate. Estensione della trattazione al caso delle piastre irrigidite, sandwich e multistrato.

Il metodo degli elementi finiti. Introduzione al metodo degli elementi finiti. Fondamenti del metodo: i polinomi interpolatori; la matrice di rigidità e il vettore dei carichi nodali dell'elemento; l'assemblaggio; il calcolo degli spostamenti, delle deformazioni e delle tensioni. Elemento finito asta, trave, membrana triangolare e quadrilatero in stato piano di deformazione, piastra quadrangolare in stato piano di tensione, solido parallelepipedo. Cenni sui principali codici di calcolo. Esempi di applicazioni e considerazioni conclusive.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo: Verifica di stabilità di aste a parete sottile aperta compresse. Verifica di stabilità di pannelli compressi. Verifica di stabilità di pannelli sollecitati a taglio.

Esercitazioni di laboratorio computazionale (applicazione del metodo degli elementi finiti): Analisi statico-deformativa della struttura di un tronco di fusoliera reticolare. Analisi statico-deformativa di una semiala a sbalzo e a rigidità variabile. Analisi statico-deformativa di una piastra forata.

Visite guidate

Completa il modulo una serie di visite guidate presso i laboratori CAD/CAE di aziende aerospaziali dell'area torinese.

BIBLIOGRAFIA

M. Di Sciuva *Testi coordinati di analisi strutturale. Quaderno 3.* Torino, 1998

M. Di Sciuva *Introduzione al metodo degli elementi finiti*, Torino, 1998.

Per consultazione:

D.O. Brush, B.O. Almroth *Buckling of bars, plates and shells*, McGraw-Hill Book Company, 1975.

G.J. Simitses *An introduction to the elastic stability of structures*, Prentice-Hall, Inc., 1976.

T.Y. Yang *Finite element structural analysis*, Prentice-Hall, Inc., 1986.

ESAME

Consiste in una prova scritta (sul contenuto del modulo A) e una orale su tutto il programma del Corso. Per essere ammessi alla prova orale bisogna aver superato la prova scritta. Il candidato che abbia superato la prova scritta, ha diritto a sostenere la prova orale negli appelli previsti per la sessione in cui ha superato la prova scritta, secondo le modalità stabilite dalla Facoltà. La prova scritta prevista alla fine del primo semestre è da considerare come prova scritta del primo appello subito dopo la chiusura del corso.

Il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Concorre alla formulazione del giudizio finale anche la valutazione delle relazioni sulle esercitazioni.

B1032 COSTRUZIONI AERONAUTICHE II

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 76 esercitazioni: 12 laboratori: 12
Crediti: 9
Docente: **Giuseppe SURACE**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Lo scopo principale del corso è di insegnare agli studenti ad 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.

MODULO A: DINAMICA DELLE STRUTTURE AERONAUTICHE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore): lezioni: 38 esercitazioni: 8 laboratori: 4
Crediti: 4

REQUISITI

Scienza delle Costruzioni, Calcolo Numerico e Programmazione, Meccanica Applicata, Costruzioni Aeronautiche, Aerodinamica.

PROGRAMMA

- Algebra matriciale.
- Analisi statica delle strutture aerospaziali, utilizzando il metodo degli elementi finiti.
- Meccanica delle vibrazioni lineari dei sistemi elastici ad 1, 2, ed N gradi di libertà e fenomeni connessi.
- Analisi dinamica delle strutture aerospaziali con il metodo degli elementi finiti: frequenze proprie e analisi modale, calcolo della risposta dinamica.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Impiego del metodo degli elementi finiti per la modellizzazione di una semplice struttura reticolare. Analisi statica e dinamica.
- Schematizzazione agli elementi finiti di un pannello in materiale composito mediante elementi rettangolari a quattro nodi di Kirchhoff.
- Calcolo della risposta dinamica di una struttura sollecitata da una forzante armonica.

BIBLIOGRAFIA

G. Surace, M. Pandolfi, Teoria e tecnica delle vibrazioni, CLUT. Parte I, Le vibrazioni meccaniche. Parte II, Le vibrazioni aeroelastiche.

Zienkiewicz, The finite element method, McGraw-Hill.

Testi ausiliari:

J.B. Przemieniecki, Theory of matrix structural analysis, McGraw-Hill.

REQUISITI

Modulo A, Scienza delle Costruzioni, Calcolo Numerico e Programmazione, Matematica Applicata, Costruzioni Aeronautiche, Aerodinamica.

PROGRAMMA

- Problemi di interazione fluido-struttura.
- Fenomeni random.
- Strutture in materiale composito. Strutture sandwich.
- Problemi di criticità nello studio aeroelastodinamico dei pannelli.
- L'analisi modale sperimentale e la strumentazione utilizzata. L'analisi delle funzioni di trasferimento ricavabili sperimentalmente (FRF). Estrazione dei parametri modali. Modelli SDOF e MDOF. I residui.
- Confronto tra i modelli ottenuti per via numerica e sperimentale.
- Prove dinamiche a terra (GVT). Correlazione fra prove di vibrazione a terra e in volo.
- Effetti sull'uomo delle vibrazioni e del rumore.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Calcolo della funzione di risposta all'impulso e della funzione di risposta in frequenza.
- Scrittura dell'equazione del moto per un pannello investito da un flusso supersonico. Calcolo della velocità critica di flutter.
- Analisi dell'accoppiamento fluido-strutturale del vagone di un aerotreno.
- Esercitazioni in laboratorio che vengono svolte mediante l'impiego di un sistema di acquisizione delle vibrazioni delle strutture presente presso il Dipartimento di Ingegneria Aeronautica e Spaziale e illustrano le modalità di svolgimento di prove di analisi modale.

BIBLIOGRAFIA

G. Surace, M. Pandolfi, Teoria e tecnica delle vibrazioni, CLUT. Parte I, Le vibrazioni meccaniche. Parte II, Le vibrazioni aeroelastiche.

Zienkiewicz, The finite element method, McGraw-Hill.

D.J. Ewins, Modal testing: theory and practice, Wiley, London, 1984.

Testi ausiliari:

J.B. Przemieniecki, Theory of matrix structural analysis, McGraw-Hill.

R.H. Jones, Mechanics of composite materials, McGraw-Hill.

Shapiro, Principles of helicopter engineering, Temple.

ESAME

L'esame si sosterrà al termine del corso e consisterà nella spiegazione della/delle tesine sviluppate durante il corso e nella prova orale.

B0940 COSTRUZIONE DI MACCHINE

Anno: 4 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 54 esercitazioni: 54 laboratori: 4
Crediti: 9
Docente: **Muzio GOLA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Vengono fornite le basi metodologiche per giudicare della resistenza e della sicurezza di componenti e sistemi meccanici sottoposti all'azione di sollecitazioni sia costanti sia variabili nel tempo. Inoltre, l'allievo viene esposto ad alcuni problemi speciali che richiedono l'applicazione di tali basi (collegamenti a filettati e saldati, cuscinetti a rotolamento, collegamento forzati, dischi di turbina, ruote dentate, molle) e che contemporaneamente richiedono nozioni sui procedimenti costruttivi, sulle condizioni di verifica e accettazione, sulle problematiche specifiche che condizionano le configurazioni preferite di tali componenti o sistemi e i parametri da assumersi ai fini del calcolo. In questo modo si espone l'allievo a riflettere sulla interdipendenza tra tutti i fattori che condizionano la progettazione e la costruzione di componenti di macchine; essenziali a questo fine sono le esercitazioni, di taglio quanto più possibile professionalizzante, e le - forzatamente - limitate esperienze di laboratorio sui controlli non distruttivi. Si intendono sviluppare nell'allievo sia le conoscenze di base e applicate sia l'abilità di affrontare classi di problemi che si incontrano comunemente in pratica. Viene data enfasi ad applicazioni aeronautiche.

L'insegnamento è diviso in due moduli al termine di ciascuno dei quali è possibile una separata valutazione.

MODULO A

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 27 esercitazioni: 30 laboratori: 2
Crediti: 5

REQUISITI

Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata.

PROGRAMMA

A - Deduzione grafica dei cerchi di Mohr in tre dimensioni e loro utilizzazione ai fini della rappresentazione dello stato di tensione - cedimento duttile e fragile, resistenza dei materiali, ipotesi di cedimento per materiali duttili e fragili. (3 ore)

B - Fatica dei materiali da costruzione: fenomenologia e storia delle indagini sulla fatica; macchine e modalità di prova; diagrammi di uso più frequente (Haigh, Goodman-Smith, Moore); effetto d'intaglio e fatica: approccio elementare, teoria del volume elementare, gradiente relativo; retta di funzionamento; effetto delle dimensioni e del gradiente; Gough e Pollard; verifica della durata a rottura: fatica cumulata (Miner); effetti delle condizioni superficiali derivanti da lavorazioni meccaniche e da trattamenti termici; dispersione e coefficienti di sicurezza. (6 ore)

C - Cinematica del corpo rigido e del corpo deformabile; tensore della deformazione; significato fisico del tensore della deformazione, decomposizione polare e definizione linearizzata; estensimetria, caratteristiche degli estensimetri, influenza della temperatura e della deformazione; tipi di montaggio e collegamento elettrico, compensazione, rosette. (4 ore)

D - Distribuzione delle sollecitazioni sui cordoni saldati; verifica statica dei cordoni d'angolo; formule ISO e formulazione CNR-UNI; deduzione e utilizzazione; calcolo ISO-UNI e calcolo ASME dei giunti saldati di testa; calcolo ISO-UNI dei cordoni d'angolo con riferimento alla CNR-UNI 10011/88 (statico e a fatica); fatica cumulata, range pair, rainflow. (4 ore)

E - Collegamento smontabile mediante viti; tipi di filettatura, strumenti per il serraggio controllato; coppie di serraggio, incertezza; diagramma di forzamento; calcolo a resistenza statico e a fatica di un accoppiamento avvitato; distribuzione dei carichi sui filetti; classi dei materiali per viti e madreviti. (4 ore)

F - Dischi e tubi sollecitati con simmetria rotatoria; equazioni in campo elastico e in campo parzialmente plasticizzato; caso dell'accoppiamento forzato mozzo-albero e relazioni tra il calcolo ed il sistema ISO di accoppiamenti unificati; effetto della rugosità; dischi rotanti, particolare riferimento ai dischi di turbina; disco di uniforme resistenza; dischi profilati e con corona di palette. (6 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

A1 - Formazione squadre, introduzione all'insegnamento, modalità di svolgimento delle esercitazioni. Esercizi di riepilogo riguardanti i requisiti minimi sul calcolo strutturale e la resistenza dei materiali. Esercizi su stato di tensione, sollecitazione e resistenza dei materiali, cerchi di Mohr. (2 ore)

A2 - Applicazione al calcolo di resistenza - contro cedimento a tensione massima - di un albero di trasmissione recante ruote dentate elicoidali; redazione di una breve relazione tecnica di verifica del detto albero. (4 ore)

B - Costruzione dei diagrammi di Woehler, Haigh, Goodman-Smith, Moore. Applicazione al calcolo di resistenza a fatica di un albero di trasmissione recante ruote dentate elicoidali. Continua relazione tecnica di verifica. Diagnosi di fatica con esame visuale di diversi tipi di rottura; esame comparativo di pezzi meccanici duttili e fragili rotti staticamente (a gruppi di squadre). (4 ore)

C - aula, esercizi su estensimetria; *laboratorio di estensimetria organizzato su prenotazione, sotto forma di LABORATORIO APERTO.* (6 ORE)

D - Esercizi sul calcolo di cordoni di saldatura d'angolo: sollecitazioni statiche e sollecitazioni di fatica; esercizi sul calcolo di saldature di testa. (4 ore)

E - Calcolo completo di un accoppiamento avvitato, statico e a fatica, con redazione di relazione tecnica. (4 ore)

F1 - Calcolo di un accoppiamento mozzo-albero con interferenza. (4 ore)

F2 - Calcolo di dischi rotanti per turbomacchine. (4 ore)

BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico è distribuito su un grande numero di testi; per evidenti ragioni pratiche vengono forniti prima delle lezioni appunti redatti dal docente, che contengono anche le necessarie citazioni bibliografiche.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A, composto di domande a risposta multipla sulla teoria e di brevi esercizi di applicazione.

Composizione:

16 domande sugli argomenti di teoria illustrati a lezione, tre risposte da scegliere con la seguente regola di punteggio: risposta giusta -> 1 punto, risposta omessa -> 0 punti, risposta errata -> -1/2 punti;

8 esercizi elementari (tipicamente coinvolgenti una formula sola o un solo diagramma) con una risposta numerica, con la seguente regola di punteggio: risposta giusta entro una fascia del 5% -> 2 punti, risposta omessa o errata -> 0 punti.

In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 27 esercitazioni: 24 laboratori: 2

Crediti: 4

REQUISITI

Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata, modulo A di questo insegnamento.

PROGRAMMA

Principali procedimenti di saldatura elettrica (elettrodo manuale, MIG, TIG, arco sommerso); certificazione dei procedimenti e degli operatori (PQR, WPS, WPQ); preparazione delle lamiere; origini dei principali difetti delle saldature, come evitarli; difettologia, particolare riferimento a fusioni e a giunti saldati; indicazioni normative per l'accettabilità dei difetti (UNI, ISO, ASME); relazione fra difettosità e calcolo a resistenza; principali metodi per la rilevazione dei difetti (raggi X, ultrasuoni, magnetoscopia, liquidi penetranti); basi della misura ultrasonica. (4 ore)

Teoria del problema di contatto localizzato, soluzione di Hertz; calcolo delle tensioni di contatto, pressioni limite di contatto; ingegnerizzazione del contatto hertziano. (4 ore)

Problemi speciali dei cuscinetti a rotolamento; scelta e calcolo da catalogo; effetto del gioco nella ripartizione del carico; teoria di Stribeck; carico equivalente per carichi variabili; problemi speciali dei cuscinetti per impiego aeronautico (distribuzione di carico per diversi tipi di cuscinetti e di accostamenti); calcolo di cuscinetti ad alta velocità di rotazione. (4 ore)

Calcolo dei denti degli ingranaggi - spostamento dei profili; taglio e ingranamento, ruote "zero" e accoppiamenti; strisciamento specifico; calcolo dei denti degli ingranaggi: problemi di fatica, usura, pressione Hertziana. (4 ore)

Meccanica della frattura, storia e fenomenologia; impostazione di Griffith, contributo di Westergaard; fattore di intensificazione delle tensioni, valori critici caratteristici dei materiali; meccanica della frattura lineare elastica, suoi limiti, sperimentazione; meccanica della frattura e fatica, crescita della cricca, piani di controllo; effetto di ritardo (Wheeler); clipping e troncamento. (3 ore)

Problemi speciali e tecnologie costruttive delle molle; materiali e trattamenti; relazione con la resistenza a fatica; molle di torsione e di flessione; calcolo a deformazione e a resistenza (statica e fatica). (4 ore)

(Solo per chi sosterrà l'esame orale) Uso degli invarianti e legge di Hooke; nesso tra ipotesi di Tresca e Von Mises; distribuzione di carico sui filetti di una vite (Madushka / Birger) e resistenza a fatica. (4 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Laboratorio di misure ultrasoniche organizzato su prenotazione, sotto forma di LABORATORIO APERTO. (2 ore)

Calcolo delle tensioni di contatto fra gli elementi di cuscinetti a rulli e a sfere; esercizi sul calcolo di cuscinetti a catalogo, carichi variabili. (4 ore)

Calcolo di un cuscinetto a rulli ad alta velocità per motore aeronautico, con calettamento a interferenza sulle sedi e dilatazioni termiche; redazione di relazione tecnica. (4 ore)

Calcolo di resistenza di un ingranaggio a profili spostati; strisciamento specifico; spostamento dei profili ai fini della diminuzione della sollecitazione di fatica. (4 ore)

Esercizi sul calcolo di resistenza meccanica della frattura lineare elastica, con carichi sia costanti sia variabili. (4 ore)

Calcolo di molle di flessione e di torsione. (4 ore)

Compito simulato (ridotto per 2 ore); correzione pubblica del compito. (4 ore)

BIBLIOGRAFIA

vedere modulo A

ESAME

- Esame finale scritto, composto di 48 (moduli A+B) quesiti dei quali:
32 (16 mod. A, 16 mod. B) domande sugli argomenti di teoria illustrati a lezione, tre risposte da scegliere con la seguente regola di punteggio: risposta giusta \rightarrow 1 punto, risposta omessa \rightarrow 0 punti, risposta errata \rightarrow -1/2 punti;
16 esercizi elementari (8 mod. A, 8 mod. B - tipicamente coinvolgenti una formula sola o un solo diagramma) con una risposta numerica, con la seguente regola di punteggio: risposta giusta entro una fascia del 5% \rightarrow 2 punti, risposta omessa o errata \rightarrow 0 punti.
- Passaggio da punteggio a voto: in base a curve di distribuzione statistica derivate da precedente esperienza: voto = punti \times 5/8, corrispondente a 30/30 sul 75% del massimo di punti (72).
- L'esaminando avrà la possibilità di controllare la correzione del suo elaborato e la formazione del voto; durante una sessione correzione/verifica orale discuterà con il docente lo svolgimento di esercizi che contengano esclusivamente errori di calcolo, segnalando la eventuale correttezza del procedimento e giustificandola; ciò potrà consentire, a discrezione del docente, il recupero anche totale del punteggio corrispondente.
- Se il voto della prova scritta è inferiore a 27/30 (escluso) l'allievo potrà trasformarlo direttamente in voto definitivo. L'allievo che lo desidera può comunque sostenere la prova orale. Per ottenere voti uguali o maggiori di 27/30 l'allievo si deve sottoporre anche alla prova orale. In ogni caso prova scritta ed eventuale prova orale verranno mediate.

I testi delle esercitazioni distribuiti in aula e l'eventuale materiale di supporto dovranno essere accompagnati dalla risoluzione dettagliata dei problemi proposti e raccolti in una "relazione", in versione unica per la squadra (composta di non oltre 3 allievi). La relazione sarà oggetto di un colloquio finale prima della definizione del voto del modulo o dell'esame finale: l'allievo dovrà dimostrarne la conoscenza.

Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B1230 DINAMICA DEI GAS RAREFATTI

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 60 esercitazioni: 20
Crediti: 8
Docente: *da nominare (1998/99: Roberto MARSILIO)*

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone, nella prima fase, l'acquisizione da parte dello studente delle conoscenze necessarie ad affrontare lo studio dei principali problemi connessi alla dinamica dei gas nei casi in cui l'ipotesi del continuo cessa di valere (ad esempio nella fase di rientro dei veicoli spaziali e nella fase di crociera dei velivoli transatmosferici).

Nella seconda fase del corso ci si rivolgerà allo studio dei flussi ipersonici, in cui le equazioni della gasdinamica devono essere modificate per tener conto degli eventuali fenomeni di non equilibrio vibrazionale e chimico.

Dopo una prima caratterizzazione e modellizzazione delle equazioni di governo, il corso si propone di applicare le conoscenze acquisite allo studio delle capsule di rientro spaziale e delle relative problematiche ad esse connesse.

MODULO A: TEORIA CINETICA DEI GAS

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 10
Crediti: 4

REQUISITI

Analisi Matematica I e II, Aerodinamica, Gasdinamica.

PROGRAMMA

Introduzione alla struttura molecolare dei gas – Descrizione del moto di un sistema particellare – L'Equazione di Boltzmann – Integrali collisionali – Equazioni della teoria cinetica per miscele di gas – Forma integrale dell'Equazione di Boltzmann – Modellizzazione e linearizzazione dell'equazione di Boltzmann – Interazione molecolare con superfici solide – Criteri di Similitudine – Equazioni di conservazione – Metodo dei momenti – Condizioni al contorno – Derivazione delle equazioni della gasdinamica – Soluzioni linearizzate dell'Equazione di Boltzmann – Metodi Monte-Carlo – Soluzioni dell'equazione di Boltzmann: flusso di Couette, struttura dell'urto, dinamica dei gas rarefatti su corpi concavi e convessi – Confronti fra risultati teorici e sperimentali.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste alcune esercitazioni di carattere teorico sugli argomenti sviluppati a lezione.

BIBLIOGRAFIA

Dispense del docente

M.N., *Rarefied Gas Dynamics*, Plenum Press, New York 1969

W.G. Vincenti, C.H. Kruger, *Introduction to Physical Gas Dynamics*, J.Wiley and Sons, 1965

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emise semestre è possibile una valutazione orale sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: FLUSSI IPERSONICI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 10
Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A, Aerodinamica, Gasdinamica.

PROGRAMMA

Caratterizzazione generale dei flussi ipersonici – Equilibrio termodinamico – Richiamo dei principi base della termodinamica – Cenni di meccanica quantistica – Cenni di termodinamica statistica – Sistemi in equilibri chimico e vibrazionale – Sistemi in non equilibrio chimico e vibrazionale – Equazioni di governo del moto per i flussi in equilibrio e in non equilibrio chimico – Flusso congelato e flusso in equilibrio - Campo di moto vicino alla regione di arresto – Strato limite ipersonico – Aerodinamica delle capsule di rientro (Mercury, Gemini, Apollo) – Aerodinamica dello Space-Shuttle – Aerodinamica dei velivoli transatmosferici – Considerazioni generali per il progetto aerotermodinamico.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste alcune esercitazioni di carattere teorico sugli argomenti sviluppati a lezione.

BIBLIOGRAFIA

Dispense del Docente.

J.J. Bertin, *Hypersonic Aerothermodynamics*, AIAA Educational Series, 1994.

W.G. Vincenti, C.H. Kruger, *Introduction to Physical Gas Dynamics*, J.Wiley and Sons, 1965.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B1250 DINAMICA DEL VOLO

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 80	esercitazioni: 20
Crediti: 9		
Docente:	Piero GILI	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende fornire agli allievi le nozioni fondamentali della dinamica del volo e del controllo del velivolo, seguendo una trattazione che fa riferimento al modello linearizzato. Dopo la definizione dei punti caratteristici del velivolo che consentono di definirne i requisiti dei comandi e delle equazioni del moto vario longitudinale e latero-direzionale, si richiamano quegli strumenti matematici che sono indispensabili nella dinamica del volo. Si presentano poi alcuni metodi e strumenti per poter valutare le derivate aerodinamiche che compaiono nelle equazioni del moto e si passa quindi allo studio della risposta del velivolo al comando ed al disturbo atmosferico. Nella parte finale, ma comunque cospicua del corso, si forniscono agli allievi le nozioni fondamentali relative al controllo convenzionale che impiega metodi di progetto classici ed alcune nozioni relative ai controlli moderni multivariabile.

MODULO A: CONCETTI FONDAMENTALI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 17	esercitazioni: 6
Crediti: 4		

REQUISITI

È opportuno essere a conoscenza dei concetti fondamentali della Meccanica Applicata, dell'Aerodinamica, delle Costruzioni Aeronautiche e della Meccanica del Volo.

PROGRAMMA

Richiami di Meccanica del Volo. [10 ore] Equilibrio e stabilità statica longitudinale. Determinazione della posizione del fuoco a comandi bloccati e liberi per via teorica e sperimentale. Il requisito della *speed stability*. Il momento di cerniera e il requisito della stabilità del comando. Sforzo di barra ed effetto dell'attrito; i requisiti del comando longitudinale: istintività, trimmabilità, sensibilità. Il moto curvo nel piano di simmetria; punto di manovra a comandi bloccati e liberi: requisiti sui gradienti *elevator angle per g* e *stick force per g*.

Cenni sui problemi di equilibramento statico e dinamico della superficie di comando. [2 ore] Posizione limite anteriore del baricentro con e senza "effetto suolo".

Moto vario del velivolo. [12 ore] Riferimento inerziale e riferimento velivolo: assi corpo, assi vento, assi di stabilità. Le equazioni generali del moto non stazionario; le equazioni delle forze in assi vento; le equazioni di forze e momenti in assi corpo. La linearizzazione delle equazioni con le ipotesi delle piccole perturbazioni. Equazioni in forma adimensionalizzata. Moto longitudinale: la soluzione del sistema, diagrammi di Argand. Diagrammi di stabilità, luogo delle radici, tipi di traiettoria. Moto longitudinale a comandi liberi: la soluzione del sistema; il problema dell'equilibramento della trasmissione legato al 2° e 3° modo a comandi liberi. Equazioni del moto latero-direzionale: la soluzione del sistema, diagrammi di Argand. Equazioni della cinematica e di navigazione.

Metodi sperimentali e teorici nella determinazione delle derivate aerodinamiche. [10 ore] Le derivate aerodinamiche nelle variabili di stato del moto vario longitudinale; le derivate di controllo nell'angolo di barra dell'equilibratore. Le derivate aerodinamiche del moto vario latero-direzionali; le derivate di controllo negli angoli di barra del timone e degli alettoni.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Caratteristiche aerodinamiche e condizioni di equilibrio di un velivolo tutt'ala a freccia svergolata.
- Angolo di deflessione dell'equilibratore per assicurare l'equilibrio longitudinale di un aliante e curve aerodinamiche caratteristiche.
- Sforzo di barra e gradienti caratteristici del comando longitudinale.
- Determinazione dei punti di manovra a comandi liberi e bloccati.
- Determinazione delle caratteristiche del moto vario longitudinale a comandi bloccati.
- Determinazione delle caratteristiche del moto vario latero-direzionale a comandi bloccati.

BIBLIOGRAFIA

Etkin, Dynamics of Atmospheric Flight.

NASA TN D-6800, Longitudinal Aerodynamic Characteristics of Light, Twin-Engine, Propeller-Driven Airplanes.

NASA TN D-6946, Lateral-Directional Aerodynamic Characteristics of Light, Twin-Engine, Propeller-Driven Airplanes.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile una valutazione orale sui contenuti del modulo A consistente in un colloquio con domande sugli argomenti trattati. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: RISPOSTA E CONTROLLO DEL VELIVOLO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 23 esercitazioni: 4

Crediti: 5

REQUISITI

È opportuno essere a conoscenza dei concetti fondamentali della Meccanica Applicata, dell'Aerodinamica, delle Costruzioni Aeronautiche e della Meccanica del Volo. È inoltre indispensabile aver acquisito i concetti relativi al Modulo A del Corso.

PROGRAMMA

Gli strumenti analitici necessari. [8 ore] Matrici ed operatori matriciali, differenziazione ed integrazione. La trasformazione lineare: autovalori ed autovettori, le coordinate modali. Il sistema lineare: soluzione *time-domain* delle equazioni di stato. Coordinate modali. Decomposizione modale: applicazione alla dinamica del velivolo. La trasformazione di Fourier e di Laplace. Tecnica delle frazioni parziali per la determinazione della trasformazione inversa. Poli e zeri della funzione di trasferimento; interpretazione della funzione di trasferimento. Sistemi di riferimento e trasformazioni; trasformazione di un vettore. La matrice di rotazione degli angoli e le sue proprietà. Il passaggio da un sistema di riferimento all'altro.

La risposta del velivolo al comando ed al disturbo atmosferico. [16 ore] Risposta del velivolo ad un input sinusoidale; risposta in frequenza. Determinazione delle funzioni di trasferimento del velivolo. Diagrammi di Nyquist, di Bode e di Nichols. Effetto dei poli e degli zeri sulla risposta in frequenza. Equazioni del moto in atmosfera non uniforme. Fenomenologia della turbolenza atmosferica e wind shear; modelli di turbolenza; metodo della densità spettrale di potenza. Risposta del velivolo al disturbo atmosferico. Le schematizzazioni della raffica. Risposta ad un comando: risposta al comando a gradino dell'equilibratore, risposta alla manetta, frequenza di risposta laterale, transitorio di risposta agli alettoni ed al timone; Accoppiamento inerziale nelle manovre rapide.

Controlli automatici. [22 ore] Diagrammi di opinione. *Flying ed handling qualities*; la specifica MIL-F-8785C: specifiche per il volo longitudinale e latero-direzionale. I sistemi di controllo automatico; definizione del guadagno di *loop*. Progetto di un sistema SISO con il metodo *root-locus*, di assegnazione degli autovalori e *model following*. Realizzazione pratica del controllore e funzioni del sistema di controllo. Panoramica sui sistemi SAS, CAS ed autopiloti. Architettura del controllo longitudinale e latero-direzionale. I sistemi SAS: *pitch damper, roll damper/yaw damper*. I sistemi CAS: *roll rate, pitch rate, normal acceleration*. Gli autopiloti: *pitch attitude hold, altitude hold, automatic landing, turn coordination*. Sistemi di controllo di tipo MIMO.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Risposta al comando a gradino dell'equilibratore.
- Risposta in frequenza nel piano longitudinale: calcolo analitico e diagramma di Bode.
- La risposta longitudinale alla raffica nel dominio del tempo e della frequenza.
- Soppressione della divergenza nel modo spirale attraverso le derivate nell'angolo di derapata.

BIBLIOGRAFIA

Amerio, Metodi matematici ed applicazioni.
Baciotti, Teoria matematica dei controlli.
Etkin, Dynamics of Atmospheric Flight.
Mangiacasale, Controlli automatici del velivolo.
McLean, Automatic flight control systems.
Nelson, Flight stability and Automatic Control.
Stevens, Aircraft Control and Simulation.

ESAME

La valutazione consiste in un tradizionale esame orale. Per coloro che hanno superato la prova orale relativa al modulo A, l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B1252 DINAMICA DEL VOLO II

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 70 esercitazioni: 20
Crediti: 9
Docente: **Fulvia QUAGLIOTTI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso illustra le nozioni fondamentali relative allo studio della dinamica del velivolo, anche in condizioni di volo ad alta incidenza. Si analizzano le caratteristiche di manovrabilità ed agilità del velivolo, le qualità di volo e la relativa normativa. Si studiano metodi di modellizzazione basati su tecniche sperimentali. Si descrivono le tecniche di sperimentazione in galleria del vento, per la determinazione dei parametri di stabilità dinamica del velivolo.

MODULO A: ANALISI ED APPLICAZIONE DEI MODELLI MATEMATICI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 40 esercitazioni: 10
Crediti: 5

REQUISITI

Aver frequentato il corso di Meccanica del Volo.

PROGRAMMA

- Sistemi di riferimento e trasformazioni. equazioni del moto di un corpo rigido nei diversi sistemi di riferimento.
- Traiettorie balistiche. Stabilizzazione giroscopica della traiettoria.
- Specializzazione delle equazioni del moto allo studio della dinamica del velivolo. Moto longitudinale e latero- direzionale a piccoli angoli di incidenza. Integrazione numerica delle equazioni del moto. Rappresentazione della risposta dinamica tramite matrici di stato.
- Dinamica del volo ad alti angoli di incidenza. Criteri semi-empirici per l'analisi del comportamento dinamico del velivolo. Studio delle caratteristiche di manovrabilità ed agilità. Manovre e riformulazione delle equazioni del moto.
- Richiami sulla trasformata di Laplace; risposta indiciale ed impulsiva; funzioni di trasferimento e risposta in frequenza, poli e zeri del sistema. Risposta al comando (open loop). Stabilizzazione automatica della traiettoria. Sistemi di controllo lineari.
- Interfaccia uomo-macchina. Normativa relativa alle qualità di volo (MIL-8785C e ADS-33).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Calcolo analitico e numerico di traiettorie balistiche.
- Calcolo autovalori, autovettori e root loci.
- Calcolo numerico delle matrici di stato.
- Calcolo numerico della risposta in frequenza; calcolo approssimato della risposta in frequenza.
- Esempio numerico di correlazione tra degradazione delle qualità di volo e guadagni di retroazione del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- B. Etkin, "Dynamics of Flight-Stability and Control", John Wiley & Sons, 1982.
- R. C. Nelson, "Flight Stability and Automatic Control", McGraw-Hill, 1989.

MODULO B: MODELLIZZAZIONE MATEMATICA E METODOLOGIE SPERIMENTALI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 10

Crediti: 4

REQUISITI

Stessi requisiti richiesti per il Modulo A e frequenza modulo A.

PROGRAMMA

Modello matematico di Tobak e Schiff e rappresentazione della dinamica del velivolo tramite modi elementari riconducibili a tecniche sperimentali definite. Correlazione tra modellizzazione e metodi sperimentali per la determinazione dei parametri di stabilità in galleria del vento.

Classificazione delle tecniche sperimentali. Tecniche di rotazione. Tecniche oscillatorie. Analisi della tecnica delle oscillazioni forzate. Oscillazioni di grande ampiezza. Oscillazioni libere.

Correlazione tra prove sperimentali in galleria del vento e prove di volo.

Analisi delle caratteristiche aeromeccaniche di ali con basso e bassissimo allungamento. Ali a delta in regime di volo subsonico.

Studio del comportamento aeromeccanico di corpi fusiformi ad alti assetti di volo.

Analisi delle principali forme di divergenza tipiche del volo ad alta incidenza.

Tecniche di controllo attivo e passivo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Applicazione sperimentale della tecnica della bilancia rotante.
- Applicazione sperimentale della tecnica delle oscillazioni forzate.
- Identificazione numerica dei parametri di un modello matematico empirico basato sui risultati di prove di oscillazione libera.

BIBLIOGRAFIA

Dispense distribuite durante il corso.

ESAME

L'esame è costituito da una prova orale da sostenersi alla fine del semestre.

B1420 DISEGNO TECNICO AEROSPAZIALE

Anno: 2 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 55 esercitazioni: 30 laboratori: 30
Crediti: 9
Docente: **Rita QUENDA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso prevede la presentazione dei metodi e delle convenzioni di rappresentazione nei disegni tecnici, dei criteri per la quotatura secondo le normative europee e americane.

MODULO A: PRINCIPI DEL DISEGNO TECNICO

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 25 esercitazioni: 15 laboratori (CAD): 10
Crediti: 4

REQUISITI

Per la frequenza del corso è necessaria la conoscenza dei vari metodi di rappresentazione grafica: proiezioni ortogonali e assonometriche e la conoscenza di base dei sistemi operativi Dos e Windows.

PROGRAMMA

Normazione, sistemi di proiezione, convenzioni di rappresentazione, quotatura di elementi meccanici.

Elementi di collegamento.

Studio delle tolleranze dimensionali e geometriche. Analisi della finitura superficiale e indicazione della rugosità.

Lezioni introduttive all'uso del software per il disegno assistito da calcolatore (AutoCAD).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono l'esecuzione di disegni costruttivi di particolari meccanici, dapprima come schizzi a mano libera in aula, successivamente con software CAD presso il laboratorio informatico.

BIBLIOGRAFIA

E. Chirone, S. Tornincasa, *Disegno Tecnico Industriale*, Vol. 1, Capitello.

L. Baldassini, *Vademecum per Disegnatori e Tecnici*, Hoepli.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emise semestre è possibile eseguire una prova grafica sui contenuti del modulo A.

Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sostenere all'esame complessivo.

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 15 laboratori: 20
Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A e conoscenza del software per il disegno tecnico.

PROGRAMMA

Applicazione delle tolleranze dimensionali e geometriche. Collegamenti filettati, organi di collegamento filettati. Collegamenti permanenti, chiodature e rivettature. Collegamenti albero-mozzo. Ruote dentate. Cuscinetti.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Studio di insiemi, gruppi e particolari.

Realizzazione di disegni costruttivi di elementi con applicazione nel settore aerospaziale.

BIBLIOGRAFIA

E. Chirone, S. Tornincasa, Disegno Tecnico Industriale, Vol. 2°, Capitello.

L. Baldassini, Vademecum per Disegnatori e Tecnici, Hoepli.

ESAME

La prova grafica prevede lo studio di un complessivo di cui si richiede la rappresentazione dei particolari.

La prova orale prevede una discussione sulle esercitazioni svolte durante il corso e sugli argomenti dei due moduli.

Per coloro che hanno superato la prova relativa al modulo A l'esame verterà solo sui contenuti del modulo B e la valutazione finale, per quanto riguarda la parte grafica, risulterà dalla media pesata dei rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli.

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 60

esercitazioni: 45

Crediti: 9

Docente:

da nominare (1998/99 Mario CALDERINI)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

La prima parte del corso affronta il tema dell'efficienza nelle organizzazioni, analizzando il *trade-off* tra coordinamento di mercato e coordinamento gerarchico. L'approccio utilizzato è quello dell'economia transazionale e dei *property rights*. L'impostazione concettuale dei temi trattati si fonda sull'ipotesi di asimmetria informativa tra le parti; il corso fornisce pertanto alcune nozioni fondamentali della teoria dell'agenzia. Questo primo ciclo di lezioni introduce gli studenti allo studio delle caratteristiche di efficienza delle diverse forme organizzative e li induce ad interrogarsi sulle forze economiche che determinano i limiti e le dimensioni dell'impresa. Le lezioni che seguono sono dedicate ad analizzare, in forma descrittiva, le alternative strutturali di organizzazione interna ed esterna e la loro coerenza con gli obiettivi strategici dell'impresa. Esaurito il tema del coordinamento dei piani e delle azioni all'interno dell'impresa, il corso si rivolge ad analizzare il comportamento delle organizzazioni alla periferia, concentrando lo studio sulle determinanti di integrazione verticale ed orizzontale e sulle strategie di accordo.

La seconda parte del corso è dedicata allo studio del Bilancio Aziendale, della contabilità analitica e degli strumenti di controllo di gestione. Tali nozioni si completano infine con lo studio dei principali modelli di finanza aziendale e di *capital budgeting*. Il tema è introdotto dall'illustrazione dei principi generali di redazione, delle fonti di riferimento e della normativa civilistica. Su queste basi si fonda lo studio degli schemi generali di redazione e l'interpretazione del contenuto particolareggiato delle diverse voci. Le nozioni impartite sono propedeutiche alla comprensione del funzionamento contabile del Bilancio in partita doppia. Il modulo mira inoltre a fornire gli strumenti di analisi atti a sintetizzare le informazioni relative all'andamento economico e finanziario dell'impresa, introducendo gli studenti all'utilizzo delle tecniche di riclassificazione dello Stato Patrimoniale e del Conto Economico, all'analisi dei flussi finanziari e all'analisi per indici. Il fine di questo ciclo di lezioni è quello di impartire le nozioni fondamentali per la redazione del prospetto delle fonti e degli impieghi, individuando le fonti di finanziamento e le opportunità di investimento. Inoltre, gli studenti apprendono a gestire le informazioni di bilancio definendo una serie di indici atti a riassumere, in forma sintetica, la situazione strutturale dell'azienda, la prestazione economica, le eventuali fonti di tensione finanziaria, il grado di rischiosità dell'indebitamento ed alcuni aspetti della gestione operativa. Completa l'analisi lo studio delle politiche di bilancio, che fornisce le nozioni propedeutiche ai temi di finanza aziendale. A tal fine, l'impostazione del corso prevede che gli studenti apprendano a gestire l'informazione di Bilancio quale strumento di segnalazione ai mercati, tramite la politica dei dividendi e l'assetto delle fonti di finanziamento e della struttura proprietaria. Inoltre, questo secondo modulo è dedicato all'apprendimento delle principali tecniche di contabilità analitica per la rilevazione dei costi diretti, l'attribuzione dei costi indiretti, e la determinazione del costo unitario di prodotto. Sulla base di questi elementi gli studenti apprendono le principali tecniche di formulazione del budget, di analisi degli scostamenti e di controllo di gestione.

Infine, la parte conclusiva del corso è dedicata allo studio delle tecniche per la valutazione della redditività economica degli investimenti. Gli studenti imparano ad utilizzare il concetto di tasso di sconto, di valore attuale dei flussi di cassa e di rischiosità degli investimenti. Sulla base di queste nozioni, il corso mira a fornire agli studenti gli strumenti quantitativi necessari alla valutazione della convenienza di un investimento in beni materiali ed immateriali.

MODULO A: ECONOMIA DELLE ORGANIZZAZIONI E STRATEGIA

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore): lezioni: 30 esercitazioni: 15
Crediti: 4

REQUISITI

I corsi di base di statistica e di Analisi matematica.

PROGRAMMA

Le domande fondamentali: dimensioni e limiti dell'impresa Le radici storiche, Smith, Marx, Knight, l'approccio neoclassico, la visione di Coase. L'approccio dell'economia transazionale: aspetti generali, caratteristiche delle transazioni. Limiti dell'approccio transazionale. Organizzazioni ed efficienza: opzione efficiente e Pareto-efficienza. Principio di massimizzazione del valore, il teorema di Coase. La teoria dei *Property Rights*: titolarità dei diritti residuali, autorità e forma d'impresa. La dimensione dell'azienda: *trade-off* tra costi e benefici del processo di integrazione. Applicazioni del teorema del valore, l'efficienza nelle organizzazioni. Problemi di coordinamento ed informazione: ruolo dei prezzi, coordinamento dei mercati, gerarchia. Informazione privata, coordinamento ed efficienza delle organizzazioni. Asimmetrie informative, *free-riding*, modelli di segnalazione e selezione, azzardo morale. Limiti delle organizzazioni economiche: determinanti di integrazione verticale ed orizzontale. Forme di coordinamento interno: alternative strutturali. Forme semplici, forme funzionali, forme divisionali, forme innovative. Il comportamento delle organizzazioni alla periferia: gli accordi. Strutture Societarie.

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni relative alla prima parte del corso sono dedicate alla risoluzione di esercizi strutturati in forma di casi aziendali stilizzati.

BIBLIOGRAFIA

S. Rossetto, "Manuale di Economia ed Organizzazione d'impresa", UTET Libreria, Torino, 1999.
P. Milgrom, J. Roberts, "Economia Organizzazione e Management", Il Mulino, Bologna, 1992.

VALUTAZIONE E/O ESAME

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

MODULO B: CONTABILITÀ' E FINANZA AZIENDALE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 30
Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A Economia delle organizzazioni e strategia.

PROGRAMMA

Classificazione e rilevazione dei costi aziendali. Allocazione dei costi diretti ed indiretti ai centri di costo. *Job costing* e *process costing*. Il metodo dell' *Activity Based Costing*. Analisi di *make or buy*. Analisi del punto di pareggio. Finalità, fonti di riferimento, principi normativi generali del

Bilancio Aziendale. Principi contabili generali. Attivo: analisi delle voci. Passivo e Patrimonio netto: analisi delle voci. Il Conto Economico struttura generale ed analisi delle voci. La Nota Integrativa. Il funzionamento contabile del Bilancio in partita doppia. Influenze fiscali sul bilancio. La riclassificazione dello Stato Patrimoniale. Riclassificazione del Conto Economico al Valore Aggiunto ed al Valore del Venduto. Il prospetto Fabbisogni/Coperture. L'analisi dei flussi. L'analisi per indici. Le politiche di Bilancio. Il Bilancio Consolidato. Interazioni tra fonti e impieghi. Elementi di finanza aziendale. La determinazione dei flussi di cassa. Il tasso di sconto. I metodi di attualizzazione. L'analisi degli investimenti per indici. L'analisi degli investimenti in condizioni di incertezza.

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni relative al secondo modulo sono dedicate alla risoluzione di problemi relativi alla determinazione dei costi di un prodotto o di un servizio, alla redazione di Bilanci aziendali semplificati ovvero all'analisi di documenti di Bilancio di Società appartenenti a vari settori industriali. Inoltre una parte degli esercizi è dedicata alla valutazione della redditività di diverse alternative di investimento.

BIBLIOGRAFIA

S. Rossetto, "Manuale di Economia ed Organizzazione d'impresa", UTET Libreria, Torino, 1999.
Coopers & Lybrand, "Il Bilancio delle Imprese", Edizioni Il Sole 24 Ore, Milano, 1996.

ESAME

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

BA410 ELETTRONICA

Anno: 4 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 60 esercitazioni: 20 laboratori: 20
Crediti: 8
Docente: **Leonardo REYNERI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Corso di base in elettronica discreta, analogica e digitale. Nel primo modulo vengono descritti i fondamenti fisici dei dispositivi a semiconduttore e i principali circuiti a diodi e a transistori. Nel secondo modulo vengono fornite le nozioni di base sugli amplificatori operazionali e i relativi circuiti e i fondamenti della logica booleana e dei circuiti digitali.

MODULO A: DIODI E TRANSISTORI: TEORIA E CIRCUITI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore): lezioni: 24 esercitazioni: 8 laboratori: 8
Crediti: 3

REQUISITI

Fisica I e II; Elettrotecnica.

PROGRAMMA

Cenni di fisica dello stato solido, funzionamento dei semiconduttori; diodi e transistori, celle solari, diodi ad emissione di luce; circuiti a diodi, limitatori, conversione AC-DC, alimentatori; circuiti a transistori bipolari, amplificatori, concetti di banda e guadagno; transistori come interruttore, carichi resistivi ed induttivi; dissipazione di potenza e alette di raffreddamento.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni: esercizi sugli argomenti trattati a lezione.

Laboratori: uso degli strumenti di laboratorio; circuiti a diodi; amplificatori a transistori.

BIBLIOGRAFIA

J. Millmann, A. Grabel, "Microelectronics", McGraw Hill, New York, 1987, ISBN 0-07-100596-X.

L.M. Reyneri, M. Chiaberge, "Esercizi Svolti di Elettronica", Politeko, Torino, 1998.

L.M. Reyneri, M. Chiaberge, "Quaderno LADISPE n. 13", Politeko, Torino, 1998.

AA.VV. "Quaderno LADISPE n. 2", Politeko, Torino, 1996.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Non • prevista alcuna valutazione intermedia.

MODULO B: AMPLIFICATORI OPERAZIONALI E LOGICA DIGITALE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 36 esercitazioni: 12 laboratori: 12
Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A; Fisica I e II; Elettrotecnica.

PROGRAMMA

Stadio differenziale, guadagni di modo comune e differenziale; amplificatore operazionale, amplificatore invertente e non, sommatore; non-idealità, limitazioni di banda, offset; integratore, derivatore, filtri, diodo ideale, amplificatore log e antilog; retroazione positiva, isteresi, comparatore di soglia, oscillatori; algebra booleana, numeri binari, operazioni matematiche; teoremi booleani, minimizzazione logica, mappe di Karnaugh; porte AND, OR, NOT, EXOR, funzioni logiche e implementazioni; famiglia TTL, caratteristiche di ingresso/uscita; circuiti combinatori, multiplexer, decoder, encoder, flip-flop tipo SR, D e T; circuiti sequenziali, contatori, conversione seriale/parallelo/seriale; automi a stati, sintesi e analisi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni: esercizi sugli argomenti trattati a lezione.

Laboratori: amplificatori operazionali; circuiti non lineari; oscillatori; circuiti digitali; termometro e termostato (montaggio e taratura).

BIBLIOGRAFIA

J. Millmann, A. Grabel, "Microelectronics", McGraw Hill, New York, 1987, ISBN 0-07-100596-X.

L.M. Reyneri, M. Chiaberge, "Esercizi Svolti di Elettronica", Politeko, Torino, 1998.

L.M. Reyneri, M. Chiaberge, "Quaderno LADISPE n. 13", Politeko, Torino, 1998.

AA.VV. "Quaderno LADISPE n. 2", Politeko, Torino, 1996.

ESAME

Scritto, 2 ore, senza libri e/o formulari, voto max. 27; orale aggiuntivo, opzionale, senza limiti di voto.

B1790 ELETTEOTECNICA

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore totali): lezioni: 76 esercitazioni: 39
Crediti: 9
Docente: **Mario CHIAMPI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire le nozioni di base dell'elettrotecnica indispensabili per una corretta utilizzazione delle macchine e degli impianti elettrici, tenendo anche conto dei problemi relativi alla sicurezza. A tale scopo, vengono esposti i fondamenti dell'analisi delle reti di bipoli lineari in regime stazionario e quasistazionario e sono richiamati alcuni aspetti fondamentali della teoria dei campi necessari per la comprensione del funzionamento dei componenti dei sistemi elettrici. La teoria e i modelli sviluppati nella prima parte del corso (modulo A) sono infine applicati allo studio delle più comuni macchine elettriche e degli impianti di distribuzione dell'energia elettrica (modulo B).

MODULO A: TEORIA DEI CIRCUITI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 34 esercitazioni: 24
Crediti: 5

REQUISITI

Analisi I, Analisi II, Fisica II.

PROGRAMMA

Modello circuitale e multipoli.
Regimi di funzionamento, metodo simbolico.
Grandezze elettriche e loro proprietà.
Classificazione dei componenti ideali.
Connessioni tra i componenti e topologia delle reti.
Metodi di analisi dei circuiti elettrici in regime permanente.
Scambi energetici nelle reti elettriche.
Sistemi trifase, analisi di circuiti trifase simmetrici ed equilibrati, misura della potenza.
Circuiti in regime transitorio, transitori del primo e del secondo ordine.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni in aula basate sullo svolgimento di esercizi relativi agli argomenti del corso.

BIBLIOGRAFIA

O. Bottauscio, A. Canova, M. Chiampi, Appunti ed esercizi di Elettrotecnica, Politeko.
I.D. Mayergoyz, W. Lawson, Basic electric circuit theory, Academic Press.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del modulo viene effettuato un accertamento scritto. Il superamento dell'accertamento consente l'ammissione all'accertamento del modulo successivo. L'accertamento è riservato ai riservati agli iscritti regolari.

MODULO B: MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore): lezioni: 30 esercitazioni: 15

Crediti: 4

REQUISITI

Analisi I, Analisi II, Fisica II, Modulo A.

PROGRAMMA

Richiami sui campi magnetici e sulle proprietà dei materiali ferromagnetici.

Circuiti magnetici.

Energia magnetica, principi della conversione elettromeccanica dell'energia.

Elettromagneti, motori a riluttanza.

Forze elettromotrici indotte, perdite nel ferro.

Trasformatore monofase e circuito equivalente, prove sul trasformatore.

Trasformatore trifase, cenni su autotrasformatore e trasformatori di misura.

Campo magnetico rotante.

Motore asincrono trifase e circuito equivalente, prove sui motori asincroni, avviamento e regolazione della velocità.

Macchina a induzione, motore asincrono monofase.

Macchine a corrente continua a collettore e circuiti equivalenti, motori brushless.

Cenni sul generatore sincro.

Campo di corrente statico, leggi fondamentali dei circuiti in forma locale.

Dispensori e impianti di terra, relè differenziale.

Cenni sulle normative antinfortunistiche.

Dimensionamento e protezione dei conduttori.

Campo elettrostatico, accoppiamenti capacitivi, rigidità dielettrica.

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni in aula basate sullo svolgimento di esercizi relativi agli argomenti del corso.

BIBLIOGRAFIA

O. Bottauscio, A. Canova, M. Chiampi, Appunti ed esercizi di Elettrotecnica, Politeko.

A.E. Fitzgerald, C. Kingsley, A. Kusko, "Macchine Elettriche", Franco Angeli, Milano.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del modulo viene effettuato un accertamento scritto, riservato a coloro che hanno superato l'accertamento del modulo precedente.

Il superamento di entrambi gli accertamenti comporta l'esonero dalla prova scritta, purché l'esame venga entro le sessioni estive successive allo svolgimento del corso.

ESAME

L'esame è composto da una prova scritta e da un colloquio. La prova scritta richiede la soluzione di tre problemi relativi ad argomenti svolti durante il modulo. Il superamento della prova scritta è vincolante per l'ammissione al colloquio orale, che deve essere sostenuto nell'ambito dello stesso appello.

Per partecipare all'esame è necessario effettuare la prenotazione consegnando lo statino.

Al termine di ciascun modulo vengono svolti due accertamenti scritti riservati agli iscritti regolari. Il superamento di entrambi gli accertamenti comporta l'esonero dalla prova scritta, purché l'esame venga entro le sessioni estive successive allo svolgimento del corso.

B1800 ENDOREATTORI

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 74 esercitazioni: 201 laboratori: 1
Crediti: 9
Docente: **Dario PASTRONE**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso, suddiviso in tre moduli, descrive gli endoreattori chimici, attualmente di predominante importanza. Nel modulo A sono trattati i principi fisici comuni ai diversi tipi di endoreattori chimici, quali la termochimica in camera di combustione, l'espansione nell'ugello ed il problema del raffreddamento. Nei restanti due moduli si analizzano in dettaglio i diversi tipi di endoreattori: il modulo B analizza gli endoreattori a propellenti solidi ed ibridi, mentre il modulo C è dedicato agli endoreattori a propellenti liquidi. In essi sono descritti i propellenti di comune impiego, il processo di combustione, i vari componenti, le peculiarità del sistema, studiandone le prestazioni per evidenziare le rispettive possibilità di impiego in campo spaziale.

MODULO A: FONDAMENTI DI ENDOREATTORI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 24 esercitazioni: 6
Crediti: 3

REQUISITI

Nozioni di base di termodinamica, di meccanica dei fluidi e di propulsione aerospaziale

PROGRAMMA

- *Classificazione* degli endoreattori e definizioni di prestazioni di comune impiego in razzo-tecnica. (4h).
- *Prestazioni ideali*. Modello di endoreattore ideale. Termochimica dei propellenti: calcolo delle condizioni in camera di combustione. Coefficiente di spinta. Influenza del rapporto di miscela sulle prestazioni. Impulso specifico per densità. (4h)
- *Prestazioni reali*. Fattori di correzione. Tempo e lunghezza caratteristici. Presenza di particelle solide/liquide nei gas di scarico. Urto di condensazione. Effetti dello strato limite. Effetto della cinetica chimica. Geometria dell'ugello: ugelli convenzionali (perdite per divergenza, effetto della pressione ambiente e scelta del rapporto di espansione) ed ugelli avanzati. (8h)
- *Il problema del raffreddamento*. Aspetti peculiari della trasmissione del calore negli endoreattori: conduzione, irraggiamento, convezione forzata gas/parete e parete/liquido refrigerante. Metodi di raffreddamento attivi e passivi. Raffreddamento a ciclo rigenerativo (bilancio locale e globale; qualità desiderabili di propellente per il suo impiego come refrigerante; influenza della pressione in camera di combustione, della spinta e del rapporto di miscela). (8h)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Endoreattori impiegati in un lanciatore. Calcolo della temperatura di combustione. Scelta del rapporto di miscela per razzo monostadio e bistadio.

BIBLIOGRAFIA

G.P. Sutton, *Rocket Propulsion Elements*, 6th ed., Wiley, 1992.
P. Hill, C. Peterson, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison Wesley, 2nd ed., 1992.

MODULO B: ENDOREATTORI A PROPELLENTI SOLIDI ED IBRIDI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 16 esercitazioni: 4 laboratori: 1
Crediti: 2

REQUISITI

Modulo A. Nozioni di base di termodinamica, di meccanica dei fluidi e di propulsione aerospaziale.

PROGRAMMA

Endoreattori a propellenti solidi. Classificazione e caratteristiche dei propellenti solidi. Balistica interna. Velocità di regressione. Pressione di equilibrio e stabilità della combustione. Influenza della geometria e della temperatura del grano su pressione e velocità di combustione. Condizioni di pseudo equilibrio e transitori di accensione/spengimento. Andamento della pressione lungo l'asse motore. Geometria del grano e prestazioni. Processo di combustione. Controllo della direzione della spinta. (12 h)

Endoreattori a propellenti ibridi. Propellenti ed applicazioni. Il processo di combustione. Configurazione del grano e prestazioni. (4 h)

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

L'esercitazione in laboratorio prevede il rilievo dell'andamento temporale della pressione nella camera di combustione di un piccolo endoreattore a propellente solido con ugello intercambiabile. Gli studenti vengono raggruppati in squadre di circa 10 allievi.

Le esercitazioni in aula hanno per argomento il progetto preliminare di un endoreattore a propellenti solidi e di un endoreattore a propellenti ibridi.

BIBLIOGRAFIA

G.P. Sutton, *Rocket Propulsion Elements*, 6th ed., Wiley, 1992.

Y. M. Timnat, *Advanced Chemical Rocket Propulsion*, Academic Press, 1987.

P. Hill, C. Peterson, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison Wesley, 2nd ed., 1992.

MODULO C: ENDOREATTORI A PROPELLENTI LIQUIDI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 34 esercitazioni: 10
Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A. Nozioni di base di termodinamica, di meccanica dei fluidi e di propulsione aerospaziale.

PROGRAMMA

- **Propellenti liquidi:** criteri di scelta del propellente, prestazioni e caratteristiche chimico/fisiche dei propellenti di comune impiego. Serbatoi; espulsione del propellente in condizioni di microgravità o con accelerazioni avverse (settling e propellant management). Sistemi di alimentazione mediante gas pressurizzante (gas compresso, evaporazione del propellente, gas generato tramite reazione chimica). Sistema di alimentazione tramite turbopompe: cicli aperti e cicli chiusi, turbopompe assiali/centrifughe, problemi di cavitazione, turbine, accoppiamento pompa/turbina. (18 h)

- **Processo di combustione di propellenti liquidi.** Instabilità di combustione: tipi principali di instabilità, analisi e rimedi. Sistema di iniezione: tipi di iniettore, criteri di progetto di un iniettore. Sistema di accensione. Calibrazione del sistema. Regolazione del modulo della spinta. Controllo della direzione della spinta. (16 h)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Prestazioni, dimensionamento e refrigerazione della camera di spinta di endoreattori di lanciatore a tre stadi. Sistema di alimentazione con pressurizzazione dei serbatoi. Sistema di alimentazione con turbopompe.

BIBLIOGRAFIA

- G.P. Sutton, *Rocket Propulsion Elements*, 6th ed., Wiley, 1992.
K. Huzel, H. Huang, *Modern Engineering for Design of Liquid-Propellant Rocket Engines*, Progress in Astronautics and Astronautics, Vol. 147, AIAA, 1992.
Y. M. Timnat, *Advanced Chemical Rocket Propulsion*, Academic Press, 1987.
P. Hill, C. Peterson, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, Addison Wesley, 2nd ed., 1992.

ESAME

Esame finale, al termine del semestre, costituito da prova orale sui contenuti teorici trattati in tutti e tre i moduli e discussione delle relative esercitazioni.

B2024 **FISICA E INGEGNERIA DEI PLASMI**

(Corso ridotto)

Anno: 5	Periodo: 2 (Marzo-Aprile) corso ridotto
Impegno (ore totali)	lezioni ed esercitazioni: 50
Crediti: 5	
Docente:	Franco PORCELLI

PRESENTAZIONE DEL CORSO

La Fisica dei Plasmi è un argomento interdisciplinare per eccellenza. Tale materia è alla base di fenomeni a prima vista molto distanti tra di loro, in Astrofisica, nella ionosfera e nello spazio geofisico, e in plasmi di laboratorio. Svariate sono le applicazioni di tipo ingegneristico dei plasmi: la tecnologia dei semiconduttori e dei circuiti integrati, il trattamento delle superfici, la produzione di nuovi composti chimici e di nuovi materiali, le torce al plasma per la termostruzione dei rifiuti tossici, i *display* a plasma, l'illuminotecnica, la conversione diretta di elettricità mediante processi magnetoidrodinamici, la propulsione spaziale, lo sviluppo di laser compatti a raggi X, lo studio di nuovi possibili acceleratori di particelle, la fusione termonucleare controllata. I plasmi sono gas ionizzati, dove le cariche libere producono campi elettromagnetici i quali a loro volta, agendo a grandi distanze e su tempi anche più brevi dei tempi medi collisionali, influenzano il moto delle cariche stesse. È questo ciò che s'intende per comportamento collettivo del plasma. La Fisica del Plasma nasce quindi come disciplina a cavallo tra l'Elettromagnetismo, la Fluidodinamica, la Fisica Cinetica e Statistica e la Fisica Atomica e Molecolare. I plasmi sono sistemi complessi, altamente turbolenti e nonlineari, ed in quanto tali la loro modellizzazione ha dato stimolo allo sviluppo di tecniche matematiche e di metodi numerici.

MODULO A: DEFINIZIONE DI PLASMA

Impegno (ore)	lezioni ed esercitazioni: 22
Crediti: 2	

REQUISITI

Fisica generale, Elettromagnetismo.

PROGRAMMA

Definizione di plasma.

Gas ionizzati e plasmi. Necessità di una descrizione statistica. Funzione di distribuzione e equazione cinetica del trasporto. Prima formulazione matematica completa: il modello di Maxwell-Boltzmann. Quasineutralità. Lunghezza di Debye. Frequenza di plasma. Il parametro di plasma. Vari tipi di plasma.

Elementi di teoria cinetica.

Il concetto di distribuzione di probabilità. Cammino stocastico. Moto Browniano. Diffusione. Microstati e macrostati. La distribuzione Maxwelliana. Equilibri termodinamici locale e globale. Cammino stocastico e collisioni Coulombiane nei plasmi. Equazione cinetica di Fokker-Planck per i plasmi. Tempi di rilassamento.

Orbite di particelle cariche e confinamento magnetico.

Orbite in campo magnetico uniforme. Diffusione collisionale in plasmi magnetizzati. Moti di deriva. Campo magnetico statico non uniforme. Invarianza adiabatica del momento magnetico. Specchi e bottiglie magnetici.

BIBLIOGRAFIA

Dispense a cura del docente titolare.

G. Schmidt, *Physics of High Temperature Plasmas*, 2nd ed., Academic Press, 1979.

MODULO B: MAGNETOIDRODINAMICA

Impegno (ore) lezioni ed esercitazioni: 28

Crediti: 3

REQUISITI

Modulo A.

PROGRAMMA

Modelli fluidi: il modello MHD ideale.

Momenti dell'equazione cinetica. Leggi di conservazione. Limite non collisionale. L'equazione di Vlasov. Il modello CGL. Il modello magnetoidrodinamico (MHD) ideale. Legge di congelamento delle linee di campo. La forza $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$. Onde di Alfvén. Onde acustiche e magnetoacustiche.

Equilibrio e stabilità MHD.

Magnetostatica. Energia cinetica e potenziale di un plasma. Energia delle onde MHD. Il funzionale energia potenziale. Il principio dell'energia. Classificazione delle instabilità.

Il modello MHD resistivo.

Introduzione alle instabilità resistive. Numero di Reynolds magnetico. Perturbazioni singolari. Strati limite. Tecnica del raccordo asintotico per la risoluzioni di equazioni differenziali. Modelli ridotti. Analisi delle piccole perturbazioni. Instabilità resistive: tassi di crescita, celle di convezione, isole magnetiche.

BIBLIOGRAFIA

Dispense a cura del docente titolare.

G. Schmidt, *Physics of High Temperature Plasmas*, 2nd ed., Academic Press, 1979.

J. Freidberg, *Ideal MHD*, Plenum Press, New York, 1987.

ESAME

Orale. Parte del corso è a carattere seminariale; di questa parte, gli studenti porteranno all'esame un argomento a scelta.

B2026 FISICA E INGEGNERIA DEI PLASMI II

Anno: 5 periodo: 2 (Maggio-Giugno) corso ridotto
Impegno (ore totali) lezioni ed esercitazioni: 44
Crediti: 4
Docente: *da nominare (1998/99: Franco PORCELLI)*

PRESENTAZIONE DEL CORSO

In questo corso, continuazione del corso di Fisica e Ingegneria dei Plasmi, verranno approfonditi alcuni aspetti di Fisica dei Plasmi di interesse Aerospaziale. In particolare, verrà discussa la propagazione di onde elettromagnetiche nei plasmi, verranno studiati flussi magnetoidrodinamici (MHD) e turbolenza magnetica, verranno descritti e caratterizzati diversi tipi di plasmi nello spazio, ed infine verranno illustrate alcune diagnostiche per la misura delle proprietà dei plasmi.

MODULO A: ONDE ELETTROMAGNETICHE NEI PLASMI

Impegno (ore) lezioni ed esercitazioni: 10
Crediti: 1

REQUISITI

Fisica e Ingegneria dei Plasmi.

PROGRAMMA

Il plasma come dielettrico. Equazione delle onde e relazioni di dispersione. Onde in plasmi magnetizzati. Accessibilità, risonanze, cut-off. Limite di bassa frequenza.

BIBLIOGRAFIA

G. Schmidt, *Physics of High Temperature Plasmas*, 2nd ed., Academic Press, 1979.
R. Dendy, *Plasma Dynamics*, Clarendon Press, Oxford, 1990.

MODULO B: FLUSSI IDROMAGNETICI E TURBOLENZA

Impegno (ore) lezioni ed esercitazioni: 10
Crediti: 1

REQUISITI

Fisica e Ingegneria dei Plasmi.

PROGRAMMA

Flussi idromagnetici.

Equazione di Navier-Stokes. Flussi di Hartmann. Flussi di Couette. Stabilità. Flussi paralleli e trasversali al campo magnetico. Applicazioni: propulsione spaziale; generatori MHD.

Chaos Magnetico.

Hamiltoniana per le linee di campo magnetico. Caso integrabile. Riconnesione magnetica. Evoluzione nonlineare dei modi resistivi. Sequenza di biforcazioni del modello MHD resistivo. Stocasticità delle linee di campo. Il criterio di Chirikov. Turbolenza magnetica. Relazioni con i dati sperimentali

BIBLIOGRAFIA

Dispense a cura del docente titolare.

R. D. Hazeltine and J. D. Meiss, *Plasma Confinement*, Addison-Wesley, Redwood City, CA, 1991.
Boyd and Sanderson, *Plasma Dynamics*, Barnes and Noble, New York, 1969.

MODULO C: PLASMI NELLO SPAZIO

Impegno (ore) lezioni ed esercitazioni: 14

Crediti: 1

PROGRAMMA

Magnetosfere planetarie. Fasce di van Allen. Ionosfera. Vento solare. Campi magnetici interplanetari. Correnti elettriche nella magnetosfera. Shocks nello spazio.

BIBLIOGRAFIA

G. K. Parks, *Physics of Space Plasmas*, Addison-Wesley, Redwood City, CA, 1991.

MODULO D: DIAGNOSTICHE

Impegno (ore) lezioni ed esercitazioni: 10

Crediti: 1

PROGRAMMA

Guaine elettrostatiche. Misure *in situ*: sonde di Langmuir, analisi dei potenziali ritardati, misura di flussi ionici. Tecniche di radiofrequenza per la misura della densità, della temperatura e delle fluttuazioni nei plasmi.

BIBLIOGRAFIA

I. H. Hutchinson, *Principles of Plasma Diagnostics*, Cambridge University Press, 1987.

ESAME

Orale. Parte del corso è a carattere seminariale; di questa parte, gli studenti porteranno all'esame un argomento a scelta.

B1901 FISICA GENERALE I

(1° corso)

Anno:1	Periodo: 2		
Impegno (ore totali):	lezioni: 72	esercitazioni: 24	laboratori: 8
Crediti: 9			
Docente:	Paolo ALLIA		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire gli elementi per la comprensione delle leggi classiche della meccanica del punto materiale e dei sistemi di particelle (corpo rigido e fluidi), della statica, della termodinamica classica, insieme con gli strumenti per la risoluzione dei relativi problemi.

MODULO A: MECCANICA DEL PUNTO E DEI CORPI RIGIDI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore):	lezioni: 40	esercitazioni: 12	laboratori: 6
Crediti: 5			

REQUISITI

È opportuno che lo studente abbia frequentato il corso di *Analisi Matematica I* e segua contemporaneamente il corso di *Geometria*.

PROGRAMMA

Cinematica del Punto (Moto rettilineo; Moto nel piano: posizione e velocità; Moto circolare; Moto parabolico dei corpi; Moto nello spazio; Moti relativi). [8 ore]

Dinamica del punto (Principio di inerzia, Leggi di Newton, Quantità di moto, impulso, Risultante delle forze, equilibrio, reazioni vincolari, Classificazione delle forze, Azione dinamica delle forze, Oscillazioni meccaniche, Pendolo semplice, Lavoro, potenza ed energia cinetica, Forze conservative ed energia potenziale, Conservazione dell'energia meccanica, Momento angolare). [12 ore]

Dinamica dei sistemi di punti materiali (Sistemi di punti: forze interne e forze esterne; Centro di massa. Moto del centro di massa; Conservazione della quantità di moto; Teorema del momento angolare; Conservazione del momento angolare; Teoremi di Koenig; Teorema dell'energia cinetica; Urti). [8 ore]

Gravitazione (Forza e campo gravitazionale). [2 ore]

Cenni di dinamica del corpo rigido e di statica (Moto di un corpo rigido: rotazioni attorno ad un asse fisso; Momento di inerzia; Teorema di Huygens-Steiner; Puro rotolamento; Giroscopi; Statica). [10 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni (a corso riunito) su problemi di meccanica. [12 ore]

Laboratori (a piccole squadre). Cenni alla teoria della misura e all'analisi statistica dei dati; Misurazione dell'accelerazione di gravità mediante la caduta dei gravi e mediante il pendolo semplice, con applicazioni della teoria della misura. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

- Mazzoldi, Nigro, Voci: *Fisica, Volume I* - seconda edizione - Edises, Napoli.
Rosati, Casali: *Problemi di Fisica Generale I* - Ambrosiana, Milano.
Mussino: *Fisica I - Esercizi e Temi d'esame svolti* - Progetto Leonardo, Bologna.
Fazio, Guazzoni: *Problemi di Fisica Generale*, Ambrosiana, Milano.

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 32 esercitazioni: 12 laboratori: 2

Crediti: 4

REQUISITI

Lo studente deve aver seguito il modulo A - È opportuno che lo studente abbia frequentato il corso di *Analisi Matematica I* e segua contemporaneamente il corso di *Geometria*.

PROGRAMMA

Proprietà meccaniche dei fluidi (Pressione, viscosità. Fluido ideale; Moto di un fluido. Regime stazionario. Portata; Teorema di Bernouilli; Moto laminare; Cenni al moto vorticoso). [8 ore]

Primo principio della Termodinamica (Sistemi e stati termodinamici; Temperatura; Esperimenti di Joule; Calore e primo principio; Energia interna; Trasformazioni termodinamiche.) [10 ore]

Gas ideali (Equazione di stato dei gas ideali; Trasformazioni di un gas; Diagrammi pV e pT; formula di Clapeyron; Cenni ai gas reali). [4 ore]

Secondo principio della Termodinamica (Reversibilità e irreversibilità; Teorema di Carnot; Temperatura assoluta; Teorema di Clausius; Entropia; Cenni all'interpretazione statistica dell'entropia). [10 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni (a corso riunito) su problemi di meccanica e termodinamica. [12 ore]

Laboratori (a piccole squadre). Misurazione di proprietà termodinamiche alla transizione di fase di una miscela. [2 ore].

BIBLIOGRAFIA

Mazzoldi, Nigro, Voci: *Fisica, Volume I* - seconda edizione - Edises, Napoli.

Rosati, Casali: *Problemi di Fisica Generale I* - Ambrosiana, Milano

Mussino: *Fisica I - Esercizi e Temi d'esame svolti* - Progetto Leonardo, Bologna.

Fazio, Guazzoni: *Problemi di Fisica Generale*, Ambrosiana, Milano.

ESAME

Ogni appello d'esame è costituito da una prova scritta e una orale. Sono ammessi all'esame orale i candidati che superano la prova scritta con almeno 15/30.

Gli studenti che intendono sostenere la prova scritta devono prenotarsi facendo uso dell'apposito sistema informatizzato di prenotazione.

Tutti i partecipanti ad una prova scritta devono essere muniti di libretto e statino, e depositare quest'ultimo insieme con l'elaborato della prova scritta.

La prova scritta superata in uno qualsiasi degli appelli è valida per l'appello in cui essa è stata sostenuta.

Tutti i candidati devono presentare il libretto alla prova orale.

B1901 FISICA GENERALE I

(2° corso)

Anno: 1	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezioni: 60	esercitazioni: 30	laboratori: 10
Crediti: 9 (complessivi)			
Docente:	Felice IAZZI		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire i primi rudimenti della teoria della misura, gli elementi per la comprensione delle leggi classiche di: meccanica del punto e dei sistemi, statica, fisica dei fluidi, termodinamica; di fornire inoltre gli strumenti per la soluzione dei relativi problemi.

MODULO A: DINAMICA DEL PUNTO E CALORIMETRIA

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore): lezioni: 35 esercitazioni: 15 laboratori: 4
Crediti: 6

REQUISITI

È opportuno che lo studente abbia seguito il corso di Analisi I e segua in contemporanea il corso di Geometria.

PROGRAMMA

Teoria della misura e degli errori (Misure e grandezze fisiche, sistemi di unità di misura ed equazioni dimensionali, errore di misura assoluto e relativo, errore diretto ed indiretto, propagazione dell'errore; concetto probabilistico del valore medio e dello scarto quadratico medio; cenno al teorema del limite centrale, istogrammi).

Cinematica (sistemi di riferimento, grandezze vettoriali e loro componenti nei sistemi cartesiani, vettore posizione, vettore velocità e vettore accelerazione, equazioni del moto; caduta dei gravi, coordinate intrinseche e coordinate cilindriche, II legge di Keplero, III legge di Keplero per orbite circolari; moti relativi; applicazioni dell'accelerazione di Coriolis sulla Terra: caduta dei gravi verso oriente ed erosione delle sponde dei fiumi).

Dinamica del punto (punto fisico, massa e densità di massa, forza, definizione statica, principali tipi di forze: gravitazionale, elettrostatica, di attrito, vincolare, di funi, elastica; i 3 principi della dinamica, forze fittizie in sistemi di riferimento non inerziali, diagramma di corpo libero).

Conservazioni (quantità di moto, impulso e teorema dell'impulso, lavoro, energia e teorema del lavoro, forze conservative, energia potenziale, energia meccanica, principali tipi di forze conservative, momento angolare e momento della forza).

Calorimetria (calore e temperatura, calori specifici, energia interna, I e II principio della termodinamica).

LABORATORI E /O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

In aula: esercizi applicativi sul programma svolto.

Laboratori

In laboratorio di fisica: misure ripetute del tempo di caduta di un grave

Al LAIB: trattazione statistica dei dati mediante DATA BASE

BIBLIOGRAFIA

S. ROSATI, *Fisica generale I*, Ed. CEAM.

Per consultazione:

M. ALONSO e E.J. FINN,, *Fisica, Vol. 1*, Ed. Masson.

Per le esercitazioni

S. ROSATI e C. Casali *Problemi di Fisica generale I*, Ed. CEAM.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: DINAMICA DEI SISTEMI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni:25 esercitazioni: 15 laboratori: 6

Crediti: 3

REQUISITI

Lo studente deve aver seguito il modulo A.

PROGRAMMA

Sistemi (Sistemi di punti discreti e continui, forze interne ed esterne, centro di massa, I e II equazione della dinamica dei sistemi, teorema dell'impulso, lavoro ed energia, urti elastici ed anelastici, sistemi a massa variabile, corpo rigido, moto rototraslatorio attorno ad un asse a direzione fissa, rotolamento puro e con slittamento; statica dei sistemi, condizioni necessarie e sufficienti per l'equilibrio).

Fisica dei fluidi, (teoremi di Stevino e Bernoulli e loro applicazioni).

Termodinamica (Applicazioni del I principio ai gas perfetti, espansioni e compressioni reversibili, ciclo di Carnot e macchina di Carnot, rendimento, equivalenza degli enunciati di Clausius e Kelvin, teorema di Carnot, entropia).

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

In aula: esercizi applicativi sul programma svolto.

Laboratorio

Progetto semplificato di un propulsore a reazione in moto nell'aria.

BIBLIOGRAFIA

S. ROSATI, *Fisica generale I*, Ed. CEAM.

Per consultazione:

M. ALONSO e E.J. FINN,, *Fisica, Vol. 1*, Ed. Masson.

Per le esercitazioni

S. ROSATI e C. Casali *Problemi di Fisica generale I*, Ed. CEAM.

ESAME

Ogni appello d'esame è costituito da una prova scritta ed una orale; immediatamente dopo la conclusione della prova scritta avviene la correzione alla lavagna e chi ritiene può ritirarsi: chi non si ritira accede alla prova orale, indipendentemente dal risultato dello scritto, che sarà considerato come uno degli elementi del giudizio finale.

Durante la prova scritta è ammessa la consultazione di testi ed appunti.

B1902 FISICA GENERALE II

Anno: 2	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 76	esercitazioni: 28	laboratori: 8
Crediti: 10			
Docenti:	Laura TROSSI (1° corso), Enrica MEZZETTI (2° corso)		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo dei corsi di fisica è quello di dare una visione coerente ed unificata dei fenomeni fisici e dei metodi che ne permettono lo studio. Nella primo Modulo vengono trattate le interazioni elettromagnetiche analizzate in termini di campi. Sono discusse le leggi fondamentali dell'elettromagnetismo (nel vuoto e nella materia) che si compendiano nelle equazioni di Maxwell. Particolare rilievo è dato allo studio dell'onda elettromagnetica, come estensione delle equazioni di Maxwell. Nel secondo Modulo viene trattata l'interazione dell'onda elettromagnetica con la materia, nonché i fenomeni ottici ondulatori ed il loro limite geometrico. Viene fornita una breve introduzione alla meccanica quantistica, base per lo studio della struttura della materia.

MODULO A: ELETTROMAGNETISMO

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 38	esercitazioni: 14	laboratori: 4
Crediti: 5			

REQUISITI

Conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Fisica I.

PROGRAMMA

Elettrostatica nel vuoto [4ore]

Forza elettrica.Campo elettrostatico.Lavoro e potenziale.Legge di Gauss.Conduttori e condensatori. Energia elettrostatica.

Campo elettrostatico in un dielettrico [6 ore]

Trattazione macroscopica dei dielettrici isotropi. Trattazione microscopica: polarizzabilità elettronica di un gas. Polarizzabilità dei solidi: suscettività dielettrica come tensore. Condizioni al contorno per i vettori campo elettrico e spostamento elettrico.

Correnti elettriche in regime stazionario [2 ore]

Legge di Ohm. Effetto Joule - Forza elettromotrice. Interpretazione microscopica della conduzione dei metalli.

Campo magnetico statico.[8 ore]

La forza di Lorentz. Moto di cariche in campi magnetici. Ciclotrone, spettrometro di massa, effetto Hall, esperimento di Thomson. Forze magnetiche su correnti. - Galvanometro.

Campi magnetici generati da correnti stazionarie. Legge della circuitazione di Ampère.

Proprietà magnetiche dei materiali. [4 ore]

Analogia tra dipoli elettrici e magnetici. Magnetizzazione. Descrizione macroscopica sostanze dia-para-ferromagnetiche.

Fenomeni induttivi:[4 ore]

Legge di Faraday - Lenz - Henry. Betatrone. Principio di conservazione della carica. Equazione di Ampère - Maxwell. Autoinduzione - Energia campo magnetico (circuito RL).Oscillazioni libere. (circuito LC), oscillazioni (circuito RLC) libere e forzate. Reattanza e impedenza ricavate con metodo simbolico. Mutua induzione; Trasformatore.

Onde (2 ore)

Descrizione del moto ondulatorio, propagazione dell'onda in una corda.

Onde elettromagnetiche.[8 ore]

Equazioni di Maxwell, onde elettromagnetiche. Energia, intensità quantità di moto dell'onda E.M. Teorema di Poynting. Spettro elettromagnetico. La luce.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

LABORATORI (4 ORE):

1. Misura di resistenza con ponte di Wheatstone e di temperatura con sensore PT100.

2. Studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali, e simulazioni al calcolatore di transistori in circuiti RC e RLC.

ESERCITAZIONI (14 ORE):

Esercizi svolti in aula su argomenti trattati nel corso.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Esame complessivo a fine corso.

MODULO B: FENOMENI ONDULATORI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 38 esercitazioni: 14 laboratori: 4

Crediti: 5

REQUISITI

Conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Fisica I.

PROGRAMMA

Interazione onda Elettromagnetica con la materia. [8 ore]

Analisi qualitativa del corpo nero, ipotesi di Plank. Quantizzazione dell'energia elettromagnetica: effetto fotoelettrico. Propagazione onde elettromagnetiche nella materia: dispersione, velocità di fase e di gruppo.

Onda elettromagnetica in un mezzo :risposta in frequenza (indice di rifrazione complesso).

Optica geometrica [8 ore]

Leggi della riflessione e della rifrazione: Legge di Snell. Coefficienti di riflessione e trasmissione. Specchi, diottri, lenti. Strumenti ottici.

Fenomeni ondulatori. [12 ore]

Interferenza di onde prodotte da 2 sorgenti. Coerenza. Interferenza da N sorgenti coerenti, da lamine. Onde stazionarie. Diffrazione: fenomeni di Fraunhofer da una fenditura. Potere separatore. Reticolo di diffrazione e calcolo del suo potere separatore. Diffrazione da cristalli, di raggi X. Polarizzazione della luce. Sostanze dicroiche. angolo di Brewster, attività ottica. Onda E.M. in mezzi anisotropi. Elissoide di Fresnel, lamina birifrangente.

Struttura della materia. [10 ore]

Proprietà ondulatorie della materia: diffrazione di elettroni. Relazione di de Broglie, Funzione d'onda. Equazione di Schrödinger. Principio di indeterminazione di Heisenberg. Livelli energetici di una particella carica in un potenziale. "a scatola". Principio di funzionamento del laser.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Laboratori (4 ore):

1. Misura dell'indice di rifrazione con il metodo del prisma.
 2. Misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione e misura di indice di rifrazione mediante luce polarizzata e angolo di Brewster (con rivelatore a fotodiodo);
- Esercizi svolti in aula su argomenti trattati nel corso. [14 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Amaldi, Bizzarri, Pizzella, Fisica generale, Zanichelli (2° corso).

P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, Fisica, Vol. II.

M. Alonso, E.J. Finn, Elementi di fisica per l'università. Vol. II, Masson, Milano.

Testi ausiliari:

Tartaglia, Esercizi svolti di elettromagnetismo e ottica, Levrotto e Bella, Torino.

Halliday, Resnick, Krane, Fisica II, Ed. Ambrosiana, Milano

Amaldi, Bizzarri, Pizzella, Fisica generale, Zanichelli (1° corso).

ESAME

(1° corso Trossi)

- a) L'esame consta di una prova scritta e una orale.
- b) L'esame (orale) può essere sostenuto in qualunque appello a partire da quello in cui si è svolto lo scritto stesso, purchè entro l'anno solare. Superato tale tempo senza aver sostenuto l'orale con esito favorevole lo scritto deve essere comunque ripetuto.
- c) La prova scritta rimane valida, nei limiti di tempo di cui al punto precedente, anche nel caso in cui la prova orale non venga superata.
- d) Lo studente che intende sostenere l'orale deve prenotarsi facendo uso del calcolatore presso il Dipartimento di Fisica entro il giorno precedente quello dello scritto. Non occorre prenotarsi per lo scritto.
- e) Lo statino deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.

(2° corso Mezzetti)

- a) L'esame consta di una prova scritta e una orale.
- b) Lo studente che intende sostenere l'orale deve prenotarsi facendo uso del calcolatore presso il Dipartimento di Fisica entro il giorno precedente quello dello scritto. Non occorre prenotarsi per lo scritto.
- c) Lo statino deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.

B2060 FISICA TECNICA

Anno: 3 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 64 esercitazioni: 32 laboratori: 10
Crediti: 9
Docente: **Giuseppe RUSCICA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso costituisce il naturale collegamento tra gli argomenti trattati nei corsi di Fisica del biennio ed i corsi successivi del triennio (in particolare Macchine, Meccanica dei fluidi e magnetofluidodinamica).

Il corso si propone di:

- approfondire tutti fondamenti della termodinamica di base, di formulare le equazioni di stato che descrivono il comportamento dei fluidi più utilizzati nelle applicazioni ingegneristiche e di analizzarne alcune applicazioni nei sistemi e nelle macchine.
- di studiare le modalità di scambio termico ed i dispositivi che ne consentono la realizzazione ed il controllo;
- di studiare le leggi fondamentali della termofluidodinamica elementare ed alcune semplici applicazioni.

MODULO A: TERMODINAMICA APPLICATA

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 36 esercitazioni: 18 laboratori: 4
Crediti: 5

REQUISITI

Sono propedeutici i corsi di Analisi e di Fisica.

PROGRAMMA

Termodinamica - Richiamo sui concetti generali (6 ore)

Definizione di sistema e di contorno e sue proprietà. Sistemi chiusi; Sistemi aperti o con deflusso. Sistema isolato. Stato di equilibrio; Definizione di equilibrio termodinamico. Sistemi chimicamente e fisicamente omogenei. Proprietà di un sistema, coordinate termodinamiche e meccaniche. Grandezze di stato: Intensive ed estensive - Funzione di stato.

Processi termodinamici e grandezze di scambio (2 ore)

Equilibrio Termico - Principio zero - Temperatura. Corpo termometrico. Termometro a gas. Scala internazionale pratica di temperatura. Regola delle fasi. Equazione di stato. Processo e trasformazione termodinamica - Grandezze di scambio; Calore e lavoro. Processi diretti ed inversi. Processi ciclici.

Potenza e Lavoro nei sistemi chiusi (2 ore)

Potenza e lavoro di espansione di un fluido. Lavoro e potenza generalizzati. Lavoro esterno, trasformazione quasistatica. Concetto di reversibilità. Teorema delle forze vive ed equazione di conservazione dell'energia o della potenza meccanica. Lavoro con deflusso. Lavoro di spostamento.

Primo principio della Termodinamica (4 ore)

Formulazione generale. Formulazione per una trasformazione generica. Energia interna e sue proprietà. Energia totale. Estensione del primo principio ai sistemi con deflusso. Derivazione dell'equazione di conservazione dell'energia meccanica. Entalpia e sue proprietà. Definizione di calore massico (o specifico) generalizzato. Casi particolari. Gas ideale: Equazione di stato di

un gas. Energia interna ed Entalpia per un gas ideale. Calori specifici. Cenni sulla teoria cinetica dei gas. Equazione di stato. Principio di equipartizione dell'energia ed i calori specifici dei gas. Processi per i gas ideali.

Secondo Principio della Termodinamica (8 ore)

Enunciati secondo Clausius, Kelvin e Plank. Concetto di irreversibilità dei processi. Concetto di macchina termica e di efficienza - Macchine motrici ed operatrici. Macchina di Carnot e suo rendimento termodinamico-Limitazioni e Fattore di Carnot, Temperatura e scala termodinamica, equazione di Carnot-Clapayron e funzione entropia, Unità di misura. Conversioni energetiche e teorema dell'energia utilizzabile. Exergia e rendimento exergetico.

Gas reali (4 ore)

Fattore di comprimibilità. Equazione degli stati corrispondenti. Equazione di Van der Waals. Espansione isoentalpica e coefficiente di Joule -Thomson. Cambiamenti di fase, vapori. Diagrammi di stato del vapor d'acqua.

Cicli termodinamici (6 ore)

Trasformazioni nei digrammi di Clapayron, Gibbs, Mollier. Cicli diretti a gas (Otto, Diesel, Joule), calcolo dei rendimenti. Cicli inversi a gas (Joule), calcolo del COP e dell'efficienza frigorigena. Cicli diretti a vapore (Hirn, Rankine). Cicli inversi a compressione di vapore. Cenni ai cicli criogenici e ad assorbimento. Concetto di rigenerazione termica. Cicli rigenerativi a gas (Stirling ed Ericsson). Cicli rigenerativi a vapore.

Miscela di aria e vapore (2 ore)

Miscela di gas -Leggi fondamentali - Applicazione all'aria umida. Parametri termodinamici dell'aria umida e loro relazioni. Diagrammi di Mollier dell'aria umida.

Conversione diretta dell'energia (2 ore)

Fenomeni termoelettrici nei solidi. Relazioni di Kelvin. Cenni sulle celle a combustibile e sui dispositivi termoionici. Cenni sui generatori magnetoidrodinamici.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

1. Unità di misura - Sistema internazionale -Sistema Tecnico-Sistema Anglosassone(2 ore)
2. Esercizi di calcolo sulle trasformazioni termodinamiche (2 ore)
3. Esercizi applicativi sul I Principio per i sistemi chiusi (2 ore)
4. Esercizi applicativi sul I Principio per i sistemi aperti (2 ore)
5. Esercizi applicativi sul II Principio per i sistemi chiusi (2 ore)
6. Esercizi applicativi sul II Principio per i sistemi aperti (2 ore)
7. Applicazione del teorema dell'energia utilizzabile alle trasformazione ed ai cicli (2 ore)
8. Calcolo dei capisaldi di un ciclo a gas con rigenerazione e del suo rendimento (2 ore)
9. Calcolo dei capisaldi di un ciclo a vapore con spillamenti e del suo rendimento (2 ore)

Laboratorio

1. Misura dell'equivalente meccanico del caloria
2. Misure di temperatura e velocità
3. Bilancio energetico su un impianto per la produzione di aria calda con scambiatore acqua aria e generatore di calore elettrico.
4. Misure dei capisaldi termodinamici di un ciclo frigorifero e bilanci termici relativi

BIBLIOGRAFIA

Appunti delle lezioni e materiale didattico distribuito durante il Corso.

M.V. ZEMANSKY, M. M. ABBOT, H.C. VAN NESS, *Fondamenti di Termodinamica per Ingegneri* Zanichelli, Bologna, 1983.

A. CAVALLINI - L. MATTAROLO, *Termodinamica Applicata*, Cleup Editore, Padova.

A. BEJAN, *Advanced Engineering Thermodynamics*, Wiley, 1988.

K. WARK Jr, *Advanced Thermodynamics for Engineers*, McGraw-Hill, Inc. 1995.

P. GREGORIO, *Esercizi di Fisica Tecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.1995.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A consistente nella soluzione di esercizi e nello sviluppo di quesiti teorici. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: MOTO DEI FLUIDI E TRASMISSIONE DEL CALORE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 28 esercitazioni: 14 laboratori: 6
Crediti: 4

REQUISITI

Sono propedeutici i corsi di Analisi e di Fisica.

PROGRAMMA

Cenni di fluidodinamica (6 ore)

Fenomeni di trasporto dell'energia, della quantità di moto e della massa. Equazioni di conservazione in forma locale. Equazione di continuità. Equazione del moto. Equazione dell'energia meccanica. Equazione dell'energia totale. Applicazione al moto dei fluidi nei condotti. Velocità del suono. Efflusso in parete sottile.

Regimi di moto e misure di portata (2 ore)

Cenni ai problemi di interazione fluido parete. Attrito. Regime di moto laminare e turbolento. Perdite di carico. Misure di portata nei condotti. Apparecchi a contrazione di corrente, rotametri e tubo di Pitot.

Trasmissione del calore - Conduzione (5 ore)

Conduzione stazionaria nei solidi, legge di Fourier, caso piano e cilindrico. Conduzione non stazionaria per i solidi a conduttività infinita. Conduzione non stazionaria in lastra piana infinita.

Trasmissione del calore - Convezione (5 ore)

Convezione naturale e forzata, coefficiente di scambio termico parete fluido. Analisi dimensionale. Analogia di Reynolds. Formule empiriche più usate nel caso dei condotti.

Trasmissione del calore - Irraggiamento (4 ore)

Irraggiamento. Definizioni e Leggi fondamentali. Il corpo nero. Le leggi di Kirchoff. I corpi reali. Fattore di forma. Scambio di energia tra corpi neri e grigi. Teoria delle reti elettriche equivalenti. Linearizzazione.

Dispositivi di scambio termico (6 ore)

Scambio termico laminare e globale. Analogia elettrica e resistenza termica. Sistemi a superfici estese. Aletta piana e cilindrica. Efficienza dell'aletta e della superficie alettata. Scambiatori di calore in linea e a correnti incrociate. Coefficiente globale di scambio e calcolo della superficie di scambio. Scambiatori a passaggi multipli. Prestazione di uno scambiatore. Teoria del numero di unità di trasferimento (NUT).

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

1. Esercizi di fluidodinamica, regime di moto e calcolo delle portate e delle perdite di carico (4 ore)
2. Esercizi sulla trasmissione del calore per conduzione in regime stazionario (2 ore)

3. Esercizi sulla trasmissione del calore per conduzione con generazione interna (2 ore)
4. Esercizi sulla trasmissione del calore in regime stazionario (2 ore)
5. Esercizi sullatrasmissione del calore per convezione (Calcolo dei coefficienti di scambio, delle temperature e dei flussi) (2 ore)
6. Esercizi sugli scambiatori di calore, calcolo della temperatura media logaritmica, del coefficiente globale e della superficie di scambio. Applicazione della teoria dei NUT (2 ore)
7. Esercizi sull'irraggiamento tra corpi neri e corpi grigi con applicazione del metodo delle reti equivalenti. (2 ore)

Laboratorio

1. Bilancio termico e di massa su uno scambiatore di calore acqua - acqua e calcolo del coefficiente globale di scambio
2. Bilancio termico e di massa su uno scambiatore di calore aria aria e calcolo del coefficiente globale di scambio
3. Misura della conduttività termica di un materiale isolante

BIBLIOGRAFIA

Appunti delle lezioni e materiale didattico distribuito durante il Corso.

C. BOFFA, P. GRIGORIO, *Elementi di Fisica Tecnica Vol.2*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

C. BONACINA, A. CAVALLINI, L. MATTAROLO, *Trasmissione del Calore*, Cleup Editore, Padova.

F. KREITH, *Principi di Trasmissione del Calore*, Liguori Editore, Napoli, 1974.

P. GREGORIO, *Esercizi di Fisica Tecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1995.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da prova scritta e da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la valutazione scritta relativa al modulo A, l'esame verterà soltanto sui contenuti teorico/pratici del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B2090 FLUIDODINAMICA AMBIENTALE

Anno: 2 (SIA)	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 28
Crediti: 9		
Docente:	Claudio CANCELLI	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Materia del corso è la descrizione dei moti naturali dell'atmosfera e delle acque. Elementi costitutivi sono le equazioni fondamentali dei moti di fluido e l'analisi delle loro possibili semplificazioni, i lineamenti della diffusione molecolare e della propagazione per onde, la genesi e l'evoluzione della vorticità, le caratteristiche dei flussi turbolenti – con un particolare riguardo alla loro capacità di dispersione – e la trattazione statistica degli stessi, i venti geostrofici ed il moto dell'aria negli strati bassi dell'atmosfera, le teorie di similarità per lo strato limite terrestre. Le ore di esercitazione sono in parte applicative, in parte di chiarimento sugli aspetti concettualmente più complessi. Il corso è diviso in tre moduli da considerare nella loro successione.

MODULO A: ASPETTI MATEMATICI E PROCESSI FONDAMENTALI DELLA DINAMICA DEI FLUIDI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 32	esercitazioni: 10
Crediti: 4		

REQUISITI

Analisi I e II, Fisica Generale I e II.

PROGRAMMA

Vengono dedotte le equazioni generali del moto dei fluidi e analizzate le proprietà essenziali dei processi di diffusione e di propagazione, nonché la dinamica della vorticità. Il programma è articolato in quest'ordine:

- Il modello del continuo, tecniche lagrangiane o euleriane di rappresentazione, le equazioni di bilancio, cenni di cinematica, numeri caratteristici (circa 16 ore).
- Propagazione di onde e diffusione molecolare (circa 8 ore);
- Moti vorticosi: genesi ed evoluzione della vorticità (circa 8 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Complessivamente 10 ore.

BIBLIOGRAFIA

Appunti a cura del docente

D.J. TRITTON, *Physical Fluid Dynamics*, Van Nostrand Reinhold, London 1980.

R.S. SCORER, *Environmental Aerodynamics*, Ellis Horwood, Chichester 1978.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Non è prevista valutazione separata per questo modulo.

MODULO B: DESCRIZIONE DI CAMPI DI MOTO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 12 esercitazioni: 8

Crediti: 2

REQUISITI

Analisi I e II, Fisica Generale I e II.

PROGRAMMA

Si tratta di una descrizione dei campi di moto di diversa scala eseguita in termini tali da non richiedere obbligatoriamente la conoscenza dei contenuti del Modulo A, né in generale quella delle proprietà delle equazioni differenziali alle derivate parziali. Gli argomenti trattati sono:

- Equilibrio statico e stabilità dell'atmosfera, scambio energetico con il terreno, ascesa di correnti termiche, genesi di venti locali.
- Campi di moto attorno a un ostacolo, resistenza di attrito e di forma, velocità di caduta e capacità di impatto delle particelle, struttura delle scie, rumore di origine aerodinamica.
- Alcuni aspetti di vorticità secondaria.
- Campi di moto di grande scala, venti geostrofici, configurazioni cicloniche e anticicloniche, interazione con il terreno e concetto di strato limite, venti termici, fronti caldi e freddi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Complessivamente 8 ore di esercitazioni.

BIBLIOGRAFIA

R.S. SCORER, *Environmental Aerodynamics*, Ellis Horwood, Chichester 1978.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Non è prevista valutazione separata per questo modulo.

MODULO C: CAMPI DI MOTO TURBOLENTO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 26 esercitazioni: 10

Crediti: 3

REQUISITI

Analisi I e II, Fisica Generale I e II.

PROGRAMMA

Vengono descritte le caratteristiche dei campi turbolenti, con particolare riguardo alle loro proprietà di dispersione. L'articolazione degli argomenti è la seguente:

- Aspetti di caos e ordine nelle correnti turbolente; descrizione statistica (circa 10 ore).
- Dispersione turbolenta: statistica di una classe di traiettorie, il modello diffusivo, proprietà e limiti del modello. Sostanziale diversità tra dispersione turbolenta e accelerazione turbolenta dei processi diffusivi (circa 8 ore).
- Struttura dello strato limite terrestre; teorie di similarità (circa 8 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Complessivamente 10 ore di esercitazioni.

ESAME

Esame tradizionale sull'insieme dei tre moduli costituito da un colloquio.

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 50	laboratori: 30
Crediti: 7		
Docente:	<i>da nominare</i> (1998/99 Francesco LAROCCA)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha per obiettivo lo studio dei principali problemi fluidodinamici connessi al progetto e all'analisi di sistemi propulsivi aeronautici e spaziali. Formalmente strutturato in lezioni ed esercitazioni, esso è organizzato in maniera da far acquisire agli allievi le tecniche di calcolo di campi fluidodinamici per mezzo di immediate applicazioni numeriche delle nozioni teoriche impartite. PC e terminali situati nel laboratorio informatico del DIASP e collegati a un elaboratore vengono messi a disposizione degli allievi in sede di lezione come strumenti didattici, sia per vedere le modalità dello svolgersi di programmi di calcolo forniti dal docente, sia per produrre programmi sviluppati dagli allievi stessi.

MODULO A: ASPETTI BASE CFD**EMISEMESTRE: PRIMO**

Impegno (ore)	lezioni: 30	laboratori: 10
Crediti: 4		

REQUISITI

Il corso si intende rivolto ad allievi che posseggano le nozioni fondamentali relative alle macchine a fluido in generale e agli endoreattori in particolare.

PROGRAMMA

- Richiami di fluidodinamica del flusso comprimibile, viscoso.
- Formulazioni conservative e quasi lineari delle equazioni del moto.
- Approssimazione numerica ai volumi finiti di campi di moto supersonici stazionari.
- Approssimazione numerica con tecnica "dipendente dal tempo" di campi stazionari misti subsonici-supersonici.
- Discretizzazione dei campi a geometria complicata.
- Generazione analitica e numerica di griglie di calcolo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Impostazione e sviluppo di un programma di calcolo per lo studio numerico di ugelli bidimensionali.

BIBLIOGRAFIA

- M.J. Zucrow, J.D. Hoffman: Gas Dynamics, John Wiley & Sons.

Per consultazione:

- W.H. Heiser, D.T. Pratt: Hypersonic Airbreathing Propulsion, AIAA Education Series.
- C. Hirsch: Numerical Computation of internal and external flows, John Wiley & Sons.

VALUTAZIONE E/O ESAME

La valutazione sui contenuti dei moduli A e B è globale e ha luogo al termine del semestre.

MODULO B: ASPETTI FISICI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 20 laboratori: 20

Crediti: 3

REQUISITI

Modulo A.

PROGRAMMA

- Flussi interni bidimensionali in prese d'aria e ugelli.
- Struttura e calcolo di getti supersonici bidimensionali o assialsimmetrici.
- Interferenza tra flusso esterno e getto.
- Problemi inversi per condotti e loro soluzione numerica.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sviluppo di un programma di calcolo per lo studio numerico di ugelli bidimensionali.

BIBLIOGRAFIA

- M.J. Zucrow, J.D. Hoffman: Gas Dynamics, John Wiley & Sons.

Per consultazione:

- W.H. Heiser, D.T. Pratt: Hypersonic Airbreathing Propulsion, AIAA Education Series.
- C. Hirsch: Numerical Computation of internal and external flows, John Wiley & Sons.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale vertente sui contenuti dei moduli A e B conclude il corso.

B2120 FLUIDODINAMICA DELLE TURBOMACCHINE

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 60 esercitazioni: 38
Crediti: 9
Docente: **Luca ZANNETTI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso fornisce strumenti teorici e computazionali di base per l'analisi del campo di moto delle turbomacchine e per il loro progetto.

Data per acquisita dagli allievi, nell'ambito dei corsi di MACCHINE, la "teoria impulsiva", che permette di determinare alcune proprietà dei campi di moto all'esterno di opportune superfici di controllo racchiudenti schiere di profili, con questo corso si intende fornire mezzi analitici, empirici, numerici, che permettono la descrizione dell'insieme dei fenomeni fluidodinamici che avvengono all'interno dei canali interpalari e che costituiscono la base dei metodi di analisi e progetto di schiere palettate.

Pur essendo la trattazione rivolta al complesso delle turbomacchine, l'accento è posto in particolare sul compressore assiale, che è macchina di particolare interesse sia motoristico che fluidodinamico.

MODULO A: STUDIO ANALITICO DEL FLUSSO SU SCHIERE

EMISEMESTRE PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 20 esercitazioni: 13
Crediti: 3

REQUISITI

Si considerano già acquisiti gli argomenti turbomacchinistici e di termodinamica delle macchine trattati nei corsi di MACCHINE.

PROGRAMMA

- Le equazioni di continuità, quantità di moto e energia, reggenti il moto di un fluido compressibile non viscoso (equazioni di Eulero).
- Le equazioni del moto nel riferimento cartesiano e nel riferimento cilindrico.
- Il flusso bidimensionale irrotazionale: il potenziale di velocità, l'equazione del potenziale e l'equazione della funzione di corrente.
- Il potenziale complesso, la velocità complessa.
- Il metodo delle trasformazioni conformi per schiere di profili.
- Le forze agenti su profili isolati, formula di Blasius.
- Le forze agenti su una schiera palettata, generalizzazione del teorema di Kutta-Joukowski.
- Schiere di profili con geometria arbitraria, la trasformazione di Ives e la trasformazione di Theodorsen-Garrick.
- Stadio di compressore assiale: Fattore di carico, coefficiente di portata, grado di reazione.
- Linea di evoluzione termodinamica di un gas attraverso uno stadio.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi di applicazione degli argomenti svolti a lezione.

BIBLIOGRAFIA

Dispense del docente.

MODULO B: ANALISI E PROGETTO CON MEZZI EMPIRICI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 15 esercitazioni: 9

Crediti: 2

REQUISITI

Si considerano già acquisiti gli argomenti turbomacchinistici e di termodinamica delle macchine trattati nei corsi di MACCHINE.

PROGRAMMA

- Caratteristiche sperimentali di schiere.
- La correlazione di Howell, problemi di analisi e di progetto.
- Collezione dei dati sperimentali NACA.
- Effetti legati alla comprimibilità: Mach critico, Mach massimo, choking, loro dipendenza dall'incidenza.
- Effetto del grado di reazione sullo stallo in bassa e alta velocità.
- Equilibrio radiale: problema di progetto e di analisi.
- Progetto di uno stadio: criteri di svergolamento.
- Flussi secondari.
- Stallo rotante, pompaggio.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi di applicazione degli argomenti svolti a lezione.

BIBLIOGRAFIA

Horlock, Axial Flow Compressors.

Vavra, Aero-thermodynamics of turbomachinery.

MODULO C: FLUSSO SUPERSONICO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 12 esercitazioni: 8

Crediti: 2

REQUISITI

Utile agli studenti aerospaziali la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di AERODINAMICA, GASDINAMICA, mentre è utile ai meccanici l'acquisizione del corso di FLUIDODINAMICA.

PROGRAMMA

- Linee caratteristiche, onde d'urto.
- Urti ed espansioni su bordi d'attacco e di uscita.
- Correnti supersoniche assialmente subsoniche.
- L'incidenza unica: la soluzione di Ferri e il metodo di Levine

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi di applicazione degli argomenti svolti a lezione.

MODULO D: FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 13 esercitazioni: 8
Crediti: 2

REQUISITI

Utile la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di AERODINAMICA II, GASDINAMICA II.

PROGRAMMA

- La "tecnica dipendente dal tempo".
- Moto 1D: metodo delle caratteristiche; metodi "lambda" alle differenze finite; le leggi di conservazione e loro discretizzazione.
- Moto multidimensionale: varietà caratteristiche, bicaratteristiche
- Flussi in condotti e schiere: problemi di progetto e di analisi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi di applicazione degli argomenti svolti a lezione.

BIBLIOGRAFIA

C. Hirsch: Numerical Computation of Internal and External Flows.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso.

VALUTAZIONE E/O ESAME

L'eventuale valutazione al termine del primo emisemestre da concordare con gli studenti, consiste nella discussione critica di una o più esercitazioni e nella verifica orale di alcuni argomenti trattati a lezione. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore totali) lezioni: 32 laboratorio: 22

Crediti: 5

REQUISITI

Aerodinamica e Gasdinamica.

PROGRAMMA

Anemometria a filo caldo. Anemometria laser Doppler e Speckle laser velocimetry. Lo strato limite terrestre. Scie di corpi tozzi e scie periodiche. Gallerie del vento subsoniche di impiego aeronautico, di impiego automobilistico, civile e ambientale: architettura, requisiti e criteri di progetto, problematiche della sperimentazione. Descrizione e funzionamento delle gallerie transoniche, supersoniche e ipersoniche. Tecniche per la misura dello sforzo di attrito a parete in flussi 2D e 3D. Analisi sperimentale di un flusso turbolento: intensità turbolenta, funzione densità di probabilità e momenti di ordine superiore, energia cinetica turbolenta, sforzi di Reynolds, vorticità, correlazioni spazio-temporali, macroscale e microscale della turbolenza, spettro di energia, intermittenza e dissipazione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

In laboratorio saranno preparate esercitazioni dedicate all'apprendimento delle tecniche di misura e allo studio della struttura turbolenta di getti, scie e flussi di parete. Saranno organizzate anche esercitazioni dedicate sia verso lo studio di impianti esistenti in laboratorio, sia verso quelle sperimentazioni in fase di svolgimento nelle varie gallerie del vento specifiche di attività di ricerca.

BIBLIOGRAFIA

R.J. Goldstein, *Fluid Mechanics Measurements*.

P. Bradshaw, *Experimental Fluid Mechanics*.

A. Pope, *Wind Tunnel Testing*.

D.J. Tritton, *Physical Fluid Dynamics*.

ESAME

Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B e consiste nella discussione critica di una o più esercitazioni di laboratorio e nella verifica orale di alcuni argomenti trattati a lezione. Il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità l'esame finale sarà unico.

B2170 **FONDAMENTI DI INFORMATICA**

Anno: 1 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 45 esercitazioni: 48 laboratori: 26
Crediti: 9
Docente: **Riccardo SISTO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende presentare agli allievi gli elementi fondamentali dell'informatica, sia dal punto di vista hardware, sia da quello software. Il corso è diviso in due moduli al termine di ciascuno dei quali è possibile una separata valutazione.

MODULO A: INTRODUZIONE ALL'INFORMATICA E AGLI ELABORATORI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 25 esercitazioni: 23
Crediti: 4

REQUISITI

Nessuno.

PROGRAMMA

Rappresentazione dell'informazione: sistemi numerici; conversione di base; rappresentazione dei numeri con segno; rappresentazione dei numeri frazionari in virgola fissa e in virgola mobile; altri codici binari (BCD, ASCII, Gray, ecc.).

Operazioni algebriche nei principali codici binari.

Algebra di Boole, funzioni logiche e teoremi fondamentali.

Struttura dell'elaboratore elettronico: parti funzionali, cenni tecnologici, classificazione, cenni sulla misura delle prestazioni.

Funzionamento del calcolatore e cenni sul linguaggio macchina.

Unità periferiche: tecnologie e prestazioni dei principali organi periferici di un sistema di elaborazione (cenni).

Linguaggio Assembler (cenni), linguaggi di alto livello, compilatori e interpreti.

Sistemi operativi, multiprogrammazione, sistemi real-time.

Cenni su reti di calcolatori, sistemi informativi, software di utilità.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nello svolgimento di esercizi numerici sugli argomenti del modulo.

BIBLIOGRAFIA

P. DEMICHELIS, E. PICCOLO, *Informatica di base e FORTRAN77*, Levrotto e Bella, 1987.

G. CENA, L. DURANTE, E. PICCOLO, R. SISTO, A. VALENZANO, *Esercizi di Fondamenti di Informatica*, UTET, 1998.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A, consistente nella risposta a domande e risoluzione di esercizi numerici in un tempo pre-

to. In caso di esito favorevole, i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Coloro che non superano la valutazione scritta del modulo A al termine dell'emisemestre (o che non ritengono di sfruttarne la possibilità) dovranno sostenerla contestualmente con la valutazione del modulo B.

MODULO B: INTRODUZIONE ALLA PROGRAMMAZIONE E AL LINGUAGGIO FORTRAN

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 20 esercitazioni: 25 laboratori: 26

Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A, Corso di alfabetizzazione informatica.

PROGRAMMA

Tecniche di programmazione (programmazione modulare, programmazione strutturata), linguaggio FORTRAN, sviluppo di programmi.

Strutture informative fondamentali (code, stack, tabelle, ecc.).

Algoritmi fondamentali (sort, merge, ecc.).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nella realizzazione di programmi in linguaggio FORTRAN.

Nelle esercitazioni di laboratorio gli allievi svilupperanno programmi in linguaggio FORTRAN utilizzando il personal computer e i relativi strumenti di programmazione.

BIBLIOGRAFIA

P. DEMICHELIS, E. PICCOLO, *Informatica di base e FORTRAN77*, Levrotto e Bella, 1987.

Altri testi:

T.M.R. ELLIS, *Programmazione strutturata in FORTRAN77 con elementi di FORTRAN90*, Zanichelli, 1995.

C. FORNARO, *FORTRAN77 Manuale di riferimento*, Celid, 1998.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta di programmazione, nella quale l'allievo dovrà realizzare un programma in linguaggio FORTRAN in un tempo prefissato. L'esame scritto sarà seguito da una verifica orale finale composta dalla discussione dell'elaborato e da un eventuale approfondimento orale sugli argomenti del modulo.

Il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli.

B2220 GASDINAMICA

Anno: 3 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 60 esercitazioni: 45
Crediti: 9
Docente: **Massimo GERMANO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di dare le basi fisico matematiche necessarie per analizzare gli effetti di gas reale nei moti fluidi. Particolare attenzione viene dedicata allo studio degli effetti rotazionali, viscosi, termici e chimici in aria ad alti numeri di Reynolds e di Mach. Le conoscenze acquisite vengono applicate allo studio dei flussi interni, dello strato limite viscoso, termico e compressibile, dei flussi separati, della resistenza di attrito e forma, del riscaldamento aerodinamico.

REQUISITI

Aerodinamica.

MODULO A: NOZIONI DI BASE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 35 esercitazioni: 20
Crediti: 5

PROGRAMMA

Panoramica dei problemi aero-termo-gasdinamici connessi con il flusso intorno ad un corpo. Tecniche di indagine teorica e sperimentale. Teoria cinetica dei gas. Proprietà termodinamiche di trasporto. Equazioni di bilancio. Parametri di similitudine.

Fenomenologia dei flussi. Flussi potenziali, rotazionali, viscosi, compressibili e reagenti. Flussi interni, esterni e liberi. Flussi laminari, transizionali e turbolenti. Flussi attaccati e separati.

Soluzioni rappresentative. Puri flussi di punta. Onde d'urto. Puri flussi di taglio. Flusso Couette piano e cilindrico. Vortice di Rankine. Flussi nei tubi e nei canali. Flussi di mescolamento. Formulazioni pratiche. Perdite di carico nei tubi. Resistenza di attrito su di una lamina piana. Fenomenologia dello strato limite.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni sulle proprietà termodinamiche e di trasporto dei gas e delle miscele. Chim dell'aria.

Esercitazioni sulle grandezze di arresto e sulle onde d'urto.

Esercitazioni sulla perdita di carico nei tubi e sulla resistenza d'attrito di una lamina piana.

MODULO B: STRATO LIMITE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 25 esercitazioni: 25
Crediti: 4

PROGRAMMA

Equazioni dello strato limite in forma differenziale e in forma integrale. Strato limite laminare. Soluzioni esatte sulla lamina piana e in vicinanza di un punto di arresto. Metodo integrale di Thwaites. Separazione laminare.

Instabilità dello strato limite e transizione alla turbolenza. Criteri di transizione. Turbolenza. Strato limite turbolento. Modelli di turbolenza. Metodo integrale di Head. Separazione turbolenta.
Strato limite termico e compressibile. Analogia dei campi e degli scambi. Correzione del coefficiente di attrito.
Dissociazione dell'aria e riscaldamento aerotermodinamico ad alti numeri di Mach.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni sullo strato limite laminare, sulla transizione e sullo strato limite turbolento.
Esercitazioni sullo strato limite termico e compressibile.

BIBLIOGRAFIA

M. GERMANO, *Appunti di Gasdinamica*, fotocopie.
G. IUSO, F. QUORI, *Gasdinamica. Problemi risolti e richiami di teoria*, Levrotto e Bella, Torino.

ESAME

Prova orale.

B2222 GASDINAMICA II

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 66 laboratori: 34
Crediti: 9
Docente: **Renzo ARINA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è quello di introdurre i principali metodi numerici per la soluzione delle equazioni di convezione-diffusione, e la loro applicazione alla soluzione delle equazioni della Meccanica dei Fluidi per flussi viscosi, con particolare riferimento al caso di fluidi incomprimibili. Le metodologie numeriche sono applicate alla simulazione di flussi di interesse ingegneristico. Nella seconda parte del corso si affrontano i temi della simulazione di flussi turbolenti, e simulazioni utilizzando differenti modelli fisici all'interno del dominio di calcolo. In quest'ultima categoria rientrano i problemi di trasmissione del calore ed i problemi di interazione fluido-struttura. Nell'ambito del corso sono previste esercitazioni al computer, consistenti nella stesura di programmi in Fortran, durante le quali i metodi di calcolo presentati a lezione sono applicati per la simulazione di flussi di interesse pratico.

MODULO A: SOLUZIONE NUMERICA DELLE EQUAZIONI DI NAVIER-STOKES

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 36 laboratori: 24
Crediti: 5

REQUISITI

Aerodinamica - Gasdinamica - Calcolo Numerico.

PROGRAMMA

- Metodi alle differenze finite, ed ai volumi finiti, per equazioni ellittiche e per problemi di evoluzione: schemi di discretizzazione spaziale ed integrazione temporale, soluzione di sistema lineare, estensione al caso non lineare, estensione al caso multidimensionale (10 ore)
- Metodi agli elementi finiti: principi generali, cenni sui metodi di Galerkin e Petrov-Galerkin (4 ore).
- Metodi numerici per la soluzione delle equazioni di Navier -Stokes per fluidi incomprimibili: formulazione funzione di corrente-vorticità, formulazione velocità-p pressione (18 ore).
- Coordinate curvilinee e trasformazione delle equazioni di bilancio, griglie di calcolo strutturate e non strutturate, cenni sui metodi di generazione delle griglie per il calcolo fluidodinamico (4 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Richiami del linguaggio di programmazione Fortran, codice di calcolo per la soluzione di sistemi tridiagonali (2 ore).
- Metodi alle differenze-finite/volumi-finiti: 1) programma di calcolo per la soluzione dell'equazione di Laplace in coordinate polari, calcolo del campo di moto potenziale attorno un cilindro. 2) Programma di calcolo per la soluzione dell'equazione lineare scalare di convezione-diffusione monodimensionale. 3) Estensione del programma precedente per la soluzione dell'equazione di Burgers. 4) Programma di calcolo per la soluzione dell'equazione lineare scalare di convezione-diffusione bidimensionale (10 ore).
- Metodi agli elementi finiti: programma di calcolo per la soluzione dell'equazione scalare lineare di convezione-diffusione mediante proiezione di Galerkin (2 ore).

- Equazioni di Navier-Stokes: programma di calcolo per la soluzione delle equazioni in formulazione funzione di corrente-vorticità, calcolo del strato limite su lamina piana e del flusso in un canale piano (10 ore).

BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso forniti dal docente

Per consultazione:

D.A. Anderson, J.C. Tannehill, R.H. Pletcher, *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*, McGraw-Hill, 1987.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione orale sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: FLUIDODINAMICA NUMERICA

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 laboratori: 10

Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A – Aerodinamica - Gasdinamica.

PROGRAMMA

- Simulazione di flussi turbolenti: formulazione statistica delle equazioni del moto, modelli di chiusura e loro applicazione nei codici di calcolo, descrizione delle soluzioni adottate nei codici di calcolo fluidodinamico commerciali; cenni sulla simulazione delle grandi scale del moto e modelli di sottogriglia (Large Eddy Simulation) (15 ore).
- Sistemi composti in fluidodinamica e tecniche di decomposizione del dominio di calcolo: simulazione di flussi turbolenti complessi mediante l'impiego di differenti modelli di turbolenza e leggi di parete; scambio termico tra un corpo solido lambito da una corrente fluida e la corrente stessa; interazione fluido-struttura (15 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Simulazione di flussi turbolenti: estensione di un programma di calcolo per la soluzione delle equazioni di Navier-Stokes al caso di flussi turbolenti, simulazione dello strato limite turbolento lungo una lamina piana (6 ore).
- Interazione fluido-struttura: soluzione del campo di moto fluidodinamico unidimensionale interagente con una parete elastica (4 ore).

BIBLIOGRAFIA

Appunti del corso forniti dal docente

Per consultazione:

J.H. Ferziger, M. Peric, *Computational Methods for Fluid Dynamics*, Springer, 1996.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale, orale, sarà unico.

B2300 GEOMETRIA

Anno: 1 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 82 esercitazioni: 56
Crediti: 9
Docenti: **Paolo VALABREGA, Carla MASSAZA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Nel corso vengono introdotti elementi di Algebra lineare e di Geometria analitica piana e spaziale. Lo studente sarà messo in grado di risolvere semplici problemi che richiedano:

- equazioni lineari
- calcolo matriciale
- ricerca di autovalori e diagonalizzazione
- uso di coordinate cartesiane per la rappresentazione di curve e superficie.

MODULO A: ALGEBRA LINEARE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 46 esercitazioni: 32
Crediti: 5

REQUISITI

Numeri (interi, razionali, reali).

Insiemi e funzioni.

Calcolo letterale, equazioni e disequazioni.

Elementi di geometria euclidea piana e spaziale.

Regole elementari del ragionamento logico (ad esempio: implicazione, equivalenza).

Elementi di trigonometria piana.

PROGRAMMA

Vettori del piano e dello spazio.

Numeri complessi: operazioni, rappresentazione trigonometrica, radici n-esime.

Polinomi ed equazioni algebriche in campo reale e complesso: radici, principio di identità, teorema fondamentale dell'algebra.

Spazi vettoriali: proprietà elementari, sottospazi, somma e intersezione, dipendenza e indipendenza, basi e generatori, dimensione.

Matrici: operazioni, spazi di matrici, matrici simmetriche e antisimmetriche, matrici invertibili

Sistemi lineari: compatibilità e teorema di Rouche'-Capelli, metodi di risoluzione, sistemi incognite vettoriali, matrici inverse, determinanti e matrici.

Applicazioni lineari: definizione, nucleo e immagine, suriettività, iniettività, applicazione in base, applicazioni lineari e matrici; matrici simili e cambiamento di base.

Autovalori e autovettori: Polinomio caratteristico e minimo, teorema di Calay-Hamilton, autovalori e autovettori, spazi, endomorfismi semplici, diagonalizzazione.

Spazi con prodotto scalare e matrici simmetriche.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il programma delle esercitazioni non è indicato.

BIBLIOGRAFIA

S. Greco, P. Valabrega: Lezioni di Algebra Lineare e Geometria, Vol.I: Algebra Lineare, Vol II: Geometria Analitica e Differenziale, Ed. Levrotto e Bella, Torino, 1999.

A. Sanini: lezioni di Geometria, Ed. Levrotto e Bella, Torino, 1999.

(Libri di esercizi adatti ai corsi)

L. Chiantini: Algebra Lineare e Geometria Analitica, Ed. Masson, Milano 1998.

A. Sanini: Esercizi di Geometria, Ed. Levrotto e Bella, Torino, 1994.

G. Tedeschi: Test di Geometria risolti, Ed. Esculapio, Bologna, 1998.

N. Chiarli: l'esame di geometria, Ed. Levrotto e Bella, Torino, 1986.

G. Cervelli-A. DiLello: Geometria, esercizi risolti, Ed. Clut, Torino, 1994.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Vedi in coda a Modulo B.

MODULO B: GEOMETRIA ANALITICA

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 36 esercitazioni: 24

Crediti: 4

REQUISITI

Come per il modulo A.

PROGRAMMA

Coordinate cartesiane sulla retta e nel piano. Coordinate polari nel piano.

Rette e circonferenze nel piano.

Coniche in forma canonica e generale.

Coordinate cartesiane e polari nello spazio.

Rette e piani nello spazio.

Sfere e circonferenze.

Curve e superficie nello spazio.

Quadriche (argomento facoltativo)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Il programma delle esercitazioni non è indicato.

BIBLIOGRAFIA

Come per il modulo A.

ESAME

L'esame si può sostenere con due modalità diverse:

Primo tipo . Esame con due prove scritte durante il semestre: lo studente potrà sostenere due prove scritte, che si svolgeranno a metà e al termine del corso. Il primo scritto riguarda il modulo A- Algebra Lineare, il secondo riguarda il modulo B- Geometria Analitica.

Secondo tipo. Esame con prova scritta tradizionale: lo studente che non possa o non voglia utilizzare le prove precedenti sosterrà una prova scritta, seguita da una prova orale.

B2570 IMPIANTI AERONAUTICI

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 74 esercitazioni: 10 laboratori: 26
Crediti: 9
Docente: **Sergio CHIESA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone anzitutto di fornire agli Allievi la metodologia della Progettazione Sistemistica, con esemplificazioni basate sui più importanti impianti (o, meglio, sottosistemi) di bordo; così facendo si fornirà una sintetica panoramica degli stessi sottosistemi (Modulo A). Nel modulo B si illustreranno i fondamenti di alcune tra le più usuali metodologie dell'Ingegneria Sistemistica.

MODULO A: IMPIANTI DI BORDO

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 38 esercitazioni: 4 laboratori: 20
Crediti: 5

REQUISITI

Fisica I e II - Fisica Tecnica - Elettrotecnica - Meccanica del volo - Costruzioni Aeronautiche.

PROGRAMMA

Finalità e caratteristiche della Progettazione Sistemistica.

Esame dei sotto elencati impianti di bordo:

Comandi di volo

Carrello d'atterraggio

Impianto idraulico

Impianto elettrico

Impianti pneumatico, condizionamento, anti-ghiaccio, A.P.U., avviamento motori

Impianto combustibile

Avionica

Per agevolare l'apprendimento saranno effettuate esercitazioni di laboratorio, simulazioni computer e visite guidate.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Esercitazioni di progettazione sistemistica per: impianto idraulico, elettrico, pneumatico.
- Simulazioni al calcolatore di attuatore oleodinamico, di circuito idraulico e di avviamento pneumatico.
- Esercitazioni di laboratorio su banchi didattici "comandi di volo", "idraulico", "elettrico prova ventilatori".

BIBLIOGRAFIA

S. CHIESA, *Impianto idraulico*. CLUT, Torino.

S. CHIESA, *Impianto elettrico*. CLUT, Torino.

S. CHIESA, *Impianti pneumatico, condizionamento aria e anti-ghiaccio*. CLUT, Torino.

S. CHIESA, *Impianto combustibile*. CLUT, Torino.

Altro materiale didattico sarà fornito dal Docente per quanto non coperto da testi.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A consistente in un test con domande e esercizi richiedenti risoluzione numerica. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre, eccezion fatta per l'obbligo di presentare, con eventuale discussione, le relazioni delle esercitazioni (n° 3 di dimensionamento, n° 3 di simulazione, n° 8 di laboratorio); anche questa presentazione potrà svolgersi al termine del primo emisemestre, previo esito positivo del test scritto. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: METODOLOGIE DELLA PROGETTAZIONE SISTEMISICA

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 36 esercitazioni: 6 laboratori: 6
Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A.

PROGRAMMA

- Elementi applicativi di controlli automatici.
- Controllo computerizzato degli impianti.
- Previsione di Pesi e Costi.
- Cenni alle problematiche installative mediante tecniche di "Digital Mock-Up".
- Affidabilità, manutenzione e supporto logistico integrato; costo del ciclo di vita e "efficienza di sistema".
- Sicurezza.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni al calcolatore su controlli automatici e Laboratorio CAD.

Esercitazioni in aula su Previsione Pesi e Costi e su tecniche per l'affidabilità, la manutenzione (e stima della relativa entità) e la sicurezza.

BIBLIOGRAFIA

S. CHIESA *Sicurezza, affidabilità e manutenzione nel progetto dei sistemi*. CLUT, Torino.

Altro materiale didattico sarà fornito dal Docente per quanto non coperto da testi.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

Condizione per il superamento dell'esame è la presentazione delle relazioni delle esercitazioni sia del modulo A (eventualmente al termine del primo emisemestre), sia del modulo B.

B3110 MACCHINE

Anno: 4

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni: 68

esercitazioni: 28

laboratori: 6

Crediti: 9

Docente:

Federico MILLO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso fornisce agli allievi aeronautici gli elementi di base per lo studio delle macchine a fluido, analizzando gli aspetti costruttivi, i principi di funzionamento, le prestazioni ed i metodi utilizzati per la regolazione delle principali macchine motrici ed operatrici.

Il corso è suddiviso in due moduli, il primo dei quali dedicato alle turbomacchine, il secondo alle macchine volumetriche.

MODULO A: TURBOMACCHINE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)

lezioni: 38

esercitazioni: 16

laboratori: 2

Crediti: 5

REQUISITI

Fisica Tecnica e Meccanica Applicata alle Macchine.

PROGRAMMA

Richiami di Termodinamica [6 ore]. Classificazione delle macchine a fluido. I Principio della Termodinamica in forma Lagrangiana ed Euleriana. II Principio della Termodinamica. Leggi di evoluzione. Classificazione dei rendimenti e dei lavori per le macchine motrici ed operatrici.

Ugelli e diffusori [6 ore]. Velocità del suono e proprietà di ristagno in una corrente fluida. Flusso adiabatico ed isoentropico di una corrente unidimensionale stazionaria. Pressione critica e condizioni di criticità. Funzionamento di ugelli e diffusori in condizioni di progetto e "fuori progetto". Rendimento di ugelli e diffusori.

Turbine [11 ore]. Espressione del lavoro in una turbomacchina; triangoli di velocità. Turbina assiale semplice ad azione; descrizione della macchina, triangoli di velocità, profili delle palettature; espressione del lavoro e del rendimento nel caso ideale e reale; variazione dei coefficienti di perdita in condizioni di progetto e fuori progetto. Turbina assiale a salti di velocità; descrizione della macchina, triangoli di velocità e profili delle palettature; espressione del lavoro e del rendimento nel caso ideale. Rendimento della turbina a salti di velocità nel caso reale e confronto con la turbina semplice. Turbina a salti di pressione: fattore di recupero. Turbina assiale semplice a reazione; grado di reazione; triangoli di velocità e profili delle palettature; espressione del lavoro e del rendimento nel caso ideale e reale; confronto con la turbina ad azione. Perdite caratteristiche delle turbine a reazione. Cenni sulle turbine radiali semplici: salto entalpico e lavoro disponibile, espressione del lavoro e triangoli di velocità.

Turbocompressori [11 ore]. Lavoro di compressione ideale e reale con scambi termici. Compressione isoterma e interrefrigerata; calcolo del minimo lavoro di compressione. Rendimento isoentropico ed idraulico. Compressore centrifugo: triangoli di velocità, lavoro di compressione e sua espressione in funzione dei coefficienti adimensionati. Determinazione della caratteristica manometrica del compressore centrifugo. Grado di reazione e suo andamento al variare dell'angolo di uscita delle palettature. Compressore assiale: triangoli di velocità e profili delle palettature. Espressione del lavoro di compressione e sua espressione in funzione

dei coefficienti adimensionati; caratteristica manometrica del compressore assiale. Instabilità di funzionamento del compressore: ciclo di pompaggio e stallo rotante. Problematiche relative all'avviamento dei turbocompressori assiali. Regolazione dei turbocompressori.

Turbopompe [4 ore]. Definizioni delle grandezze caratteristiche di funzionamento e dei rendimenti delle macchine idrauliche operatrici. Caratteristica di una turbopompa centrifuga e assiale. Problematiche relative all'installazione delle turbopompe: cavitazione ed NPSH. Regolazione e avviamento delle turbopompe. Funzionamento in similitudine delle turbopompe: numero di giri caratteristico.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nel corso delle esercitazioni in aula vengono sviluppati esercizi numerici sulle prestazioni delle macchine a fluido trattate a lezione. Gli esercizi vengono forniti dal docente durante le lezioni precedenti la relativa esercitazione.

Ulteriori esercizi relativi ai testi d'esame degli a.a. precedenti sono resi disponibili durante il semestre.

Nel corso dell'esercitazione in laboratorio viene effettuata la determinazione della caratteristica di una turbopompa assiale e l'individuazione delle condizioni di cavitazione.

BIBLIOGRAFIA

A. BECCARI, *Macchine*, CLUT, Torino, 1980.

A.E. CATANIA, *Complementi di Macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.

A. CAPETTI, *Motori Termici*, UTET, 1967.

A. CAPETTI, *Compressori di Gas*, V. Giorgio, Torino, 1971.

A. DADONE, *Macchine Idrauliche*, CLUT, Torino, 1980.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo "Turbomacchine" consistente nello svolgimento di due esercizi numerici. Il superamento di questa prova di valutazione, unitamente alla successiva relativa ai contenuti del modulo "Macchine Volumetriche" comporta l'esonero dalla prova scritta finale. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: MACCHINE VOLUMETRICHE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 12 laboratori: 4

Crediti: 4

REQUISITI

Fisica Tecnica e Meccanica Applicata alle Macchine

PROGRAMMA

Compressori volumetrici [8 ore]. Compressori alternativi: ciclo della macchina ed espressione del lavoro nel caso ideale e con perdite. Metodi di regolazione dei compressori alternativi. Compressore rotativo a palette: ciclo della macchina ed espressione del lavoro. Regolazione del compressore a palette per laminazione all'aspirazione. Compressore Roots: ciclo della macchina ed espressione del lavoro; compressione interrefrigerata; andamento del rendimento volumetrico in funzione del numero di giri e del rapporto di compressione.

Motori alternativi a combustione interna [22 ore]. Scelta del ciclo ideale per motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione; espressione del rendimento ideale per i

cicli Otto, Diesel e Sabathé. Espressione della potenza utile e della pressione media effettiva di un motore alternativo a combustione interna. Rendimento limite, rendimento termofluidodinamico e rendimento organico. Rendimento utile e suo andamento al variare del numero di giri del motore. Apparato della distribuzione nei motori alternativi. Coefficiente di riempimento di motori alternativi a quattro tempi; espressione semplificata del coefficiente di riempimento suo andamento al variare del numero di giri del motore. Caratteristica meccanica, di regolazione e cubica di utilizzazione dei motori ad accensione comandata ed ad accensione per compressione. Combustione nei motori ad accensione comandata: velocità di combustione e di propagazione della fiamma; cenni sulle anomalie di combustione. Variazione dei rendimenti e della pressione media effettiva con la dosatura, variazione del rendimento utile in funzione della pressione media effettiva in un motore ad accensione comandata; regolazione di tipo aeronautico. Variazione della potenza utile del motore con la quota di volo. Motori "alleggeriti" e "surchargés". Problematiche relative alla sovralimentazione dei motori. Determinazione della potenza utile del motore sovralimentato mediante compressore mosso da turbina a gas di scarico ed a comando meccanico. Apparecchi di alimentazione per motori ad accensione comandata e carburatore elementare.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nel corso delle esercitazioni in aula vengono sviluppati esercizi numerici sulle prestazioni di macchine volumetriche trattate a lezione. Gli esercizi vengono forniti dal docente durante le lezioni precedenti la relativa esercitazione.

Ulteriori esercizi relativi ai test d'esame degli a.a. precedenti sono resi disponibili durante il semestre.

Nel corso dell'esercitazione in laboratorio viene effettuata la determinazione della caratteristica meccanica di un motore alternativo ad accensione comandata. È inoltre prevista una visita di raccolta dei motori aeronautici del Dipartimento di Energetica con una descrizione delle principali caratteristiche costruttive.

BIBLIOGRAFIA

- A. BECCARI, *Macchine*, CLUT, Torino, 1980.
- A. CAPETTI, *Motori Termici*, UTET, Torino, 1967.
- A. CAPETTI, *Compressori di Gas*, V. Giorgio, Torino, 1971.
- G. FERRARI, *Motori a combustione interna*, Ed. Il Capitello, Torino, 1992.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del secondo semestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo "Macchine volumetriche" consistente nello svolgimento di due esercizi numerici. Il superamento di questa prova di valutazione, unitamente alla precedente relativa ai contenuti del modulo "Turbomacchine" comporta l'esonero dalla prova scritta finale. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso.

Per accedere al colloquio orale è necessario aver sostenuto preventivamente una prova scritta consistente nello svolgimento di esercizi numerici, oppure aver superato entrambi gli esami relativi al modulo "Turbomacchine" ed al modulo "Macchine volumetriche".

B3170 **MATEMATICA APPLICATA**

Anno: 3 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 70 esercitazioni: 12 laboratori: 24
Crediti: 9
Docente: **Miriam PANDOLFI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone lo scopo di fornire alcuni metodi matematici idonei alla modellizzazione e all'analisi qualitativa e quantitativa di sistemi di interesse in campo aeronautico. I temi trattati si compendiano in una prima parte dedicata alle equazioni differenziali ordinarie, principalmente del secondo ordine, comprendendo i problemi ai valori al contorno ed agli autovalori, i sistemi di Sturm-Liouville e le tecniche di soluzione, e in una seconda parte, relativa alle equazioni alle derivate parziali, in cui sono trattati problemi connessi con la diffusione, le vibrazioni e il potenziale, in una e più' dimensioni spaziali.

MODULO A: EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore): lezioni: 30 esercitazioni: 6 laboratori: 12
Crediti: 4

REQUISITI

Si ritiene opportuno che lo studente abbia una buona conoscenza dei contenuti dei corsi di Analisi Matematica I e Meccanica Razionale, PET.

PROGRAMMA

- 1. Problemi ai valori al contorno.** Problemi ben posti. Formulazione operatoriale, esistenza e unicità delle soluzioni. Sistemi fondamentali di soluzioni, metodo di variazione dei parametri e di riduzione dell'ordine; formula di Abel, equazione di Eulero Cauchy; modello della conduzione stazionaria del calore.
- 2. Problemi agli autovalori.** Equazioni agli autovalori di Legendre, Bessel, Laguerre, Hermite. Applicazioni a problemi connessi con la determinazione di configurazioni di equilibrio ed a fenomeni stazionari. Equazioni unidimensionali di Poisson e di Helmholtz.
- 3. Teoria di Sturm Liouville.** Equazioni differenziali autoaggiunte. Operatori simmetrici, identità di Lagrange e formula di Green. Principali proprietà delle autofunzioni e degli autovalori di un operatore simmetrico. Sistemi di Sturm Liouville regolari, periodici e singolari.
- 4. Metodi di approssimazione delle soluzioni.** Impiego delle tecniche della Collocazione e di Galerkin per la soluzione approssimata di problemi sia ai valori al contorno sia agli autovalori, relativamente al calcolo di linee elastiche, carichi critici e velocità critiche.
- 5. Funzioni di Green.** Soluzione di problemi ai valori iniziali e al contorno con il metodo della funzione di Green.
- 6. Funzioni di Heaviside e delta di Dirac;** interpretazione fisica delle funzioni di Green.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono proposte agli studenti applicazioni relative a problemi ai valori al contorno, come la sezione variabile del pilastro caricato di punta, le deformate della corda elastica e della trave in diverse configurazioni di vincolo e di carico, e a problemi agli autovalori, come le velocità critiche e i

modi di deformazione della corda rotante, il carico di Eulero e altri. Per le esercitazioni al LAIB verranno forniti dal docente gli algoritmi necessari con i relativi programmi di calcolo, che gli studenti, suddivisi in gruppi di 2-5 unità, implementeranno di volta in volta, autonomamente. Tutti gli esercizi sviluppati in questa sede, descritti nel dettaglio sia per quanto riguarda la loro collocazione teorica sia per quanto attiene alla visualizzazione grafica e all'interpretazione dei risultati, verranno organizzati e raccolti in una tesina, redatta nel word processor prescelto, a nome di ogni componente del gruppo.

BIBLIOGRAFIA

L. C. ANDREWS, *Elementary partial differential equations with boundary value problems*, Academic Press 1986.

J. H. MATHEWS, *Numerical methods for computer science, engineering and mathematics*, Prentice-Hall Int. Ed., 1987.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile consegnare l'elaborato ed ottenere una valutazione con riferimento ai contenuti del modulo A, che solo in tal caso non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: EQUAZIONI DIFFERENZIALI ALLE DERIVATE PARZIALI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 40 esercitazioni: 6 laboratori: 12

Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A, buona conoscenza dei contenuti dei corsi di Analisi Matematica II.

PROGRAMMA

1. Introduzione alle equazioni alle derivate parziali. Classificazione delle equazioni del secondo ordine lineari; problemi ben posti. Equazioni a coefficienti costanti. Soluzione di D'Alambert dell'equazione delle onde unidimensionale; caratteristiche. Le equazioni della fisica matematica. Metodo della separazione delle variabili.

2. Rappresentazione di funzioni. Serie di Fourier, disuguaglianza di Bessel e teorema di Riemann, serie di Fourier generalizzate e loro impiego nei problemi ai valori al contorno. Trasformate e antitrasformate di Fourier, proprietà operatoriali e convoluzione, loro impiego nei problemi in domini illimitati.

3. Problemi ai valori iniziali e al contorno per l'equazione del calore. Modello unidimensionale: caratterizzazione delle soluzioni per differenti insiemi di condizioni al contorno, con e senza termine di sorgente, con assegnata distribuzione iniziale di temperatura. Modello bidimensionale (piastra piana isotropa).

4. Problemi ai valori iniziali e al contorno per l'equazione delle onde. Modello unidimensionale. Moti liberi e forzati della corda vibrante. Membrana vibrante fissa ai bordi, rettangolare e circolare.

5. Equazione del potenziale. Proprietà delle funzioni armoniche. Problemi di Dirichlet e di Neumann per un disco. Problemi del potenziale in un anello circolare.

6. Problemi in più dimensioni. Distribuzione stazionaria della temperatura nel cilindro e del potenziale nella sfera cava.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono proposti agli studenti le seguenti applicazioni. Studio grafico della convergenza di alcune serie di Fourier. Problema di trasmissione del calore per una barra ad estremi a temperatura costante: studio del transitorio e della soluzione di equilibrio per diversi materiali. Impiego del metodo delle quadrature differenziali per un'equazione del calore non lineare. Studio della risonanza per un cavo di sospensione fisso agli estremi e soggetto a raffica. Frequenze proprie della membrana elastica fissa ai bordi. Gli studenti, sempre a gruppi di 2-5, svolgeranno al LAIB tutti i calcoli e le visualizzazioni grafiche degli argomenti sopra menzionati, utilizzando i programmi che verranno forniti, al fine di redigere una tesina, con caratteristiche analoghe a quelle del lavoro sviluppato nel modulo A.

BIBLIOGRAFIA

I testi del modulo A.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso, unitamente alla discussione della tesina comprensiva degli argomenti relativi ai due moduli. Per coloro che hanno superato la prova relativa al modulo A, l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B3210 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Anno: 3 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 72 esercitazioni: 48
Crediti: 10
Docente: **Furio VATTA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Lo 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 particolare modo la dinamica applicata e la cinematica applicata. Il corso si rivolge agli studenti aeronautici e pertanto alcuni dei temi trattati sono finalizzati al curriculum degli studi dei suddetti studenti. Una parte non indifferente del corso è dedicata alla teoria della lubrificazione idrodinamica, argomento quest'ultimo che non trova, in generale, adeguato spazio nei programmi di insegnamento.

MODULO A: DINAMICA DELLE MACCHINE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 42 esercitazioni: 28
Crediti: 6

REQUISITI

È indispensabile la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Meccanica Razionale e Scienza delle Costruzioni.

PROGRAMMA

- Equazioni cardinali della dinamica. Applicazioni: equilibramento, fenomeni giroscopici, vibrazioni meccaniche a parametri concentrati.
- Equazione dell'energia. Applicazioni: camme, macchine a regime periodico.
- Principio dei lavori virtuali. Applicazioni: ammortizzatori, sistemi non conservativi, dinamica dei rotori.
- Dinamica dei sistemi continui elastici. Applicazioni: vibrazioni libere e forzate, coordinamento principale, criterio energetico approssimato (Principio di Rayleigh - Ritz), travi rotanti.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si effettuano in aula. Agli allievi vengono assegnati alcuni esercizi da svolgere. Tali esercizi sono successivamente affrontati e discussi dal docente. In aula è presente il docente titolare del corso ed un ricercatore.

BIBLIOGRAFIA

- R. Malvano, F. Vatta, *Dinamica delle macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1993.
C. Cancelli, F. Vatta, *Esercizi di meccanica applicata*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Non è previsto alcun accertamento intermedio.

MODULO B: TRASMISSIONE DEL MOTO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 20/

Crediti: 4

REQUISITI

È indispensabile la conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Meccanica Razionale.

PROGRAMMA

- Principi di tribologia. Tipi di attrito (radente e volvente): accoppiamenti prismatici, elicoidali e rotoidali. Reversibilità del moto.
- Legge dell'usura. Applicazioni a componenti meccanici ad attrito: freni e frizioni.
- Elementi di trasmissione del moto. Applicazioni: cinghie, funi, ingranaggi, rotismi ordinari ed epicicloidali, giunti.
- Lubrificazione idrostatica e idrodinamica. Applicazioni: coppie prismatiche piane e coppie rotoidali.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si effettuano in aula. Agli allievi vengono assegnati alcuni esercizi da svolgere; tali esercizi sono successivamente affrontati e discussi dal docente. In aula è presente il docente titolare del corso ed un ricercatore.

BIBLIOGRAFIA

R. Malvano, F. Vatta, *Fondamenti di lubrificazione*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale durante la quale lo studente deve risolvere alcuni esercizi, analoghi a quelli svolti in esercitazione, e deve esporre alcune delle trattazioni analitiche che sono state sviluppate dal docente.

B3300 MECCANICA DEL VOLO

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 10	laboratori: 10
Crediti: 9			
Docente:	da nominare (1998/99: Fulvia QUAGLIOTTI)		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso illustra le nozioni fondamentali relative alle prestazioni dei velivoli, considerando volo librato ed il volo del velivolo con motore a getto e con propulsione ad elica. Si studiano la manovra di decollo e di atterraggio, la virata e le principali manovre acrobatiche. Vengono analizzate la stabilità statica longitudinale e latero-direzionale ed i controlli. Vengono fornite le nozioni di base per lo studio della stabilità dinamica, con cenni sulle quali di volo e sulla risposta del velivolo ai controlli.

MODULO A: STUDIO DELLE PRESTAZIONI DI VELIVOLI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 40 esercitazioni: 10
Crediti: 5

REQUISITI

Aver acquisito le nozioni fondamentali di Fisica e Meccanica

PROGRAMMA

Definizione e descrizione del velivolo, Forze agenti, Definizione delle prestazioni (4 ore)

Definizione di aeromobile e velivolo, categorie di velivoli; elementi della configurazione velivolo; moti del velivolo e controlli; nozioni di base sulla strumentazione e sulla navigazione aerea; forze agenti sul velivolo; definizione dei parametri relativi alle prestazioni.

L'atmosfera e le condizioni meteorologiche. Quote, Velocità, Venti (4 ore)

Classificazione delle zone dell'atmosfera; l'atmosfera standard; stabilità dell'atmosfera. Definizione delle quote di volo e misura della quota; definizione delle velocità di volo e della velocità; venti.

Le forze aerodinamiche, Equazioni fondamentali, Misure sperimentali (4 ore)

Richiami sulle caratteristiche del flusso; aerodinamica del profilo, dell'ala e della configurazione completa del velivolo; superfici aerodinamiche di controllo, effetti delle interferenze aerodinamiche; metodi per la misura sperimentale delle forze aerodinamiche e delle caratteristiche del flusso
Equazioni del moto del velivolo (8 ore)

Equazioni cardinali della meccanica dei corpi rigidi; trasformazioni di coordinate: angoli di Eulero ed algoritmi di trasformazione; sistemi di riferimento fondamentali; equazioni del moto del velivolo ed ipotesi semplificative; equazioni scalari del moto nei sistemi di riferimento del corpo, stabilità e vento; specializzazione delle equazioni del moto allo studio delle prestazioni
Il volo librato (4 ore)

Equazioni del moto per il volo librato; angolo di rampa, velocità discensionale; autonomia e chilometrica; il volo a vela.

I sistemi propulsivi (4 ore)

Propulsione a getto: turbogetto, turboprop, turbofan; confronto tra i diversi tipi di propulsione ad elica: motore a pistoni e motore aspirato; eliche: calcolo della spinta e della coppia di reazione, parametri caratteristici, efficienza; tipi di elica, stati di funzionamento, rendimento

Il volo del turbogetto (6 ore)

Definizione del volo di crociera; equazioni del moto relative alla crociera; spinta necessaria e disponibile; l'autonomia oraria e chilometrica; ottimizzazione del volo di crociera: minima spinta, massime autonomie.

Il volo di salita; equazioni del moto di salita; parametri del volo di salita; salita rapida e salita ripida; ottimizzazione della fase di salita.

Il volo del velivolo con propulsione ad elica (6 ore)

Il volo livellato; equazioni del moto; potenza necessaria; autonomia oraria e chilometrica; effetti del vento; ottimizzazione del volo di crociera.

Il volo di salita; equazioni del moto di salita; parametri del volo di salita; salita ripida e salita rapida.

La virata (2 ore)

Il volo in virata; equazioni del moto relative alla virata; tipi di virata e parametri relativi.

Prestazioni in decollo e atterraggio (4 ore)

La manovra di decollo; la normativa; le velocità caratteristiche; analisi dei segmenti della fase di decollo (rullaggio, rotazione, sorvolo ostacolo); analisi della fase di atterraggio: calcolo di spazi e tempi; effetti del vento, della temperatura e della quota.

Il volo in manovra (2 ore)

Descrizione delle principali manovre acrobatiche; fattore di carico; inviluppo di volo nella manovra; diagramma di manovra; limitazioni relative al fattore umano; spinta necessaria.

Volo in condizioni avverse, meteorologia aeronautica (2 ore)

Volo in presenza di nebbia, turbolenza, nubi temporalesche, ghiaccio; correnti a getto in alta quota; *windshear*; collisione con uccelli in volo.

Simbologie, abbreviazioni, codici; previsioni meteorologiche generali e specifiche aeronautiche.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- 1) **Concetti introduttivi:** unità di misura di interesse aeronautico - atmosfera standard - misurazione della velocità.

Il volo librato: autonomia oraria e chilometrica - odografa del moto ed effetto del vento e del carico alare - effetto della variazione della densità dell'aria con la quota - utilizzo della zavorra.

- 2) **Turbojet (prestazioni istantanee):** spinta necessaria e spinta disponibile, quota di tangenza teorica e pratica ed inviluppo di volo - salita rapida e salita ripida - correzione di energia cinetica.

Turbojet (prestazioni integrali): salita ottima (metodi energetici) - analisi delle strategie di crociera - analisi approssimata del profilo di missione (diagramma range-payload).

- 3) **Turbojet (prestazioni in virata):** virata al massimo fattore di carico - virata alla massima velocità angolare - virata di raggio minimo - diagramma di manovra e margine di manovra - diagramma di raffica.

- 4) **Motoelica:** salita - crociera - virata - confronto delle prestazioni tra motoelica e turbojet.

- 5) **Decollo ed atterraggio:** analisi del decollo - decollo con motore in avaria, decollo abortito, velocità di decisione e lunghezza di pista bilanciata - analisi dell'atterraggio.

BIBLIOGRAFIA

- C. Casarosa, "Appunti del Corso di Meccanica del Volo", Università di Pisa, Centro Stampa.
- B. W. McCormick, "Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics", John Wiley & Sons, 1995.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Accertamento a fine semestre.

MODULO B: EQUILIBRIO E STABILITA' DEL VELIVOLO NEL VOLO ATMOSFERICO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore): lezioni: 30 laboratori: 10

Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A.

PROGRAMMA

La stabilità statica e il controllo (15 ore)

Equilibrio stazionario nel piano di simmetria; stabilità statica longitudinale; contributo di componenti del velivolo; margine statico; controllo longitudinale; sforzi di barra; posizione limite anteriore del baricentro.

Stabilità statica latero-direzionale; contributo dei componenti del velivolo; controllo direzionale; controllo in rollio.

Stabilità dinamica (15 ore)

Metodo delle piccole perturbazioni; linearizzazione delle equazioni del moto; derivate di stabilità; modi caratteristici longitudinali e latero-direzionali.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Equilibrio e stabilità statica longitudinale: determinazione del punto neutro – variazione della deflessione di equilibratore con la velocità – determinazione sperimentale della posizione punto neutro da prove di volo.

Equilibrio e stabilità statica laterale e direzionale: angoli di controllo con vento laterale – angoli di controllo in virata corretta – calcolo della velocità di minimo controllo (turbojet e motoelica).

Elementi di stabilità dinamica: modelli semplificati del modo fugoide (Lanchester e modo ridotto) – modelli semplificati dei modi di corto periodo, spirale, rollio e dutch-roll.

Dinamica del velivolo completo: esercitazione numerica.

BIBLIOGRAFIA

- C. Casarosa, "Appunti del Corso di Meccanica del Volo", Università di Pisa, Centro Stamp.
- B. W. McCormick, "Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics", John Wiley & Sons, 1979.
- B. Etkin, "Dynamics of Atmospheric Flight-Stability and Control", John Wiley & Sons, 1982.
- R. C. Nelson, "Flight Stability and Automatic Control", McGraw-Hill, 1989.

ESAME

L'esame è costituito da una prova scritta e da una prova orale da sostenersi alla fine del semestre. Nella prova scritta il candidato dovrà rispondere a domande relative agli argomenti delle lezioni e dovrà svolgere alcuni esercizi.

Sono ammessi alla prova orale gli studenti che hanno superato lo scritto con la votazione minima di 15/30.

B3310 MECCANICA DEL VOLO DELL'ELICOTTERO

Anno: 5

Periodo: 2

Docente:

Salvatore D'ANGELO

Programma non pervenuto

B3370 MECCANICA RAZIONALE

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 54 esercitazioni: 42 laboratori: 16
Crediti: 9
Docente: **Riccardo RIGANTI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Lo scopo del corso è l'acquisizione dei metodi matematici atti allo studio dell'equilibrio e del moto dei sistemi materiali. Nell'ambito della meccanica del corpo rigido, si espongono i principi fondamentali della meccanica newtoniana, lagrangiana e hamiltoniana, nonché i loro sviluppi analitici ed applicativi con particolare attenzione ai problemi che interessano l'Ingegneria. Il corso è diviso in due moduli al termine di ciascuno dei quali è possibile una separata valutazione.

MODULO A: MECCANICA DEL CORPO RIGIDO

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 32 esercitazioni: 27
Crediti: 5

REQUISITI

Buona conoscenza degli argomenti di Fisica I, Analisi I, Analisi II.

PROGRAMMA

Cinematica (12 ore): coordinate lagrangiane e gradi di libertà di sistemi olonomi. Vincoli di posizione e di rigidità. Atti di moto rigido. Centro delle velocità e proprietà dei moti rigidi piani. Moti relativi e composizione di moti rigidi. Polari e problemi di rotolamento. Profili coniugati e problemi di rotolamento con strisciamento. *Equazioni fondamentali della Statica e della Dinamica (14 ore):* forze e reazioni vincolari in assenza di attrito. Baricentri e momenti principali d'inerzia. Teoremi della quantità di moto e del momento angolare, e loro integrali primi. Equazioni cardinali della Statica. Dinamica relativa ed equilibrio relativo. Moto dei rotori ed effetti giroscopici. *Lavoro ed energia (6 ore):* lavoro elementare effettivo e virtuale. Equazione simbolica della Dinamica e principio dei lavori virtuali. Energia cinetica, teorema delle forze vive e integrale primo dell'energia.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono proposti agli studenti esercizi e problemi applicativi sui seguenti argomenti: cinematica del punto e dei sistemi rigidi (10 ore); problemi di Statica e applicazioni del principio dei lavori virtuali (6 ore); problemi di Dinamica con applicazioni sugli integrali primi del moto e calcolo di reazioni vincolari. (11 ore).

BIBLIOGRAFIA

- R. RIGANTI, *Fondamenti di Meccanica Classica*, Levrotto & Bella, Torino, 1999.
R. RIGANTI, *ESMEC.RAZ - Esercitazioni di Meccanica Razionale su Personal Computer*, CELID, Torino, 1997.
Per consultazione:
M. FABRIZIO, *Introduzione alla Meccanica Razionale e ai suoi Metodi Matematici*, Zanichelli, Bologna, 1994.
S. NOCILLA, *Meccanica Razionale*, Levrotto & Bella, Torino, 1981.
F. BAMPI, M. BENATI, A. MORRO, *Problemi di Meccanica Razionale*, ECIG, Genova, 1984.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole, lo studente è esonerato dal sostenere la prova scritta durante l'esame finale che avrà luogo alla fine del semestre, in uno dei primi due appelli accorpati della 2a sessione ordinaria. L'esonero decade se l'esame non è completato con un colloquio orale sostenuto in uno dei due appelli accorpati. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: MECCANICA ANALITICA

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 22 esercitazioni: 15 laboratori: 16
Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A; buona conoscenza della teoria sulle funzioni di più variabili, equazioni e sistemi diiferenziali.

PROGRAMMA

Meccanica lagrangiana e hamiltoniana (8 ore): equazioni di Lagrange, momenti cinetici variabili canoniche. Energia generalizzata ed equazioni di Hamilton. Rappresentazione di moto nello spazio delle fasi.

Stabilità e vibrazioni (8 ore): teoremi di stabilità lineare e non lineare. Criteri di Ljapunov per lo studio della stabilità di soluzioni di equilibrio. Linearizzazione delle equazioni di moto e frequenze proprie di vibrazione di sistemi conservativi.

Biforcazioni e caos (6 ore): biforcazioni di soluzioni di equilibrio stazionarie. Cicli limite biforcazioni di Hopf. Mappe di Poincaré e transizione al caos (cenni).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

Sono proposti agli studenti esercizi e problemi applicativi sui seguenti argomenti: deduzione delle equazioni del moto di sistemi con uno o più gradi di libertà e loro linearizzazione (9 ore); studio della stabilità di soluzioni di equilibrio stazionarie e diagrammi di biforcazione (6 ore).

Laboratori

Gli studenti, suddivisi in gruppi di lavoro, svolgeranno un ciclo di esercitazioni su personal computers del L.A.I.B., riguardanti l'analisi della stabilità e la ricerca delle soluzioni del moto di sistemi meccanici non lineari, da effettuare con l'impiego di software predisposto dal docente.

BIBLIOGRAFIA

I testi del Modulo A. Per ulteriore consultazione:

H. GOLDSTEIN, *Classical Mechanics*, 2nd Ed., Addison—Wesley, Reading, Mass., 1980.

G. BORGIOI, *Modelli Matematici di evoluzione ed Equazioni differenziali*, CELID, Torino, 1996.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da una prova scritta ed un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame, se sostenuto in uno dei due appelli accorpati all'inizio della 2a sessione ordinaria, consiste nel solo colloquio orale sui contenuti dei moduli A e B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà un colloquio orale (prova scritta e colloquio orale).

B3830 MOTORI PER AEROMOBILI

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 72	esercitazioni: 30	laboratori: 2
Crediti: 9			
Docente:	Giuseppe BUSSI		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso descrive i turbomotori (turboalberi e turboeliche) e i principali propulsori a getto (turboattori a semplice e a doppio flusso, autorettilori) di impiego aeronautico, e ne studia il funzionamento, per evidenziare da un lato l'incidenza dei principali parametri termofluidodinamici sulle prestazioni, in termini di potenza o spinta e consumi, dall'altro il comportamento della macchina al variare delle condizioni di impiego e in risposta ai comandi di regolazione.

MODULO A: FONDAMENTI DELLA PROPULSIONE ATMOSFERICA A REAZIONE

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 40	esercitazioni: 16
Crediti: 5		

REQUISITI

Nozioni di base di Termodinamica, di Fluidodinamica e di Macchine Termiche

PROGRAMMA

La spinta e il suo costo. Spinta standard, spinta interna, resistenza addizionale e suo recupero sulla carenatura. Rendimenti propulsivo e termopropulsivo. Impulsi e consumi specifici. (circa 8 ore). Studio dei cicli a gas per turbomacchine. Influenza delle principali variabili termodinamiche sul lavoro utile e sul rendimento; diverse pratiche termodinamiche di interesse nella propulsione aeronautica. (circa 12 ore). Problemi di termo-fluidodinamica di interesse propulsivo. Calcolo della temperatura di combustione adiabatica. Riflessi fluidodinamici del riscaldamento di correnti di gas, con particolare attenzione al caso subsonico. (circa 6 ore). Studio delle prestazioni dei turbomotori e dei propulsori, in sede di progetto. Confronto turboreattore semplice-turboreattore a by-pass, con flussi miscelati o a doppio flusso. Ottimizzazione della espansione nel caso della Turboelica e del Doppioflusso. (circa 10 ore). Modo di operare dei diversi componenti dei turbomotori e dei propulsori atmosferici e illustrazione delle loro mappe manometriche. (circa 4 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, di carattere numerico, sono finalizzate al calcolo delle prestazioni in condizioni di progetto.

BIBLIOGRAFIA

Appunti a cura del Docente.

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

Rolls-Royce, *The Jet Engine*, Rolls-Royce plc, Derby.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Non è prevista una valutazione separata del modulo.

MODULO B: COMPORTAMENTO IN REGOLAZIONE DEI TURBOMOTORI E DEI PROPULSORI ATMOSFERICI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 32 esercitazioni: 14 laboratori: 2

Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A - Nozioni di Aerodinamica Supersonica.

PROGRAMMA

Preparazione allo studio del comportamento fuori progetto delle turbomacchine: grandezze adimensionate o corrette; relazioni di congruenza e individuazione dei parametri di regolazione interna. (circa 4 ore). Comportamento in regolazione dei turbomotori e dei turboreattori. Influenza della organizzazione meccanica (disposizione monoalbero o bi(pluri)albero). Studi delle prestazioni dei turbomotori e dei turbopropulsori, in sede di esercizio (in regolazione). Metodi per l'aumento temporaneo delle prestazioni. Postcombustione. (circa 12 ore). Descrizione e analisi del comportamento delle prese d'aria (con particolare riguardo alle applicazioni in supersonico), dei combustori (per turbomacchine, postcombustori, per autoreattori degli ugelli propulsivi. (circa 12 ore). Problemi di accoppiamento presa d'aria-propulsore: caso del turboreattore e dell'autoreattore. Prestazioni dell'autoreattore in regolazione. (circa 4 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, di carattere numerico, sono finalizzate alla stima delle prestazioni in regolazione. È prevista l'esibizione in laboratorio del funzionamento di alcune macchine di tipo didattico.

BIBLIOGRAFIA

Appunti a cura del Docente

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

Rolls-Royce, The Jet Engine, Rolls-Royce plc, Derby.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale, vertente sugli argomenti trattati nelle lezioni e sulla discussione delle esercitazioni svolte, conclude il corso.

B3960 PRINCIPI DI AEROELASTICITÀ

Anno: 5 Periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 70 esercitazioni: 28 laboratori: 2
Crediti: 9
Docente: **Gianfranco CHIOCCHIA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire agli studenti i mezzi necessari a comprendere le basi fisiche dei principali fenomeni di interesse aeronautico nei quali l'interazione tra forze elastiche, aerodinamiche ed eventualmente inerziali è l'elemento caratterizzante. Di tali fenomeni esso insegna inoltre a intraprendere la modellizzazione matematica ai fini delle predizioni numeriche. Il corso è suddiviso in due moduli: il primo, fondamentale, descrive i fenomeni aeroelastici assumendo note le necessarie relazioni aerodinamiche sia nel caso stazionario (aeroelasticità statica) che instazionario (aeroelasticità dinamica e flutter in particolare). Il secondo, complementare, integra la formazione aerodinamica di base con una trattazione sistematica dei campi di moto non stazionario di fluido ideale intorno a corpi sottili, introduce alcuni approfondimenti ai contenuti del primo modulo e descrive alcuni fenomeni aeroelastici di interesse meno generale.

MODULO A: L'INTERAZIONE FLUIDO STRUTTURE ED I PRINCIPALI FENOMENI AEROELASTICI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 36 esercitazioni: 22 laboratori: 2
Crediti: 5

REQUISITI

Aerodinamica - Scienza delle Costruzioni - Meccanica Applicata - Costruzioni Aeronautiche.

PROGRAMMA

Definizione e classificazione dei fenomeni aeroelastici. Diagrammi funzionali ed operatori aeroelastici. Galloping e vibrazioni indotte da vortex-shedding (4 ore).

Richiami di elastomeccanica delle strutture aeronautiche, in particolare ali. Equazioni differenziali ed integrali per strutture unidimensionali a sbalzo soggette a carichi sia statici che dinamici. Cenni sui sistemi bidimensionali e spaziali (8 ore).

Principali metodi di soluzione delle equazioni dell'aeroelasticità: collocazione diretta, collocazione a mezzo funzioni di forma, metodi di Galerkin e di Rayleigh-Ritz (4 ore).

Problemi aeroelastici statici piani: divergenza e inversione d'effetto delle superfici di comando per una sezione alare e per il tronco di coda. Problemi spaziali: divergenza, distribuzione di portanza sulla struttura deformata e velocità d'inversione d'effetto dei comandi per ali ad allungamento finito sia diritte che a freccia. Divergenza flessionale in missili e fusoliere (18 ore).

Problemi aeroelastici dinamici, in particolare flutter: interpretazione energetica per una sezione alare. Metodo U-g. Effetto dei vari parametri strutturali sulla velocità critica di flutter. Calcolo del flutter in ali ad allungamento finito (12 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni comprendono il calcolo della velocità di divergenza per un modello in scala ridotta di struttura alare dal quale vengono dedotte (tramite misure dirette e calcoli) le proprietà strutturali ed aerodinamiche necessarie. Esse comprendono anche la visione ed il com-

mento di numerosi filmati di fenomeni aeroelastici e la verifica in galleria del vento del comportamento aeroelastico del modello.

BIBLIOGRAFIA

G. CHIOCCHIA, *Principi di Aeroelasticità*, Levrotto e Bella, Torino, 1990.

R.L. BISLINGHOFF, H.A. SHLEY, *Principles of Aeroelasticity*, Dover Publ., New York, 1962.

VALUTAZIONE E/O VALUTAZIONE E/O ESAME

Colloquio orale. In caso di successo i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di valutazione al termine del corso purché l'esame sul modulo B venga sostenuto entro l'ultimo appello dell'A.A. 1999/2000. Il colloquio separato sul modulo A è possibile soltanto al termine del primo emisemestre.

MODULO B: ELEMENTI DI AERODINAMICA NON STAZIONARIA ED APPROFONDIMENTI DI AEROELASTICITÀ

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 34 esercitazioni: 6

Crediti: 4

REQUISITI

Aerodinamica

PROGRAMMA

Equazioni generali del moto non stazionario di un fluido ideale. Linearizzazione nel caso di moto irrotazionale. Potenziale delle velocità e potenziale delle accelerazioni (6 ore).

Campi di moto incompressibili piani. Forze apparenti nei moti accelerati. Rilascio di vortici dietro un corpo accelerato entro un fluido. Moti indiciali e problema di Wagner: studio delle forze su una lamina piana con incidenza improvvisamente accelerata (6 ore).

Profili alari sottili in moto non stazionario. Caso del moto armonico: frequenza ridotta, soluzione con funzione di Theodorsen, importanza ai fini della stabilità aeroelastica del segno della parte immaginaria dell'ampiezza complessa delle forze aerodinamiche (6 ore).

Campi di moto incompressibili tridimensionali: ali sottili e corpi allungati vibranti in corrente uniforme (2 ore).

Campi di moto compressibili linearizzati subsonici e supersonici: soluzioni fondamentali all'equazione convettiva delle onde e loro composizione in campi complessi intorno a profili ed ali (6 ore).

Approfondimenti di aeroelasticità: trattazione analitica di problemi sia statici che dinamici, comportamento generale delle soluzioni.

Flutter dei pannelli. Flutter di stallo, buffeting transonico sulle ali e buffeting dei piani di coda. Cenni sul buzz e sul whirl-flutter dei rotori a sbalzo (10 ore).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni di questo modulo sono in quantità ridotta e prevedono la visione di filmati di fenomeni aerodinamici non stazionari, nonché qualche semplice calcolo mirato alla stima di ordini di grandezza caratteristici.

BIBLIOGRAFIA

G. CHIOCCHIA, *Lezioni di Aerodinamica Instazionaria*, dispense da fotocopiare distribuite dal docente.

G. CHIOCCHIA, *Principi di Aeroelasticità*, Levrotto e Bella, Torino, 1990.

ESAME

Colloquio orale. Per coloro che hanno superato la valutazione sul modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale verterà su tutto il corso. L'esame sarà complessivo anche per coloro che, pur avendo sostenuto e superato il colloquio sul modulo A alla fine del primo semestre, avranno lasciato trascorrere tutti gli appelli dell'A.A. 1999/2000 senza superare l'esame sul modulo B.

MODULO A

SEMESTRE PRIMO

Modulo (ore) Crediti

REQUISITI

PROGRAMMA

1. IL PROBLEMA DEL PROGETTO (10)
- 1.1. Natura problistica degli aspetti centrali del progetto
- 1.2. Scarsa affidabilità e alto costo degli studi preliminari del progetto
- 1.3. Evoluzione del pensiero negli aspetti salienti del progetto
- 1.4. Scarsa durata e affidabilità delle strutture sviluppate
- 1.5. Strategie per la sicurezza
- 1.6. Progetto e sua implementazione
- 1.7. Dati sul componente
- 1.8. Valutazione complessiva della probabilità
- 1.9. Logica decisionale per la sicurezza e altri aspetti
- 1.10. Metodologie avanzate per l'analisi del rischio
2. PROGETTO FONDATO SULLA ANALISI DEL RISCHIO (10)
- 2.1. Il progetto come processo decisionale ordinato
- 2.2. Decisione sequenziale

B4280 PROGETTO DI AEROMOBILI

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 30
Crediti: 9		
Docente:	Ettore ANTONA	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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, aeromeccanici e meccanici, esaminate anche nel loro divenire nel progresso tecnico. Si forniscono nozioni fondamentali sui fenomeni fisici strutturali o connessi con la realizzazione degli aeromobili, sui fondamenti scientifici dei metodi impiegati nelle varie fasi del progetto. Si analizzano i concetti ispiratori delle norme e dei regolamenti nel contesto della evoluzione del pensiero sul progetto degli aeromobili.

Il corso, per sua natura, introduce una visione organica di un'attività che, nell'industria, nei laboratori e negli enti di ricerca e di controllo, occupa migliaia di specialisti. I concetti che sono alla base di tutte queste attività fanno parte della *forma mentis* che è lo scopo della amteria.

V'è, tra le fasi del progetto, l'avanprogetto, che nella pratica è condotto da un numero ristretto di persone: esso si basa su nozioni ed informazioni molto specializzate e viene assunto come "esercitazione annuale". Nel corpo delle esercitazioni sono poi inserite applicazioni di "calcolo strutturale".

MODULO A

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 38	esercitazioni: 18
Crediti: 5		

REQUISITI

Nozioni propedeutiche di Analisi matematica, Meccanica razionale ed applicata, Scienza delle costruzioni, Costruzioni aeronautiche, Aerodinamica, Gasdinamica, Meccanica del volo, Tecnologia delle costruzioni aeronautiche.

PROGRAMMA

1. L PROBLEMA DEL PROGETTO (8h)

- 1.1 Natura probabilistica degli aspetti centrali del progetto.
- 1.2 Sicurezza, affidabilità e altri concetti collegati.
- 1.3 Evoluzione del pensiero sugli aspetti sistemistici del progetto.
- 1.4 Sicurezza, durata e affidabilità delle strutture aerospaziali.
- 1.5 Strategie per la sicurezza.
- 1.6 Progetto e sua pianificazione.
- 1.7 Dati sui componenti.
- 1.8 Valutazione complessiva delle probabilità.
- 1.9 Logiche decisionali per la sicurezza e altri requisiti.
- 1.10 Metodologie automatiche per i sistemi.

2. PROGETTO FONDATA SULLA ANALISI DEL RISCHIO (facoltativo)

- 2.1 Il progetto come processo decisionale ordinato.
- 2.2 Decisione e rischio.

- 2.3 Modelli funzionali e probabilità associate.
- 2.4 L'albero delle decisioni.
- 3. **SIMULAZIONE E SIMILITUDINE FISICA NEL PROGETTO AEROSPAZIALE (2h)**
 - 3.1 Analogie e simulazione.
 - 3.2 Similitudine fisica.
 - 3.3 Similitudine strutturale.
 - 3.4 Similitudine dinamica.
 - 3.5 Applicazioni.
 - 3.6 Modelli per prove di sgancio in volo.
- 4. **CONDIZIONAMENTI AMBIENTALI (6h)**
 - 4.1 Considerazioni generali sui materiali.
 - 4.2 Comportamento a fatica.
 - 4.3 Elementi di meccanica della frattura.
 - 4.4 Materiali per alte temperature.
 - 4.5 Effetti della corrosione e del "fretting".
- 5. **NOZIONI DI CALCOLO DELLE PROBABILITA' E TEORIA STATISTICA (6h)**
 - 5.1 Introduzione.
 - 5.2 Definizioni di probabilità.
 - 5.3 Assiomatizzazione della teoria.
 - 5.4 Cambiamenti di variabile aleatoria.
 - 5.5 Funzioni generatrici dei momenti.
 - 5.6 Funzioni caratteristiche.
 - 5.7 Principali Distribuzioni di probabilità.
- 6. **FONDAMENTI DELLA RISPOSTA DINAMICA DEI SISTEMI (6h)**
 - 6.1 Serie di Fourier e sua generalizzazione.
 - 6.2 Elementi di teoria delle funzioni analitiche.
 - 6.3 Trasformata di Laplace.
 - 6.4 Variabili "random" nel dominio delle frequenze.
 - 6.5 Autocorrelazione.
 - 6.6 Processi casuali gaussiani stazionari.
 - 6.7 Risposta dinamica.
 - 6.8 Teoria dell'informazione e meccanica statistica.
- 7. **STABILITA' DEI SISTEMI (4h)**
 - 7.1 Introduzione.
 - 7.2 Stabilità secondo Liapunoff.
 - 7.3 Critica delle analisi di stabilità e dei concetti collegati.
 - 7.4 Analisi della stabilità dei sistemi lineari.
 - 7.5 Stabilità dei sistemi conservativi.
- 8. **PROBLEMI DI STABILITA' DELLE STRUTTURE (4h)**
 - 8.1 Considerazioni generali.
 - 8.2 Problemi nei quali si richiede una analisi dinamica.
 - 8.3 Termini non lineari.
 - 8.4 Stabilità dei sistemi conservativi.
 - 8.5 Cedimento delle strutture.
- 9. **IL PROBLEMA DEL PROGETTO IN AERONAUTICA (2h)**
 - 9.1 Progetto come ottimizzazione.
 - 9.2 Indici di bontà - Indici di carico.
 - 9.3 Fasi del progetto.
 - 9.4 Previsione di massima del peso. Fattori di ingrandimento.
 - 9.5 Strumenti e metodi.
 - 9.6 Le prove nelle varie fasi del progetto.
 - 9.7 L'ambiente.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni sulla normativa (6h)

- Esame della Normativa vigente.

Esercitazioni strutturali (6h)

- Problemi di stabilità

Esercitazioni di avamprogetto (6h)

- Articolazione e fasi del progetto aeronautico.
- Previsione del peso massimo al decollo e del peso a vuoto.
- Progetto preliminare della configurazione.
- Integrazione del sistema propulsivo.
- Requisiti di distanza di decollo e di atterraggio.
- Requisito di velocità massima o di crociera.
- Requisiti di salita.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Dispense indicate ed appunti forniti dal docente

Testi per approfondimenti:

B. Etkin, *Dynamics of Flight*, Wiley, London.

Abbott, von Doenhoff, *Theory of Wing Sections*, Dover, NY 1959.

D. Kuchemann, *The Aerodynamic Design of Aircrafts*, Pergamon, 1978.

J. Roskam, *Airplane Design, Vol. I-VIII*, Univ. Kansas, Lawrence.

D. Broek, *The Practical Use of Fracture Mechanics*, Kluwer, Boston, 1988.

F.M. Hoblit, *Gust Loads on Aircrafts: Concepts and Applications*, AIAA, Washington, 1988.

R. Rivello, *Theory and Analysis of Flight Structures*, McGraw-Hill, NY, 1969.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Esame complessivo al termine del modulo B

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 32 esercitazioni: 12

Crediti: 4

REQUISITI

Stessi del Modulo A

PROGRAMMA

1. *Introduzione alle finalità del modulo.*
2. **GLI AEROMOBILI (4h)**
 - 2.1 Collocazione fra gli altri veicoli.
 - 2.2 Principi di funzionamento e di azionamento.
 - 2.3 Classificazione.
 - 2.4 Teoria impulsiva.
 - 2.5 Elementi descrittivi.
3. **SICUREZZA, AFFIDABILITA', MANUTENIBILITA' DEGLI AEROMOBILI 4h)**
 - 3.1 Introduzione.
 - 3.2 Sicurezza in caso di formazione di ghiaccio

- 3.3 Sicurezza nel wind-shear.
- 3.4 Turbolenza atmosferica e carichi di raffica.
- 4 **PROGETTO AERODINAMICO (2h) (facoltativo)**
- 4.1 Campi e modelli matematici.
- 4.2 Sostentazione aerodinamica dei profili alari.
- 4.3 Caratteristiche aerodinamiche dei profili alari.
- 4.4 Aerodinamica delle superfici portanti.
- 4.5 Effetti della comprimibilità.
- 4.6 Strato limite.
- 4.7 Aerodinamica interna.
- 4.8 Moderne tendenze del progetto aerodinamico.
- 5 **PRESTAZIONI, CONTROLLABILITA', MANOVABILITA' E STABILITA' (facoltativo)**
- 5.1 Definizioni e discussione dei requisiti.
- 5.2 Sistemi di riferimento.
- 5.3 Lunghezze, superfici, e volumi di riferimento.
- 5.4 Prestazioni.
- 5.5 Caratteristiche di volo.
- 6 **PROGETTO STRUTTURALE (4h)**
- 6.1 Evoluzione della morfologia delle strutture
- 6.2 Tipologia dei componenti strutturali.
- 6.3 Funzioni della struttura.
- 6.4 Funzioni dei componenti strutturali.
- 6.5 Sintesi del progetto strutturale.
- 6.6 Corretta introduzione delle forze.
- 6.7 Fenomeni di concentrazione delle sollecitazioni e delle tensioni.
- 6.8 Effetti delle interazioni sforzi -forma geometrica.
- 7 **DETERMINAZIONE DEI CARICHI (8h)**
- 7.1 La turbolenza atmosferica e i carichi di raffica.
- 7.1.1 Cenni sulla storia dello studio della turbolenza
- 7.1.2 La raffica discreta.
- 7.1.3 La raffica continua.
- 7.1.4 Criterio di analisi della missione.
- 7.1.5 Criterio dell'inviluppo.
- 7.1.6 Criterio combinato.
- 7.1.7 Confronto fra i due metodi.
- 7.1.8 Combinazione dei carichi e condizioni di progetto.
- 7.2 Altri tipi di carico introdotti nello spettro.
- 7.2.1 Carichi dovuti a cicli G.A.G.
- 7.2.2 Carichi da manovra.
- 7.3 Spettri di carico e storia delle tensioni.
- 7.3.1 Introduzione.
- 7.3.2 Cenni sulle tecniche e i problemi di campionamento
- 7.3.3 Ottenimento degli spettri di carico
- 7.3.4 Generazione dello spettro a blocchi
- 7.3.5 Spettri di carico standard per le prove di laboratorio.
- 8 **ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI (facoltativo)**
- 8.1 Teorie elementari.
- 8.2 Stati correttivi.
- 8.3 Metodi di analisi delle strutture.
- 9 **DETERMINAZIONE DEGLI AMMISSIBILI (4h)**
- 9.1 Considerazioni generali.

- 9.2 Accrescimento delle cricche.
- 9.3 Sollecitazioni ammissibili senza cricche.
- 9.4 Sollecitazioni ammissibili per resistenza residua.
- 9.5 Sollecitazioni ammissibili per instabilità strutturale.
- 10. PROBLEMI AEROELASTICI (4h)**
- 10.1 Considerazioni generali.
- 10.2 Divergenza.
- 10.3 Inversione dei comandi.
- 10.4 Flutter.
- 10.5 Prove in similitudine in aeroelasticità.
- 10.6 Sicurezza nei problemi aeroelastici.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo strutturale (12h)

- Esempi d'uso del "principio dei lavori virtuali".
- Calcolo di elementi strutturali semplici attraverso teorie elementari: modelli trave e ipotesi del guscio rinforzato.
- Stati di sollecitazione e di deformazione di strutture alari nelle ipotesi del semiguscio.
- Svergolamento di cassoni alari.
- Pannellature in presenza di aperture.
- Uso di stati correttivi.- Problemi di stabilità.

BIBLIOGRAFIA

La stessa del Modulo A.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale.

MODULO B

SEMESTRE SECONDO

Primo anno

Corso 4

REQUISITI

Secondo anno

PROGRAMMA

1. Introduzione alla teoria del volo.
2. **CAI AEROMOBILE**
- 2.1 Collocazione in volo.
- 2.2 Principi di funzionamento e di controllo.
- 2.3 Classificazione.
- 2.4 Teoria operativa.
- 2.5 Sicurezza operativa.
3. **SECUREZZA AFFIDABILITÀ MANUTENIBILITÀ**
- 3.1 Affidabilità.
- 3.2 Sicurezza.
- 3.3 Manutenibilità.
- 3.4 Considerazioni generali.

B4190 PROGETTAZIONE DI STRUTTURE AEROSPAZIALI

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 20	laboratori: 20
Crediti: 9			
Docente:	da nominare (1998/99: Erasmo CARRERA)		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è diviso in due moduli: il modulo A denominato 'Fondamenti e calcolo delle strutture piastra e guscio' ed il modulo B denominato 'Problemi non lineari ed applicazioni FEM'. Nel primo modulo si intende fornire agli allievi aerospaziali del V anno i concetti di base e le applicazioni sul calcolo delle strutture a parete sottile piane e curve. Teorie classiche e non-classiche sono applicate a problemi statici di stabilità e di risposta dinamica. Sono in particolare trattati i casi di strutture soggette all'azione combinata di carichi termici e meccanici. Nel secondo modulo, dopo aver discusso della fenomenologia dei problemi non lineari nelle strutture aerospaziali, viene approfondito il caso di problemi con non linearità geometriche e relative applicazioni agli elementi finiti. Le lezioni sono accompagnate da esercitazioni in aula e da altre svolte al laboratorio informatico del DIASP.

Al termine di ciascuno dei due moduli è possibile una valutazione separata sugli argomenti delle lezioni e delle esercitazioni.

MODULO A: FONDAMENTI E CALCOLO DELLE STRUTTURE PIASTRA E GUSCIO

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 40	esercitazioni: 14	laboratori: 10
Crediti: 5			

REQUISITI

Aver seguito i corsi 'Costruzioni aeronautiche' e 'Progetto di aeromobili'.

PROGRAMMA

Richiami sulle equazioni generali del continuo tridimensionale. Equazioni di equilibrio e di compatibilità.

Uso di Equazioni Variazionali. Forma 'debole' e forma 'forte'. Forma agli spostamenti, forma alle forze e forma mista. Funzioni di tensione. Uso dei Moltiplicatori di Lagrange per la scrittura in forma debole di equazioni di vincolo.

Riduzione delle incognite nel problema 3D. Generalità sui metodi assiomatici ed asintotici.

Introduzione all'analisi delle piastre, caso monostrato e multistrato. Definizioni e geometria. Teoria di Kirchhoff, di Reissner-Mindlin e di Vlasov. Modelli di spostamento ed equazioni costitutive. Teorie miste per multistrato. Uso del Principio dei lavori virtuali per la determinazione delle equazioni di equilibrio statico e dinamico in termini di risultanti di sforzo e di spostamenti per piastre sottili alla Kirchhoff. Calcolo di carichi critici.

Introduzione all'analisi dei gusci, caso monostrato e multistrato definizioni e richiami sulla geometria differenziale della superficie in coordinate rettangolari e curvilinee. Teoria di Kirchhoff—Love di prima e seconda approssimazione. Modelli di spostamento ed equazioni costitutive. Metodi misti per multistrato. Effetto dei termini di curvatura: la semplificazione di Donnell. Uso del Principio dei lavori virtuali per la determinazione delle equazioni di equilibrio statico e dinamico in termini di risultanti di sforzo e di spostamenti per gusci sottili.

Cenni al metodo asinotico di Cicala per l'analisi sistematica di piastre e gusci.
Problemi termici nelle strutture piastra e guscio. Evoluzione delle strutture termiche.
Riscaldamento aerodinamico e carichi termici nelle strutture. Il caso delle strutture orbitanti.
Buckling termico.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi sull'applicazione dei metodi variazionali. Determinazione delle funzioni di Maxwell e di Morera a partire dalle condizioni di compatibilità delle deformazioni e viceversa.

Equazioni costitutive per piastre monostrato e multistrato. Calcolo delle rigidezze membranali, flessionali e di accoppiamento flesso-membranale.

Flessione cilindrica di piastre sottili. Risposta statica, calcolo dei carichi critici e delle frequenze di vibrazione libera. Analisi dei modi propri e dei modi di buckling. Risposta dinamica ad una forzate armonica.

Flessione di piastre sottili monostrato e multistrato. Risposta statica, calcolo dei carichi critici e delle frequenze di vibrazione libera. Analisi dei modi propri e dei modi di buckling.

Analisi di gusci sottili, isotropi multistrato. Risposta statica, calcolo dei carichi critici e delle frequenze di vibrazione libera. Analisi dei modi propri e dei modi di buckling.

BIBLIOGRAFIA

Appunti forniti dal docente.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile una valutazione orale sui contenuti delle lezioni delle esercitazioni modulo A.

MODULO B: PROBLEMI NON LINEARI ED APPLICAZIONI FEM

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 6 laboratori: 10
Crediti: 4

REQUISITI

Aver seguito il modulo A.

PROGRAMMA

Classificazione di problemi non lineari e tecniche di risoluzione. Generalità sulle possibili non linearità. Problemi con non linearità geometriche. Problemi con non linearità fisiche. Problemi con condizioni al contorno sconosciute. Cenni a problemi con dinamica non lineare.

Richiami sul metodo degli elementi finiti ed uso del PLV per la scrittura delle equazioni non lineari FEM.

Risoluzione approssimata di sistemi di equazioni algebriche non lineari.

Tipiche applicazioni non lineari FEM: tipico algoritmo per problemi di plasticità; tipico algoritmo per problemi di stabilità; tipico algoritmo per problemi di contatto; un caso tipico coinvolgente plasticità instabilità e contatto. Formulazione di elementi piastra multistrato in campo non lineare sulla base della teoria di Reissner-Mindlin con non linearità alla von Karman.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Risoluzione di un semplice problema col metodo degli elementi finiti.

Esempi esplicativi della necessità della applicazione di metodi di approssimazione in forma integrale nella risoluzione di problemi delle strutture.

Uso di un codice FEM per l'analisi di strutture piane e curve in presenza di non linearità geometriche. Calcolo di carichi critici di piastre multistrato per diverse condizioni al contorno e di carichi nel piano.

Calcolo degli equilibri in campo postcritico di strutture monostrato e multistrato.

Analisi di problemi semplici in presenza di snap-buckling.

Confronto fra diversi metodi path-following di tipo arc-length.

BIBLIOGRAFIA

Appunti forniti dal docente.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno sostenuto la prova relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B4260 PROGETTO DEI SISTEMI AEROSPAZIALI

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 72	esercitazioni: 28
Crediti: 9		
Docente:	<i>da nominare (1998/99: Ettore ANTONA)</i>	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende specializzare alle realizzazioni in campo spaziale i concetti relativi al progetto. Quale indicazione di massima il corso riguarda dai veicoli transatmosferici (che pure hanno ampie problematiche comuni agli aeromobili) alle missioni spaziali di vario genere, nell'ambito del sistema solare.

Le esercitazioni saranno in parte dedicate a presentare esempi applicativi a livello industriale di problemi discussi nelle lezioni ed in parte a: 1) approfondire particolarità applicative dei materiali di analisi di sicurezza, affidabilità e manutenibilità e 2) presentare e discutere dati sull'ambiente spaziale.

MODULO A

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 46	esercitazioni: 6
Crediti: 5		

PROGRAMMA

Introduzione al corso (lezioni 4h) (i)

Sistemi spaziali. Approccio sistemistico.

Ambiente spaziale (esercitazioni 2h) (a)

L'ambiente dovuto al lanciatore. Lo spazio come ambiente. Effetti sui materiali. Impatto con meteoriti. Impatto con detriti spaziali.

Meccanica celeste (lezioni 18h) (ii)

Concetti generali. Problema dei tre corpi. Traiettorie e orbite. Aiuti gravitazionali. Problema dei due corpi perturbati. Potenziale gravitazionale della terra. Resistenza aerodinamica. Campi gravitazionali addizionali. Orbite interplanetarie.

Analisi di missione (lezioni 8h, esercitazioni 2h) (iii)

L'analisi di missione come strumento di progetto. Stabilizzazione di orbite geostazionari. Stabilizzazione di orbite basse. Eclissi dei satelliti.

Veicoli di lancio (lezioni 8h) (iv)

Meccanica di lancio. Requisiti di missione. Fasi del lancio e pianificazione della missione.

Controllo d'assetto (lezioni 8h, esercitazioni 2h) (v)

Sistemi di controllo d'assetto. Dinamica dell'assetto del veicolo. Determinazione dell'assetto e accessori. Logiche di controllo. Fabbisogni per il controllo.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento: dispense indicate ed appunti forniti dal docente

Testi per approfondimento: V.M.Blanco, S.W.McCuskey, *Basic Physics of the Solar System*, Addison Wesley, Reading (Mass.), 1961

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del Modulo B.

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 26 esercitazioni: 22
Crediti: 4

PROGRAMMA

Sistemi di propulsione (lezioni 2h, esercitazioni 2h) (vi)

Considerazioni generali. Vele solari.

Progetto strutturale (lezioni 14h, esercitazioni 14h) (vii)

Dinamica del sistema strutturale. Carichi sulle strutture. Criteri di progetto strutturale.

Rientro in atmosfera (lezioni 10h) (viii)

Meccanica del rientro in atmosfera. Rientro balistico. Rientro planato. Rientri alternativi.

Sistemi di protezione termica. Corridoio di rientro.

Meccanismi spaziali (lezioni 6h) (ix)

Considerazioni generali. Satellite a filo. Dinamica del satellite. Manovre.

Controllo termico (lezioni 4h, esercitazioni 2h) (x)

Proprietà dei materiali. Trasmissione del calore. Bilancio termico. Sistemi di controllo termico.

Progetto del controllo termico.

Sicurezza, affidabilità, manutenibilità (esercitazioni 4h) (b)

Dati sui componenti. Valutazioni delle probabilità dei sistemi.

BIBLIOGRAFIA

La stessa del Modulo A.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale.

Le esercitazioni in laboratorio saranno svolte presso il LAIB (Laboratorio Informatico di Base). Gli allievi utilizzeranno programmi forniti dal docente per visualizzare orbite, tracce di satelliti sulla superficie terrestre e traiettorie per missioni lunari.

BIBLIOGRAFIA

- R. B. Bate et al., *Fundamentals of Astrodynamics*, Dover, 1971.
F. J. Hale, *Introduction to Space Flight*, Prentice-Hall, 1994.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emisemestre è possibile una valutazione orale sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: SISTEMI DI LANCIO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 14 esercitazioni: 6
Crediti: 2

REQUISITI

Modulo A.

PROGRAMMA

1. Prestazioni di razzi e veicoli spaziali; definizione di spinta e resistenza. Equazione del moto di un razzo; variabili di stato e di controllo; vincoli sulla traiettoria. Equazione di Tsiolkovsky; perdite gravitazionali, per disallineamento della spinta e per resistenza atmosferica. Prestazioni del razzo monostadio; razzo polistadio. Traiettoria di un razzo per l'iniezione in orbita con propulsione continua e con fase balistica intermedia. (8 ore)
2. Prestazioni degli endoreattori chimici a propellenti solidi, liquidi e ibridi. Sistemi con tre propellenti liquidi o due propellenti e dosatura variabile. (6 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nella valutazione numerica delle prestazioni di un sistema di lancio.

BIBLIOGRAFIA

- F. J. Hale, *Introduction to Space Flight*, Prentice-Hall, 1994.
G. P. Sutton, *Rocket Propulsion Elements*, 6th ed., Wiley, 1992.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Comune al modulo C

MODULO C: SISTEMI AVANZATI DI PROPULSIONE

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 16 esercitazioni: 4
Crediti: 2

REQUISITI

Nozioni di base di Termodinamica e Motori per Aeromobili.

PROGRAMMA

1. Sistemi propulsivi con generazione di potenza elettrica: impulso specifico ottimale. Propulsori elettrotermici, elettrostatici ed elettromagnetici. Cenni sulla propulsione nucleare (6 ore)
2. Propulsori avanzati per il volo ipersonico transatmosferico. Caratteristiche dell'atmosfera di volo. Carico utile per il volo ipersonico di crociera e per l'inserzione in orbita mediante velivolo transatmosferico. Autoreattore; motore a combustione supersonica. Propulsori multiciclo. Integrazione del propulsore nel velivolo: presa; ugello. (10 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nella valutazione numerica delle prestazioni di propulsori elettrici e nella determinazione del profilo di un ugello per velivolo transatmosferico.

BIBLIOGRAFIA

- G. P. Sutton, Rocket Propulsion Elements, 6th ed., Wiley, 1992.
W. H. Heiser, D. T. Pratt, Hypersonic Airbreathing Propulsion, AIAA, 1994.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti dei moduli B e C, ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei vari moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B6110 PROPULSORI ASTRONAUTICI

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 74	esercitazioni: 20
Crediti: 9		
Docente:	<i>da nominare (1998/99: Lorenzo CASALINO)</i>	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso illustra i principi della propulsione aerospaziale per impieghi avanzati, con particolare riferimento alla propulsione elettrica.

Vengono presentati i principali metodi per la generazione di spinta nello spazio mediante l'accelerazione elettrotermica, elettrostatica o elettromagnetica di un propellente e descritti i più importanti propulsori elettrici attualmente realizzati o in via di sviluppo.

MODULO A: FONDAMENTI DI PROPULSIONE ELETTRICA

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 24	esercitazioni: 10
Crediti: 3		

REQUISITI

Conoscenze di base nel campo della fisica e della propulsione aerospaziale.

PROGRAMMA

Propulsione aerospaziale: spinta, impulso specifico, equazione del razzo, limiti all'impiego di propulsori chimici, impulso specifico ottimale di propulsori elettrici. Classificazione dei propulsori elettrici. Vele solari. Generatori di potenza. Richiami di elettromagnetismo: campi elettrici statici, corrente elettrica, campi magnetici, campi elettromagnetici dipendenti dal tempo, equazioni di Maxwell. Processi di ionizzazione di gas: gas monoatomici, equazione di Саха, gas biatomici, miscele di gas. Conducibilità elettrica: collisioni tra particelle atomiche, conducibilità in presenza ed assenza di urti, parametro di Hall.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Studio di missioni LEO-GEO e interplanetarie con propulsione elettrica.

Esercitazioni di carattere numerico per la scelta del sistema propulsivo per diverse classi di missioni spaziali.

BIBLIOGRAFIA

G.P. Sutton, "Rocket Propulsion Elements", VI ed., John Wiley & Sons Inc., New York, 1992.

R.G. Jahn, "Physics of Electric Propulsion", McGraw-Hill, New York, 1968.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Modalità di esame comuni per tutti i moduli (vedi modulo D).

MODULO B: PROPULSORI ELETTROTHERMICI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 14	esercitazioni: 4
Crediti: 2		

REQUISITI

Modulo A - Fisica di base.

PROGRAMMA

Accelerazione elettrotermica dei gas: entalpia di un gas ad alta temperatura, perdite per fusione e congelamento. Particolarità costruttive di resistogetti. Scarica elettrica in mezzo gassoso: arco elettrico, fenomeni di instabilità e metodi di stabilizzazione, modelli di trasmissione del calore. Propellenti e particolarità costruttive di arcogetti.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di carattere numerico per il calcolo di prestazioni di propulsori elettrotermici.

BIBLIOGRAFIA

Materiale fornito dal docente

R.G. Jahn, "Physics of Electric Propulsion", McGraw-Hill, New York, 1968.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Modalità di esame comuni per tutti i moduli (vedi modulo D).

MODULO C: PROPULSORI ELETTROSTATICI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 10 esercitazioni: 2
Crediti: 1

REQUISITI

Modulo A - Fisica di base.

PROGRAMMA

Accelerazione elettrostatica: legge di Child. Produzione di ioni per contatto e bombardamento elettronico. Accelerazione di ioni. Griglie acceleratrici. Neutralizzazione del fascio di ioni. Prestazioni e particolarità costruttive di propulsori a ioni. Propulsori FECP.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di carattere numerico per il calcolo di prestazioni di propulsori a ioni.

BIBLIOGRAFIA

Materiale fornito dal docente

R.G. Jahn, "Physics of Electric Propulsion", McGraw-Hill, New York, 1968.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Modalità di esame comuni per tutti i moduli (vedi modulo D).

MODULO D PROPULSORI ELETTROMAGNETICI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 26 esercitazioni: 4
Crediti: 3

REQUISITI

Modulo A - Fisica di base

PROGRAMMA

Equazioni della magnetogasdinamica stazionara: flusso unidimensionale e fenomeni di choking, limitazioni pratiche ed effetti della geometria dei campi EM. Flussi a bassa densità e conducibilità tensoriale: propulsori a effetto Hall. Campi magnetici autoindotti. Ionizzazione. Propulsori magnetoplasmadinamici: modello magnetogasdinamico e altri modelli descrittivi, caratteristiche costruttive. Propulsori non stazionari a funzionamento pulsante: descrizione, caratteristica elettrica, modelli di accelerazione, efficienza. Prestazioni e descrizione di propulsori PPT (Pulsed Plasma Thrusters).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni di carattere numerico per il calcolo di prestazioni di propulsori elettromagnetici.

BIBLIOGRAFIA

Materiale fornito dal docente

R.G. Jahn, "Physics of Electric Propulsion", McGraw-Hill, New York, 1968.

ESAME

Modalità di esame comuni per tutti i moduli:

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. L'esame verterà sui contenuti dei seguiti dall'allievo; una relazione sulle esercitazioni svolte dovrà essere presentata e discussa in sede d'esame.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

1. (5 ore) Geometria delle aree: leggi di trasformazione del vettore dei momenti statici e del tensore dei momenti di inerzia per roto-traslazioni del sistema di riferimento; direzioni e momenti principali d'inerzia; cerchi di Mohr; simmetria assiale e polare.
2. (8 ore) Cinematica dei sistemi di travi: gradi di libertà, vincolo di rigidità, linearizzazione del vincolo, vincoli piani, maldisposizione dei vincoli, atto di moto di un corpo rigido. Statica dei sistemi di travi: studio algebrico e studio grafico, teoremi delle catene cinematiche.
3. (4 ore) Dualità statico-cinematica, statica grafica, curva delle pressioni, caratteristiche interne della sollecitazione, equazioni indefinite di equilibrio per le travi curvilinee piane.
4. (10 ore) Sistemi di travi isostatici: determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie e con il Principio dei Lavori Virtuali; archi a tre cerniere; travi Gerber; strutture chiuse; travature reticolari.
5. (1 ora) Esercizi sul tracciamento dei cerchi di Mohr.
6. (2 ore) Determinazione di spostamenti e rotazioni negli schemi elementari mediante integrazione dell'equazione della linea elastica; composizione di rotazioni e spostamenti.

BIBLIOGRAFIA

A. CARPINTERI, *Scienza delle Costruzioni*, Vol. I, Ed. Pitagora, Bologna, 1995.

Per consultazione:

O. BELLUZZI, *Scienza delle costruzioni*, Zanichelli, Bologna.

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

P. CICALA, *Scienza delle Costruzioni*, Vol.1 e 2, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

A. DI TOMMASO, *Fondamenti di Scienza delle Costruzioni*, Ed. Patron, Bologna, 1981.

F. LEVI, P. MARRO, *Scienza delle Costruzioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1986.

Per le esercitazioni saranno utili i seguenti volumi:

A. CARPINTERI, *La Geometria delle masse*, Ed. Pitagora, Bologna, 1983.

E. VIOLA, *Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni*, Vol.1 e 2, Ed. Pitagora, Bologna, 1985.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A consistente nella analisi di una struttura isostatica volta a determinare le reazioni vincolari, interne ed esterne, ed i diagrammi delle tre sollecitazioni (M,N,T) in tutte gli elementi (travi e/o bielle) componenti la struttura. A completamento dei diagrammi è richiesto il tracciamento della curva delle pressioni e la verifica, col principio dei lavori virtuali, di alcune reazioni vincolari interne o esterne. Quest'ultima domanda ha anche lo scopo di accertare le capacità acquisite nell'analisi cinematica delle strutture. In caso di esito favorevole, i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: ANALISI DELLE STRUTTURE E DELLE LORO MODALITA' DI COLLASSO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 20 esercitazioni: 30

Crediti: 4

REQUISITI

È opportuna una buona conoscenza degli argomenti di Analisi I e II, Geometria, Fisica I e Meccanica Razionale.

PROGRAMMA

1. (3 ore) Solido di Saint Venant: sollecitazione di taglio nelle sezioni sottili, possibile non-ortogonalità energetica tra T_x e T_y , taglio deviato.
2. (2 ore) Verifiche di resistenza nel solido di Saint Venant. Teoria tecnica della trave: rapporto tra deformazione flettente e tagliante; equazioni cinematiche, statiche e costitutive per la trave (rettilinea e curva).
3. (4 ore) Il principio dei lavori virtuali applicato ai sistemi di travi: determinazione degli spostamenti nelle strutture isostatiche e risoluzione delle strutture iperstatiche. Il teorema di Castigliano, il teorema di Menabrea.
4. (5 ore) Calcolo automatico, con il metodo degli spostamenti dei telai piani. Cenni sulla applicazione di questo approccio alle strutture reticolati, piane e spaziali, ai grigliati ed ai telai spaziali.
5. (6 ore) Fenomeni di collasso strutturale: instabilità dell'equilibrio elastico (limiti di validità della formula di Eulero, trave rettilinea con varie condizioni di vincolo, instabilità locale e globale), meccanica della frattura (analisi energetica di Griffith).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

1. (10 ore) Esercizi sul solido di Saint Venant.
2. (4 ore) Il principio dei lavori virtuali applicato ai sistemi di travi: distorsioni termiche e cedimenti vincolari, strutture reticolari iperstatiche, archi e anelli.
3. (4 ore) Sistemi di travi iperstatici: simmetria ed anti-simmetria assiale e polare.
4. (10 ore) La risoluzione di strutture iperstatiche con il metodo dei telai piani: il caso a nodi fissi, il caso a nodi spostabili, l'iperstaticità assiale.
5. (2 ore) Esercizi sull'instabilità dell'equilibrio elastico.

BIBLIOGRAFIA

A. CARPINTERI, *Scienza delle Costruzioni*, Vol. II, Ed. Pitagora, Bologna, 1995.
Vedi anche i testi elencati a proposito del modulo A.

ESAME

Al termine del secondo emisemestre, coloro che hanno superato la valutazione reattiva a modulo A sono ammessi alla valutazione scritta sui contenuti del modulo B, consistente nell'analisi di una struttura iperstatica volta a determinare i diagrammi delle tre sollecitazioni (M,N,T) in tutte gli elementi (travi e/o bielle) componenti la struttura. A completamento dei diagrammi è richiesto il tracciamento della curva delle pressioni ed il tracciamento qualitativo della deformata elastica.

È inoltre prevista una seconda domanda riguardante la sezione di un solido di Saint Venant. Essa può riguardare uno stato tensionale indotto da una sollecitazione di Taglio Torsione oppure da una sollecitazione di sforzo normale eccentrico. In questo secondo caso può anche essere richiesto il tracciamento della regione di nocciolo.

Coloro che hanno superato le valutazioni scritte relative ai moduli A e B possono completare l'esame sostenendo la prova orale nell'ambito della prima sessione. Per coloro che non hanno superato le valutazioni reattive ai moduli A e B (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà costituito da un'unica prova scritta sugli argomenti illustrati in precedenza a proposito delle due valutazioni di esonero.

Quanto segue vale per tutte le prove scritte, siano esse di valutazione intermedia o di esame. Per ciascun esercizio sono previsti due gruppi di domande. Per raggiungere la sufficienza necessario rispondere correttamente almeno al primo gruppo di domande per ogni esercizio. Si suggerisce di attrezzarsi convenientemente per lo svolgimento della prova scritta (carta quadrettata, squadra, ecc.). Si segnala invece che non è permesso l'uso di testi ed appunti, n

solo l'uso dei formulari che verranno presentati ad esercitazione. Per essere ammessi all'orale è necessario ottenere, nella prova scritta, una votazione maggiore o uguale a 15/30. In ogni caso il voto finale è la media tra quello ottenuto nella prova orale e quello ottenuto nella prova scritta.

Quanto segue vale solo nel caso di esame unico finale. Per la prova scritta vengono concesse 3,5 ore, per le prime 2 ore non è possibile lasciare l'aula. È possibile ripetere la prova scritta rispettando le limitazioni stabilite dal Consiglio di Facoltà.

La prova orale può essere sostenuta nei giorni subito successivi alla prova scritta oppure nell'appello immediatamente successivo.

Anno: 2

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 80

laboratori: 20

Crediti: 9

Docente:

Laura MONTANARO**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso si propone di fornire una cultura tecnico-scientifica di base sui materiali per applicazioni aeronautiche ed aerospaziali, con particolare enfasi alle correlazioni esistenti tra struttura, microstruttura e prestazione del materiale, sottolineando quindi le potenzialità di progettazione con vecchi e nuovi materiali attraverso un controllo delle loro caratteristiche microstrutturali. Segue una trattazione sistematica dei materiali per costruzioni aeronautiche ed aerospaziali, suddivisi nelle 4 categorie: metalli, ceramici, materie plastiche, compositi, con una sintetica descrizione delle più comuni tecnologie di trasformazione.

MODULO A: LA SCIENZA DEI MATERIALI AERONAUTICI ED AEROSPAZIALI**EMISEMESTRE: PRIMO**

Impegno (ore)

lezioni: 35

laboratori: 10

Crediti: 4

REQUISITI

Nozioni di chimica e fisica.

PROGRAMMA

Classificazione dei materiali; criteri di scelta: tecnici, industriali, economici e socioeconomici. Introduzione alla problematica dei materiali nell'industria aeronautica ed aerospaziali. Il legame chimico: curve di Condon-Morse. Organizzazione dei solidi; solidi cristallini ed amorfi. Strutture cristalline. Imperfezioni nei solidi: vacanze, interstiziali, formazione di soluzioni solide sostituzionali ed interstiziali, dislocazioni, bordi di grano, pori ed inclusioni. La diffusione allo stato solido e le leggi di Fick. Il movimento delle dislocazioni e sue conseguenze sulla deformabilità dei materiali. Diagrammi di stato: sistemi a due e tre componenti. Esempi di diagrammi binari con immiscibilità completa o parziale allo stato solido o con miscibilità totale allo stato solido. Nucleazione e crescita. Influenza del tempo sulle trasformazioni di fase: diagrammi TTT e CCT. Trasformazioni senza diffusione.

Proprietà dei materiali. Proprietà meccaniche: definizione di sollecitazione e deformazione. Legge di Hooke e modulo di Young. Cenni alle prove statiche e dinamiche sui materiali. Concetto di duttilità e fragilità. Teoria di Griffith e tenacità a frattura. Influenza del tempo della temperatura sulle proprietà meccaniche: la fatica e lo scorrimento viscoso. Viscoelasticità viscoplasticità. Proprietà termiche: capacità termica e calore specifico, conduttività termica, dilatazione termica, resistenza agli shock termici. Possibilità di modificare le proprietà dei materiali attraverso modificazioni microstrutturali, trattamenti termici, etc (rafforzamento per precipitazione, incrudimento,...). Cenni alle proprietà elettriche, magnetiche ed ottiche.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni interattive al laboratorio informatico su programmi con animazioni ed esercizi concernenti i principi fondamentali della scienza dei materiali.

BIBLIOGRAFIA

L. Montanaro, S. Toppan, A. Borsarelli, "I materiali per l'ingegneria", Vol.1, La scienza dei materiali, Celid, Torino (1999).

Altri testi di riferimento od approfondimento verranno proposti di volta in volta dal docente durante le lezioni.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A consistente in tre domande a risposta rapida e una domanda di svolgimento più ampio. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: LA TECNOLOGIA DEI MATERIALI AERONAUTICI ED AEROSPAZIALI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 45 laboratori: 10

Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A dello stesso corso.

PROGRAMMA

Descrittiva delle principali tecniche di elaborazione e formatura dei materiali metallici: getto in lingotto ed in continuo, getto in stampo modellato, in sabbie metallurgiche, pressofusione, getto a cera persa e centrifugo, solidificazione rapida; metallurgia delle polveri; deformazione superplastica; "diffusion bonding"; solidificazione direzionale e monocristallina; alligazione meccanica; materiali rafforzati per dispersione di ossidi.

Materiali metallici. Leghe ferrose. Classificazione ed applicazioni degli acciai. Acciai ad alta resistenza ed acciai inossidabili. Leghe non ferrose. Le leghe leggere: leghe di alluminio; leghe di magnesio; leghe di titanio. Le superleghe. Cenno alle leghe di rame, ai metalli refrattari ed alle leghe intermetalliche.

I materiali ceramici: classificazione. Vetri: tecnologie di fabbricazione e proprietà. Vetroceramici. Le polveri ceramiche. Le tecniche di formatura. La sinterizzazione I refrattari tradizionali e di alta tecnologia. I ceramici ingegneristici, strutturali e funzionali: problematiche di elaborazione e caratteristiche in funzione dell'uso. Descrittiva di alcuni ceramici ingegneristici (allumina, zirconia, nitruro e carburo di silicio). I rivestimenti ceramici (Thermal Barrier Coatings).

I materiali polimerici. Cenni alle tecniche di polimerizzazione. Classificazione e proprietà delle varie classi di materiali polimerici: termoplastici, termoindurenti, elastomeri. Temperatura di transizione vetrosa; comportamento meccanico ed influenza di parametri strutturali (linearità catene, cristallinità, etc). Comportamento elastomerico e vulcanizzazione. Additivi. Tecniche di formatura. I sigillanti.

Materiali compositi: classificazione; tipi di rinforzi e di matrici. Fibre di vetro, aramidiche, di boro, di carbonio: metodi di produzione e proprietà. Matrici, essenzialmente polimeriche (poliestere, poliammide, epossidica, polimmidica, etc.). Compositi a matrice polimerica, ceramica e metallica. Metodi di elaborazione dei compositi; compositi strutturali, laminati ed a sandwich.

Corrosione e protezione dei materiali.

gradino; osservazioni sull'influenza dello smorzamento sulle caratteristiche del regime transitorio; caratteristiche peculiari da considerare nella scelta dello strumento di misura; accelerometri a loop aperto e a loop chiuso. Progetto del sistema di strumentazione. Caratteristiche metrologiche del canale di misura; intervallo di misura, risoluzione, precisione statica, precisione dinamica. Misura della temperatura; tipi di sensori; termometri a resistenza e termocoppie; applicazioni dei trasduttori di temperatura. Misura del flusso di carburante; flussometro a turbina, a orificio variabile, a momento angolare. Il giroscopio d'assetto; il girometro. Misura di posizione lineare e angolare. Sensori di pressione; tipologia dei trasduttori e loro errori. Le tecniche di acquisizione; gli errori in fase di acquisizione; l'acquisizione di dati dai bus dei sistemi avionici. La registrazione magnetica. La telemetria. La traiettografia: problematiche ed utilizzo del sistema GPS. Determinazione del peso, della posizione del baricentro e dei momenti d'inerzia del velivolo. [8 ore] Pesatura del velivolo e determinazione della posizione del baricentro a terra nelle diverse configurazioni; metodo di sospensione ad un singolo punto. Determinazione di peso e posizione del baricentro in volo; C.G. *diagram*. Determinazione dei momenti d'inerzia; metodo delle oscillazioni elastiche su appoggio libero. Determinazione del momento centrifugo e della direzione degli assi principali d'inerzia con il metodo del *single-point suspension double-pendulum*.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Non vi è una predefinita suddivisione tra lezioni ed esercitazioni: le esercitazioni si svolgeranno nel momento in cui l'argomento raggiunto nel programma delle lezioni lo richiederà.

BIBLIOGRAFIA

Non esistono libri di testo. Per la consultazione riguardo ad alcune parti del corso si consiglia no i seguenti volumi:

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

D.T. WARD, *Introduction to Flight Test Engineering*, Elsevier - Amsterdam.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile una valutazione orale sui contenuti del modulo, consistente in un colloquio con domande sugli argomenti trattati. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: LA SPERIMENTAZIONE SUI SISTEMI DI VOLO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 35 esercitazioni: 15

Crediti: 5

REQUISITI

È opportuno essere a conoscenza dei concetti fondamentali della Meccanica Applicata dell'Aerodinamica, delle Costruzioni Aeronautiche e della Meccanica del Volo. È inoltre indispensabile aver acquisito i concetti relativi al Modulo A del Corso.

PROGRAMMA

Prestazioni di volo in parametri adimensionali e generalizzati. [8 ore] Caratteristiche di un turbogetto; turbogetto isolato; turbogetto installato sul velivolo in volo. Prestazioni generalizzate di un velivolo; volo orizzontale; caratteristiche di salita. Autonomia oraria e chilometrica.

Prove strutturali e di flutter. [16 ore] Rilevamento dei carichi in volo; tecniche di misura dei carichi in volo: estensimetri e *pressure plotting*. Finalità delle prove; strumentazione necessaria; taratura preventiva; condizioni di volo; elaborazione e presentazione dei dati; manovre in volo. Taratura a terra e rilievo dei carichi. Prove strutturali dinamiche; finalità delle prove. Meccanismo del flutter; calcoli e prove a terra; sperimentazione in volo. Procedure di prova. Strumentazione necessaria. Gli accelerometri per prove di flutter e rilievo di vibrazioni in volo. Tecniche di misura del flutter: decadimento del segnale; eccitazione pulsante; eccitazione armonica; eccitazione variabile in frequenza. Tecniche di eccitazione in volo: superfici di controllo; alette oscillanti; eccitatori inerziali; eccitatori elettrodinamici; congegni pirotecnici.

Prove di volo ad alto rischio. [8 ore] Caratteristiche generali della vite: l'autorotazione; autorotazione definita; gradi di libertà verticale, orizzontale e al beccheggio; le condizioni di equilibrio. Manovre per entrare ed uscire dalla vite. Le condizioni di similitudine. Prove di vite: prove con modelli in galleria del vento e controllati via radio. Prove al vero; considerazioni sulla sicurezza. Progetto del paracadute antivite. Prove di riaccensione in volo: problematiche e tecniche sperimentali.

Determinazione di derivate aerodinamiche. [18 ore] Premessa sull'analisi dei moti di piccola perturbazione. Considerazioni generali sul moto di beccheggio; risposta in frequenza ad una eccitazione di tipo sinusoidale di beccheggio; moto oscillatorio libero di beccheggio a comandi bloccati susseguente ad una eccitazione ad impulso con il comando longitudinale; risposta ad una manovra a gradino; determinazione della risposta in frequenza mediante l'uso della trasformata di Fourier. Determinazione dei coefficienti di risposta di un velivolo mediante l'uso della trasformata di Laplace e mediante il rilievo dei valori simultanei delle variabili di volo. Determinazione delle singole derivate aerodinamiche. Determinazione delle derivate aerodinamiche mediante l'analisi delle equazioni del moto. Metodi semplificati per la misura di particolari derivate aerodinamiche. Determinazione delle derivate aerodinamiche di stabilità e di smorzamento col metodo della rappresentazione vettoriale. Accenno al moto latero-direzionale. Determinazione semplificata della derivata di stabilità direzionale.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Non vi è una predefinita suddivisione tra lezioni ed esercitazioni: le esercitazioni si svolgeranno nel momento in cui l'argomento raggiunto nel programma delle lezioni lo richiederà. Alcune lezioni ed esercitazioni potranno essere tenute come conferenze da persone dell'industria esperte nel campo specifico.

BIBLIOGRAFIA

Non esistono libri di testo. Per la consultazione riguardo ad alcune parti del corso si consigliano i seguenti volumi:

B. DICKINSON, *Aircraft Stability and Control for Pilots and Engineers*, Sir Isaac Pitman & Sons LTD - London.

B. ETKIN, *Dynamics of Flight - Stability and Control*, John Wiley & Sons, Inc. - New York.

D.T. WARD, *Introduction to Flight Test Engineering*, Elsevier - Amsterdam.

ESAME

La valutazione consiste in un tradizionale esame orale. Per coloro che hanno superato la prova orale relativa al modulo A, l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B5230 STRUMENTAZIONE AERONAUTICA

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 73 laboratori: 34
Crediti: 9
Docente: **Lorenzo BORELLO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è fornire le cognizioni e gli approfondimenti sulla strumentazione aeronautica e in genere sull'avionica indispensabili alla acquisizione ragionata dei loro principi di funzionamento, dei loro problemi di progettazione e costruzione, nonché, alla valutazione delle loro prestazioni e del loro comportamento dinamico; tutto ciò è integrato nel contesto del progetto, della produzione e dell'impiego sia degli apparati di bordo che del velivolo completo in termini di sistema finalizzato all'espletamento economico e sicuro di definite missioni.

La tematica progettuale integrata del componente, del sottosistema e del sistema completo è alla base di ogni argomento trattato: pertanto i concetti relativi ai problemi di progettazione e costruzione degli equipaggiamenti (forniti a chiarimento di quanto sopra) sono orientati verso la strutturazione di una mentalità idonea a condurre analisi di sensibilità delle prestazioni ai parametri di progetto, nonché, stime di vantaggi e svantaggi conseguibili dalle scelte progettuali stesse. Da quanto sopra riportato si evince una naturale continuità nei confronti del corso di Impianti aeronautici, che, se da una parte suggerisce di considerare lo stesso come propedeutico a Strumentazione aeronautica, dall'altra richiede, per completezza ed organicità di preparazione, di far seguire quest'ultimo al primo.

Il corso verte su di un certo numero di lezioni supportate da esercitazioni in laboratorio di calcolo ed in laboratorio di impianti, consistenti nell'analisi dal vero di equipaggiamenti e banco funzionante di simulazione di servomeccanismi oleodinamici, nell'analisi della documentazione tecnica disponibile, nell'esecuzione di calcoli numerici e nella preparazione e nell'uso di programmi di simulazione su calcolatore relativi a sistemi e componenti significativi.

MODULO A: TRASDUTTORI E PRESENTAZIONE DATI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore) lezioni: 33 laboratori: 14
Crediti: 4

REQUISITI

Per un facile approccio alla materia, spiccatamente interdisciplinare, è necessario possedere solidi concetti di Meccanica applicata, Termogasdinamica, Meccanica del volo (aspetti statici necessari, aspetti dinamici desiderabili), Elettrotecnica ed Impianti aeronautici.

PROGRAMMA

- Generalità sull'intero corso (Moduli A + B) ed introduzione. [4 ore lez.]

Concetti di sistema ed apparato aeronautico o spaziale, impianti ed avionica (comandi e strumentazione). Impianto come erogatore di potenza. Avionica come mezzo di gestione di informazioni e comandi. Generalità sui tipici problemi dell'avionica, dei componenti e dei subsistemi. Funzioni di controllo di motori ed equipaggiamenti, di pilotaggio, di navigazione.

- Il problema del rapporto uomo-macchina-ambiente in genere. [4 ore lez.]

Identificazione dei canali di interazione tra pilota, velivolo e ambiente (comandi, sensori, sistemi di trasmissione, elaborazione e presentazione dei dati) con particolare attenzione alle fun

zioni dell'avionica; problematica della presentazione di dati: metodi simbolici, analogici, digitali; relativi vantaggi e svantaggi in termini di rapidità e accuratezza di acquisizione dell'informazione, nonché, di probabilità di corretta lettura; soluzioni classiche, HUD, HDD; analisi dei criteri di presentazione delle informazioni funzionali al compito da svolgersi e mirati all'ottenimento di risposte pronte, accurate, affidabili.

- Servomeccanismi elettrici [2 ore lez. + lab.A1]

Rudimenti di servomeccanismi di velocità e posizione generici; particolare riferimento ad asservimenti elettromeccanici tipicamente non-lineari con richiami sulla caratteristica elettromeccanica di motori elettrici DC ad eccitazione separata per impiego come servomotori; relativi modelli dinamici in forma di diagrammi a blocchi.

- Sistemi di navigazione. [8 ore lez. + lab.A2 facoltativo]

Richiami sui concetti di radiotrasmissione; spettro delle lunghezze d'onda e impiego, modulazione, antenne, rumore e capacità di informazione, rapporto segnale/disturbo, banda passante, frequenza di taglio; propagazione onde, ionosfera, guide d'onda; antenne stilo, direttive, a paraboloide, a schiera; sistemi di navigazione rho-theta: radiofaro-radiogoniometro, VOR-DME, TACAN; sistemi di navigazione a griglie iperboliche: LORAN, DECCA, OMEGA; sistemi di navigazione autocontenuti: DOPPLER, INS (approfondito in seguito); sistemi di navigazione satellitare: TRANSIT, GPS; sistemi di atterraggio strumentale: ILS, MLS. Bussola magnetica, tipi ad induzione, problemi e meriti. Autopilota (outer loop) e sue funzioni principali di mantenimento assetto, quota o velocità verticale, velocità rispetto all'aria, prua e controlli di navigazione.

- Le misure di dati d'aria. [10 ore lez. + lab.A3]

Pressioni misurate totale e statica, temperatura di recupero, angoli misurati di incidenza e di derapata e conseguenti calcoli di pressioni calibrate totale e statica, temperature totale e statica, angoli calibrati di incidenza e di derapata, quote barometriche convenzionali, velocità indicata, calibrata, equivalente, vera, numero di Mach, velocità verticale; eventuale necessità di integrare i calcoli suddetti a fini di mutua correzione in un Air Data System a mezzo dell'associato Air Data Computer; sonde di pressione totale e statica, sonde di temperatura, trasduttori di pressione e temperatura, indicatori di angoli di incidenza e di derapata, variometri.

- Il riferimento di verticale a bordo di un veicolo in moto vario. [5 ore lez. + lab.A4]

Sensori pendolari, accelerometri, giroscopi di velocità angolare, giroscopi integratori di velocità angolare, giroscopi di angolo a due gradi di libertà. Piattaforme stabili e deduzione ragionata delle loro possibili concezioni e degli associati principi di funzionamento e logiche di controllo (classiche o Schuler-tuned) dell'asservimento di verticale nell'ambiente operativo costituito dal velivolo navigante e manovrante sul geoide rotante; effetti delle imperfezioni costruttive dell'apparato; misura degli angoli di beccheggio e rollio. Generalizzazione del concetto e sua estrapolazione nella realizzazione delle piattaforme inerziali (INS) stabilizzate a sospensione cardanica ed ulteriormente in quella dei navigatori inerziali strap-down.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

(In laboratori di calcolo e di impianti)

A1- Servomeccanismo elettrico non-lineare con saturazioni in amplificazione ed in coppia, attriti secchi, ingressi in posizione comandata ed in carico e uscita in posizione effettiva; studio ed esame critico del programma di simulazione esistente in FORTRAN, nonché, suo impiego finalizzato all'analisi di sensibilità di parametri significativi, mediante l'ottenimento delle curve di risposta dinamica a differenti ingressi; realizzazione, messa a punto guidata ed impiego di equivalente alternativo programma di simulazione dinamica in SIMULINK-MATLAB, con verifica di congruità dei risultati. [6 ore lab. calc.]

A2- Sintonizzatore tipo supereterodina e suo comportamento, al variare delle sue caratteristiche, in regime variabile (segnali in ingresso a portante modulata sinusoidalmente o impulsivamente); studio ed esame critico del programma di simulazione esistente in FORTRAN, nonché, suo impiego finalizzato all'analisi di sensibilità di parametri significativi, mediante l'ottenimento delle curve

di risposta dinamica a differenti ingressi; realizzazione, messa a punto guidata ed impiego di equivalente alternativo programma di simulazione dinamica in SIMULINK-MATLAB, con verifica di congruità dei risultati. [6 ore lab. calc.; facoltativo, escluso dal computo crediti]

A3- Caratteristiche dell'International Standard Atmosphere tramite legge di Laplace e legami Altitude-Mach-CAS-TAS-EAS a mezzo leggi termogasdinamiche; realizzazione su foglio elettronico di programma di calcolo e graficatura automatici. [2 ore lab. calc.]

A4- Sistema del secondo ordine non-lineare con saturazioni in forza o velocità e in posizione, attriti secchi, ingressi in forza e posizione del telaio di vincolo e uscita in posizione assoluta (analogia a servomeccanismo di posizione) o posizione relativa (analogia ad accelerometro o a rate-gyro); realizzazione, messa a punto guidata ed impiego del modello matematico e del relativo programma di simulazione dinamica. [4 ore lab. calc.]

A5- Esame di strumenti tipici. [2 ore lab. imp.]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

C. Villa, Dispense sui sistemi di navigazione.

Documentazione fornita durante il corso.

Testi per approfondimenti:

D'Elia, La strumentazione standard degli aerei moderni, Masson Italia.

Pallett, Aircraft instruments, Pitman.

Kayton, Fried, Avionics navigation systems, Wiley.

Savet, Gyroscopes: theory and design, McGraw-Hill.

Gracey, Measurement of aircraft speed and altitude, Wiley.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo emimestre è possibile una valutazione orale sui contenuti del modulo A, condotta secondo le modalità dell'esame finale. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più specifico oggetto di verifica all'esame finale, se si escludono i concetti di base che si ritiene debbano comunque permanere come cultura acquisita. Questa valutazione parziale non è ripetibile ed è consentita soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà comunque sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: PILOTABILITA' E COMANDI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore)

lezioni: 40

laboratori: 20

Crediti: 5

REQUISITI

Per un facile approccio alla materia, spiccatamente interdisciplinare, è necessario possedere solidi concetti di Meccanica applicata, Fluidodinamica, Meccanica del volo (aspetti statici necessari, aspetti dinamici desiderabili), Elettrotecnica ed Impianti aeronautici, nonché aver seguito il Modulo A.

PROGRAMMA

- *Il rapporto uomo-macchina-ambiente nella funzione di pilotaggio: modi proprii. [6 ore lez.]*

Richiami sulla dinamica del volo perturbato del velivolo: cenni sulla deduzione delle equazioni di equilibrio dinamico (eventuali), sulle soluzioni (eventuali) e sulla correlata tipologia del moto; conseguente pilotabilità del velivolo, indici di pilotabilità e loro legami con le caratteristi-

che dei modi proprii perturbati dell'aeromobile; cenni alle cause che possono rendere sgradevole al pilotaggio la dinamica intrinseca della macchina; deduzione logica della concezione e del modo di operare dapprima di uno smorzatore di beccheggio (imbardata, rollio), quindi di un completo aumentatore di stabilità (inner loop di autopilota), relativi schemi funzionali e caratteristiche in relazione ai sensori più opportunamente impiegabili.

- *Il rapporto uomo-macchina-ambiente nella funzione di pilotaggio: sensibilità dei comandi.* [6 ore lez.]

Il problema della sensibilità dei comandi primari di volo, sforzi ed angoli di barra (in rapporto all'intensità della manovra desiderata) al variare della condizione di volo, valori minimi e massimi raccomandati e rispettive giustificazioni in termini di manovrabilità e controllabilità; andamento temporale degli sforzi nei transitori di ingresso in manovra ed effetti sulla controllabilità e sulla prontezza di risposta; effetti di giochi ed attriti sulla porzione meccanica delle linee di comando; scelte motivate di comandi assistiti, potenziati irreversibili; deduzione ragionata dell'architettura (rigidezza con precarico, q-feel, bob-weight, damper) e del modo di operare di un dispositivo di sensibilità artificiale per comandi primari irreversibili, recenti soluzioni costruttive e caratteristiche.

- *Comandi di volo primari e secondari: generalità.* [12 ore lez.]

Definizioni; requisiti a cui devono rispondere inerenti la pilotabilità, la compatibilità ambientale, le interfacce funzionali, le prestazioni, le caratteristiche di risposta dinamica, i fenomeni aeroelastici; difficoltà connesse al loro soddisfacimento giustificate da specifici problemi fisici dei servomeccanismi di posizione; effetti di saturazioni, giochi, cedevolezza, inerzie, attriti secchi sui sistemi controeazionati.

- *Comandi di volo: componenti.* [8 ore lez. + lab.B1 + lab.B2 facoltativo]

Comportamento elettromeccanico e fluidodinamico (e scelta) di valvole di comando, tipi esistenti (EHV jet-pipe, EHV jet-deflector, EHV flapper-nozzle, DDV), loro caratteristiche funzionali e difficoltà realizzative e di controllo, loro modellizzazioni a diversi livelli di accuratezza a fronte di differenti fenomeni da evidenziarsi; comportamento fluidodinamico-meccanico (e scelta) di motori idraulici lineari e rotativi e curve caratteristiche del gruppo valvola-motore, problemi di stallo, di spunto e di sovravelocità ed eventuali rimedi adottabili.

- *Comandi di volo: avarie, sistemi e architetture, ridondanze.* [8 ore lez. + lab.B3 + lab.B4]

Modi di guasto dei componenti, loro effetti, loro criticità e conseguente concezione delle ridondanze al fine di garantire adeguati comportamenti in avaria, nonché nei transitori di guasto; architetture ridondate tipiche di comandi primari, comandi secondari di trim, comandi secondari di ipersostentazione, comandi di motore, ecc.; metodi di monitoraggio; somma in forze, somma in velocità.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

(In laboratori di calcolo e di impianti)

B1- Curve caratteristiche meccaniche e fluidodinamiche di un gruppo costituito da valvola di comando e motore idraulico; realizzazione, messa a punto guidata ed impiego del modello matematico e del relativo programma di calcolo. [4 ore lab. calc.]

B2- Picchi di pressione e cavitazioni in un motore idraulico; realizzazione, messa a punto guidata ed impiego del modello matematico e del relativo programma di simulazione dinamica. [4 ore lab. calc.; facoltativo, escluso dal computo crediti]

B3- Sistema di comando di volo elettroidraulico con EHV (servovalvola elettroidraulica a due stadi), martinetto lineare e chiusura di anelli di posizione e velocità; studio ed esame critico del programma di simulazione esistente, nonché suo impiego finalizzato all'analisi degli effetti di tutte le tipiche non-linearità meccaniche presenti, mediante l'ottenimento delle curve di risposta dinamica a differenti ingressi. [6 ore lab. calc.]

B4- Esame ed impiego di banco idraulico per simulazione di servomeccanismi oleodinamici. [10 ore lab. imp.]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Documentazione fornita durante il corso.

Testi per approfondimenti:

Marro, Componenti dei sistemi di controllo, Zanichelli.

Jacazio, Piombo, Meccanica applicata alle macchine, Levrotto & Bella.

Barabaschi, Tasselli, Elementi di servomeccanismi e controlli, Zanichelli.

ESAME

L'esame, di tipo tradizionale, è condotto oralmente su quesiti concettuali ed applicativi (eventuali esercizi), mediante il possibile impiego dei propri appunti. Per coloro che hanno superato la valutazione relativa al modulo A, l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione relativa al modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità), l'esame finale sarà unico ed onnicomprensivo.

SEMESTRE SECONDO

Impiego (ore)

lezioni: 40

laboratori: 25

Crediti: 8

Il corso di Laurea in Ingegneria Industriale prevede un percorso formativo che si articola in due fasi principali: la prima fase, che si svolge nei primi due anni di corso, è dedicata alla formazione di base in campo scientifico e tecnico, con particolare riferimento alle discipline di base dell'Ingegneria Industriale. La seconda fase, che si svolge nei successivi due anni di corso, è dedicata alla specializzazione in uno dei settori dell'Ingegneria Industriale, con particolare riferimento alle discipline di indirizzo. Il corso di Laurea in Ingegneria Industriale è articolato in quattro moduli didattici: il primo modulo, che si svolge nel primo anno di corso, è dedicato alla formazione di base in campo scientifico e tecnico, con particolare riferimento alle discipline di base dell'Ingegneria Industriale; il secondo modulo, che si svolge nel secondo anno di corso, è dedicato alla specializzazione in uno dei settori dell'Ingegneria Industriale, con particolare riferimento alle discipline di indirizzo; il terzo modulo, che si svolge nel terzo anno di corso, è dedicato alla specializzazione in uno dei settori dell'Ingegneria Industriale, con particolare riferimento alle discipline di indirizzo; il quarto modulo, che si svolge nel quarto anno di corso, è dedicato alla specializzazione in uno dei settori dell'Ingegneria Industriale, con particolare riferimento alle discipline di indirizzo.

B5330 STRUTTURE AERONAUTICHE

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 78	esercitazioni: 22	laboratori: 6
Crediti: 9			
Docente:	Giulio ROMEO		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di fornire agli allievi, dopo una breve descrizione della tecnologia di produzione delle strutture aeronautiche realizzate in materiale composito, le nozioni fondamentali sul calcolo di elementi di strutture aeronautiche; partendo da "una attenta analisi degli aspetti caratterizzanti il fenomeno fisico, al fine di una trasposizione ragionata di tali aspetti nell'approssimazione numerica", verranno prese in esame sia le teorie classiche sulle strutture a guscio ed a semiguscio realizzate con materiali isotropi ed anisotropi e sia il metodo degli elementi finiti; inoltre, saranno risolti, con le teorie classiche, diversi problemi relativi ai fenomeni nonlineari tipici delle strutture aeronautiche.

MODULO A

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 38	esercitazioni: 8	laboratori: 4
Crediti: 4			

REQUISITI

Scienza delle Costruzioni. Costruzioni Aeronautiche. Matematica Applicata.

PROGRAMMA

Le funzioni della struttura e compiti dell'analisi strutturale. Le prescrizioni regolamentari: criteri di rigidità, di robustezza, di elasticità; carichi statici ed a fatica. La sicurezza strutturale. {2h}.

Nuovi materiali e nuove tecnologie per una maggiore efficienza energetica di un velivolo. Confronto delle caratteristiche fisico-meccaniche fra materiali metallici e compositi. Tecnologia dei materiali compositi: produzione delle fibre di carbonio, di boro, di vetro ed aramidiche. Composizione della matrice: resine epossidiche, poliammidiche, termoplastiche, metallica e ceramica. Lavorazione dei pre-impregnati. Polimerizzazione del composito. Filament winding, Poltrusion, SMC. Esempi di strutture realizzate in composito: Timone DC-10, Timone Boeing B-767, Deriva Lockheed L-1011, Airbus A-310, A-340. Ala ed Impennaggi Harrier AV-8V, Ala EFA, ecc. Risparmio di massa rispetto alle strutture metalliche. {12h}.

Teoria dei materiali compositi: Micromeccanica della lamina: caratteristiche meccaniche del composito, funzione dei due costituenti il materiale e loro percentuale in volume. *Macromeccanica della lamina:* Costanti elastiche per materiali ortotropi. Relazione tensione-deformazione per una lamina con fibre orientate in direzione arbitraria. {4h}.

Macromeccanica del laminato: Teoria classica secondo le ipotesi di Kirchhoff-Love. Rigidità estensionali, di accoppiamento e flessionali di un laminato anisotropo con orientazione arbitraria delle fibre. Carichi termici ed igroscopici. Stato di tensione e di deformazione nelle singole lamine del generico laminato. Modi di rottura e criteri di rottura di un laminato multistrato. Effetti igrotermici sulla stabilità dimensionale. Limiti di validità della CLT e tensioni interlaminari. {6h}.

Studio delle equazioni differenziali di equilibrio di un pannello anisotropo. Flessione e torsione di un pannello piano isotropo sottile soggetto a carichi laterali, longitudinali, trasversali e taglio. Vincoli; condizioni al contorno; funzioni di forma. Calcolo della deflessione w fuori piano, del momento flettente e dello stato di tensione di un generico pannello soggetto a carico trasversale distribuito mediante risoluzione dell'equazione differenziale. Confronti teorici e sperimentali. Flessione sotto carico trasversale, frequenze e modi di vibrare, con diversi tipi di vincoli, di un pannello ortotropo. Limiti di stabilità elastica dei pannelli ortotropi soggetti a pressione uni e biassiale e/o taglio. {8h}.

Flesso-torsione della trave; tensioni correttive in una generica trave per effetto dei vincoli di Wagner. Instabilità torsionale dei pannelli irrigiditi ed influenza della componente flessionale. Interazione fra instabilità torsionale e generale. Ottimizzazione della massa minima di pannelli irrigiditi. {6h}.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni in aula

- Proiezione filmato su prove in volo di: veicolo spaziale DC-X DELTA CLIPPER, B-1, B-2, SR-71 Blackbird, STEALTH F-117, ecc.; filmato sulla realizzazione ed assemblaggio e realizzazione e prove in volo del velivolo ad energia solare SOLAR CHALLENGER.
- Determinazione teorica-sperimentale delle rigidità estensionali, di accoppiamento torsionale di un laminato anisotropo con orientazione arbitraria delle fibre. Carichi igrotermici. Stato di tensione e di deformazione nelle singole lamine del generico laminato. Verifica dei criteri di rottura di un laminato multistrato. Determinazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche di provini in composito: Estensimetria elettrica e prove di rottura a trazione e flessione su provini.
- Verifica dei carichi critici dei pannelli irrigiditi ad I in grafite/epoxy: generale, torsione locale (rivestimento e corrente).
- Determinazione delle tensioni correttive in una trave con sezione a Z soggetta a torsione ed influenza della componente flesso-torsionale.

Laboratorio

- Realizzazione di elementi di strutture aeronautiche (struttura alare, fusoliera) in composito grafite/ epoxy.
- Prove sperimentali di compressione biassiale e taglio su pannelli lisci in condizioni di buckling, oppure
- Prove sperimentali di flesso/torsione su cassone alare e di fusoliera in grafite/epoxy seconda delle tesi di laurea in corso nel Dipartimento.

BIBLIOGRAFIA

Non esiste un libro di testo a cui possa appoggiarsi questo modulo. Sono state redatte le dispense delle dispense disponibili presso la Politeko. Il Vol. I di tali dispense (parte tecnica) riporta completamente tutti gli argomenti trattati nel corso. Il Vol. II (parte teorica) riporta gli argomenti che vengono presentati sono trattati anche nei seguenti testi:

- a) R.H. JONES, "Mechanics of Composite Materials", McGraw-Hill.
- b) T.H. MEGSON, "Aircraft Structures for Engineering Students", Edward Arnold.
- c) S.P. TIMOSHENKO, J.M. GERE, "Theory of Elastic Stability", McGraw-Hill.
- d) J.M. WHITNEY, "Structural Analysis of Laminated Anisotropic Plates", Technomic.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile sostenere l'esame sulla parte svolta a lezione. Gli studenti, per accedere agli esami, dovranno consegnare, almeno 3 giorni prima dell'esame, un elaborato scritto sugli argomenti trattati nelle esercitazioni.

L'esame consiste in una discussione orale sugli argomenti trattati nel Corso.

In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre.

MODULO B

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore)
Crediti: 5

lezioni: 40

esercitazioni: 14

laboratori: 2

REQUISITI

Scienza delle Costruzioni. Costruzioni Aeronautiche. Matematica Applicata.

PROGRAMMA

- **Metodi energetici nell'analisi statica e dinamica** dei pannelli isotropi ed anisotropi. Principio di stazionarietà dell'energia potenziale totale. Pannelli curvi sandwich: influenza della deformazione a taglio trasversale. Calcolo della deformata di un pannello sandwich soggetto a carico laterale. Carichi critici di un pannello sandwich curvo soggetto a carichi combinati nel piano. Metodo di Galerkin. Carichi critici di un laminato curvo soggetto a carichi combinati nel piano. [6h].
- **Il metodo degli elementi finiti.** Formulazione generale del metodo: identificazione e descrizione di un elemento, scelta funzioni approssimante gli spostamenti, polinomi interpolatori, legame fra spostamento elemento e nodale, relazione deformazioni elemento - spostamenti, relazioni tensioni - deformazioni dell'elemento, carichi nodali equivalenti al campo degli spostamenti, relazione tensione - spostamenti nodali. Elemento asta. Elemento trave (di Eulero, di Timoshenko e fenomeno del locking). Elemento piano a 3 - 4 e 8 nodi. Scelta della discretizzazione della struttura. Elemento finito piastra (Kirchhoff e Mindlin). Elemento guscio. Elemento assialsimmetrico (triangolare e rettangolare). Elementi solidi (esaedrico a 8 nodi, tetraedrico a 4 nodi). Elementi assialsimmetrici membrana e guscio. Formulazione isoparametrica. Stima dell'errore di discretizzazione. Cenni sull'analisi dinamica delle strutture. [16h].
- **Analisi nonlineare dei pannelli anisotropi** soggetti a compressione biassiale e taglio. Nonlinearità di tipo geometrico. Funzione di Airy ed equazione di congruenza. Risoluzione con il metodo di Galerkin; deformata fuori dal piano in condizioni di post-buckling sia in controllo di carico sia in controllo di spostamento; effetto delle imperfezioni iniziali. [6h].
- **Cassoni alari soggetti a flessione:** effetto dei carichi di schiacciamento, conseguenti alla curvatura dell'ala, sulla deformata dei pannelli; limiti dell'analisi lineare; influenza dei termini nonlineari sul comportamento dei pannelli soggetti a compressione uniassiale e carico laterale. Determinazione della deflessione fuori dal piano; stato di tensione degli elementi del pannello. [3h].
- **Cassoni alari soggetti a torsione:** effetto della tensione diagonale parziale sulla rigidezza torsionale del cassone; applicazione del PLV e della stazionarietà dell'EPT per il calcolo dell'angolo delle direzioni principali di sollecitazione e del modulo elastico tangenziale del pannello in campo di tensione diagonale, per il calcolo del comportamento reale. Analisi in post-buckling dei pannelli a taglio lavoranti in campo di tensione diagonale parziale; influenza della deformata del pannello sulla rigidezza a torsione del cassone. [3h].
- **Progettazione delle giunzioni meccaniche e per incollaggio** nelle strutture in composito. Collegamenti meccanici: comportamento sotto carico dei giunti, rottura per strappamento, ovalizzazione, a taglio, effetto della distanza dal bordo libero; influenza della coppia di serraggio sul comportamento statico e a fatica della giunzione. Giunzioni per incollaggio; tipologia; criteri di progetto; stato di sollecitazione dell'adesivo e degli aderenti; effetto della plasticità dell'adesivo; effetto del trattamento superficiale degli aderenti. [2h].

- **Concentrazioni di tensioni nei pannelli anisotropi** sul contorno di un foro circolare, ellittico, rettangolare o quadrato. Teoria di Lekhnitskii: equazioni di equilibrio e di congruenza, funzioni di Airy, radici complesse; fattore di correzione per tener conto delle dimensioni finite del pannello. {2h}.
- **Analisi sperimentale di strutture** alari metalliche ed in composito soggette a taglio, flessione, torsione. Cassoni alari soggetti a flessione pura o torsione. Pannelli sandwich o laminati solidi o pannelli irrigiditi soggetti a compressione uni e biassiale e taglio. Pannelli con fori rettangolari soggetti a trazione/compressione uni e biassiale e taglio. Strutture reticolari soggette a taglio e flessione. Strutture incollate. Strutture soggette a carichi igrotermici. Strutture con danno da impatto soggette a fatica. Travi a sezioni a C soggette a flesso-torsione. {2h}.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni in laboratorio informatico

- Modellizzazione agli ELEMENTI FINITI (F.E.M.) di diversi elementi strutturali aeronautici in materiale composito (strutture reticolari, pannelli forati, pannelli irrigiditi); dal modello all'analisi tramite pre- e post-processing MSC/PATRAN - NASTRAN.
- Creazione del modello geometrico (CAD MODEL): Creazione modello geometrico della struttura o tramite programmi di disegno (tipo CAD) capaci di generare file importabili in PATRAN (IGES) oppure direttamente dal PATRAN stesso nella sezione adibita a questo scopo.
- Creazione del modello da analizzare (FEM MODEL): Schematizzazione agli elementi finiti (MESH) del modello CAD; scelta degli elementi finiti adatti (aste, travi, piastre, solidi) per la MESH (nodi, elementi), attribuendo ad ogni elemento le proprietà e le caratteristiche del materiale. Assegnazione dei carichi e delle condizioni di vincolo per l'esecuzione dell'analisi.
- Analisi: Scelta del codice specifico di soluzione, procedura e parametri (Analisi Lineare Statica, Modale, Buckling, Risposta in frequenza, ecc..). Esportazione del file pronto, dalla compilazione PATRAN, per l'analisi NASTRAN, e viceversa, importazione nel modellatore PATRAN, dei risultati generati, per la visualizzazione e il controllo.
- Visualizzazione dei risultati dell'analisi (stati di tensione e di deformazione, spostamenti frequenze proprie, stress termici) negli elementi caratterizzanti la struttura sotto l'azione dei carichi imposti.

Laboratorio

- Prove sperimentali di compressione biassiale e taglio su pannelli lisci in condizioni di post buckling, oppure
- Prove sperimentali di flesso/torsione su cassone alare e di fusoliera in grafite/epoxy seconda delle tesi in corso nel Dipartimento.

BIBLIOGRAFIA

Non esiste un libro di testo a cui possa appoggiarsi questo modulo. Sono state redatte dal docente delle dispense (Vol. II) disponibili presso la Politeko. Tali dispense coprono solo in parte il contenuto del corso. Gli argomenti che vengono presentati sono trattati anche nei seguenti testi:

- a) T.H. MEGSON, "Aircraft Structures for Engineering Students", Edward Arnold.
- b) J.M. WHITNEY, "Structural Analysis of Laminated Anisotropic Plates", Technomic.
- c) G. BELINGARDI, "Il metodo degli elementi finiti nella progettazione meccanica", Livrotto & Bella.
- d) G. ROMEO,

ESAME

Gli studenti, per accedere agli esami, dovranno consegnare, almeno 3 giorni prima dell'appello ufficiale un elaborato scritto sugli argomenti trattati nelle esercitazioni.

L'esame consiste in una discussione orale sugli argomenti trattati nel Corso.

B5370 STRUTTURE SPAZIALI

Anno: 2	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 60	esercitazioni: 10	laboratori: 10
Crediti: 9			
Docente:	<i>da nominare (1998/99: Ugo ICARDI)</i>		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Questo é un corso specialistico di analisi strutturale dedicato allo studio delle problematiche, delle metodologie e degli strumenti computazionali utilizzati dall'industria aerospaziale durante il progetto strutturale. Nel corso vengono discusse le peculiarità del comportamento delle strutture aerospaziali e dei carichi che le sollecitano, formulati i modelli comportamentali piú idonei e discussi dettagliatamente i modelli computazionali utilizzati per ottenerne la soluzione ingegneristica. Le tematiche affrontate riguardano la risposta nonlineare e la stabilità di strutture convenzionali e in materiale composito, la distribuzione delle tensioni, la modellizzazione del danno e dei relativi effetti sulle prestazioni e sulla durata in esercizio. Particolare enfasi viene data al metodo degli elementi finiti, che costituisce lo strumento numerico principale in ambito industriale.

Vengono discussi gli aspetti salienti (libreria di elementi e procedure numeriche implementate, ecc.) dei codici commerciali agli elementi finiti maggiormente diffusi e comparate le loro prestazioni (spettro d'uso, accuratezza, costi di elaborazione, ecc.).

MODULO A: MODELLIZZAZIONE DELLE STRUTTURE AEROSPAZIALI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)	lezioni: 26	esercitazioni: 10	laboratori: 4
Crediti: 4			

REQUISITI

Nozioni di base fornite nei corsi di Scienza delle Costruzioni e Costruzioni Aeronautiche, e di Analisi Matematica.

Tali nozioni sono comunque richiamate di volta in volta durante le lezioni.

PROGRAMMA

Inquadramento dell'analisi delle strutture spaziali: architettura degli elementi e loro funzioni; problematiche peculiari del loro comportamento; discussione degli strumenti matematici piú idonei per la soluzione ingegneristica;

pertinenze e obiettivi dell'analisi strutturale. Modellizzazione dei problemi strutturali e loro analisi: problemi di risposta, di stabilit' e dinamici. Il metodo dei residui pesati per la ricerca di soluzione analitiche e sue particolarizzazioni: metodo delle collocazioni, dei sottodomini, di Petrov-Galerkin, Bubnov-Galerkin e di Galerkin generalizzato. Richiami di analisi variazionale: funzionali, loro massimi e minimi, equazioni di Eulero e condizioni al contorno consistenti. Soluzioni analitiche mediante il metodo variazionale di Rayleigh-Ritz. Condizioni di equivalenza dei metodi di Rayleigh-Ritz e di Galerkin. Introduzione al metodo degli elementi finiti come applicazione delle precedenti approssimazioni ad una suddivisione in sottodomini. Modellizzazione di piastre e gusci anisotropi multistrato. Effetto della deformabilit' al taglio trasversale nelle strutture multistrato. Modellizzazione della deformazione della normale ed accuratezza nella previsione della risposta, dello stato tensionale e del danneggiamento nelle

strutture deformabili al taglio trasversale. Modelli classici tipo smeared-laminate e modelli layerwise (modelli discrete-layer e modelli zig-zag): campo di applicazione e confronti prestazioni ottenibili dai vari modelli proposti in letteratura. Costruzione di nuovi modelli e scrittura delle equazioni comportamentali di un generico modello. Applicazione di cedenti metodi approssimati alla soluzione di vari problemi (di risposta, di stabilità, di buckling, ecc.) nelle strutture multistrato.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Vengono risolti manualmente e mediante programmi di calcolo forniti una serie di problemi, in cui vengono applicati i concetti e le metodologie argomentate nelle lezioni. Le esercitazioni sono svolte completamente in aula, sotto la guida del docente; pertanto non è richiesta agli allievi alcuna elaborazione a casa. Esse riguardano la soluzione approssimata mediante il metodo dei residui pesati e sue particolarizzazioni di problemi tipici dell'analisi strutturale. Vengono formulate e risolte le equazioni che governano il comportamento statico, dinamico e la stabilità biforcata di piastre multistrato. Una parte delle esercitazioni è svolta presso il laboratorio informatico e riguardano lo sviluppo e l'implementazione di codici di calcolo basati su approcci analitici trattati nel modulo.

BIBLIOGRAFIA

Appunti forniti dal docente.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre viene effettuata una valutazione parziale sul contenuto del primo modulo.

Essa consta di un colloquio, nel quale vengono valutate la capacità critica maturata durante le lezioni e le nozioni acquisite. Lo studente che non utilizza o non supera tale valutazione dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: ANALISI A ELEMENTI FINITI E ASPETTI COMPUTAZIONALI DI STABILITÀ

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 10 laboratori: 10
Crediti: 5

REQUISITI

Modulo A - Nozioni di base di Scienza delle Costruzioni e di analisi matematica, che vengono comunque richiamate durante le lezioni.

PROGRAMMA

In questo modulo viene affrontata l'implementazione pratica dei precedenti modelli agli elementi finiti.

Vengono studiate in dettaglio le caratteristiche della soluzione agli elementi finiti e pregi e difetti di varie formulazioni basate su approcci agli spostamenti, alle forze e momenti sviluppato in dettaglio l'approccio agli spostamenti. Viene discusso lo sviluppo delle proprietà di rigidezza, di rigidezza geometrica e di rigidezza tangente, delle masse, del vettore dei nodali equivalenti. Vengono analizzate le procedure di assemblaggio e di mappatura. Viene discusso il fenomeno del locking. Vengono affrontate le problematiche dell'implementazione pratica. Vengono inoltre analizzate le tecniche di soluzione di problemi lineari e di es

di autovalori nei codici agli elementi finiti. Viene discussa la scelta delle grandezze nodali e delle funzioni di forma e formulazione dell'elemento finito, in base alle caratteristiche richieste all'elemento.

In questo modulo vengono analizzate anche le problematiche computazionali della stabilità, le relative procedure nonlineari e la loro implementazione nei codici agli elementi finiti. Il contenuto di questa parte del corso si delinea come segue. Classificazione dei tipi di comportamento al punto critico: punti di biforcazione (problemi di autovalori) e punti limite (problemi di risposta). Approcci perturbativi: approccio analitico di Koiter ed analisi di sensibilità alle imperfezioni di forma con il B-Method. Applicazione all'analisi di gusci nervati imperfetti (metodologie di Arbocz); aspetti salienti della soluzione dei problemi di pre-buckling, buckling e post-buckling come problemi two-point risolti con metodologie di shooting (metodo di Keller). Approcci continuativi per l'analisi della stabilità a elementi finiti: aspetti salienti delle metodologie path-followers ed esame critico di tali metodologie. Studio di alcuni tipi di parametrizzazione adattiva. Stepsize control. Esame critico delle metodologie in uso nei più diffusi codici commerciali multi-purpose (Nastran, Abaqus) e in codici specifici per l'analisi di stabilità (Stags). Applicazione all'analisi di stabilità a di gusci nervati e multistrato anisotropi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Formulazione di un elemento finito piastra a quattro nodi, per piastre multistrato. Impiego di tale elemento per l'analisi della freccia, del carico critico biforcuto e delle frequenze proprie di una piastra multistrato.

Analisi di stabilità a di un guscio cilindrico imperfetto mediante il codice Stags.

BIBLIOGRAFIA

Appunti forniti dal docente.

Per consultazione

Seydel R. "From Equilibrium to Chaos: Practical Bifurcation and Stability Analysis." Elsevier Science Publ., (1988).

Zienkiewicz, O.M.; Taylor, R.L. "The Finite Element Method." Fourth Edition, McGraw-Hill, New York, (1994).

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei due moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno ritenuto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

B5640 TECNOLOGIA MECCANICA

Anno: 5 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 65 esercitazioni: 15 laboratori: 10
Crediti: 8
Docente: **Francesco SPIRITO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Obiettivi del corso: fornire l'insieme di nozioni necessarie a comprendere come possa essere prodotto un particolare meccanico; analizzare i diversi elementi che compongono la macchina utensile; studiare i fondamentali teorici dei processi di lavorazione con asportazione di materiale e per deformazione plastica; introdurre i primi elementi di gestione delle macchine utensili; presentare una panoramica delle lavorazioni non convenzionali.

REQUISITI

Comprensione di un disegno tecnico, nozioni sulle caratteristiche dei materiali metallici, elementi di scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Il taglio dei metalli

Struttura dei metalli

Stato di sollecitazione di un corpo

Relazione tra tensione e deformazione

Utensili elementari monotaglianti e meccanica della formazione del truciolo

Forze di taglio

Effetto, sul processo di formazione del truciolo, delle variabili indipendenti del sistema

 Angolo di spoglia frontale

 Spessore del truciolo

 Profondità di passata

 Velocità di taglio

 Materiale lavorato

Aspetti tecnici della formazione del truciolo

Problemi di taglio tridimensionale

 Tornitura (geometria utensile, tipologie di utensili, forze di taglio)

 Foratura (geometria utensile, tipologie di utensili, forze di taglio)

 Fresatura (geometria utensile, tipologie di utensili, forze di taglio)

 Rettificazione (geometria utensile, tipologie di utensili, forze di taglio)

Durata utensili e materiali per utensili

Cicli di lavorazione

 Criteri generali

 Valutazione parametri di taglio

 Controlli dimensionali

 Verifica caratteristiche pezzo (durezza, rugosità, ecc.)

Lavorazioni per deformazione plastica

Determinazione lavoro di deformazione

Calcolo forze di deformazione

Lavorazioni dal pieno

 Estrusione, Laminazione, Fucinatura, Stampaggio, Trafilatura

Lavorazioni delle lamiere

 Imbutitura, Tranciatura

Metodi fisici e chimici di lavorazione dei materiali

Elettroerosione

Lavorazioni elettrochimiche

Fresatura chimica

Lavorazioni a mezzo di ultrasuoni

Lavorazioni con il fascio elettronico

Lavorazioni con il plasma

Lavorazioni con il laser

Componenti della macchina utensile.

Struttura

Guide

Cambi di velocità

Motori elettrici

Gruppi idraulici

Organi di regolazione

Tipologie di macchine operatrici

Macchine ad asportazione

Torni, Fresatrici, Trapani, Alesatrici, Rettificatrici, Limatrici, Piallatrici

Macchine per deformazione

Magli, Presse

Macchine a Controllo Numerico

Principi del comando numerico

Unità di governo

Trasduttori di posizione

Caratteristiche di impiego della macchine a CN

Gestione delle macchine operatrici

Tipologie di Plant Layout

Automazione industriale

Analisi dei tempi

Gestione degli stock

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercitazioni

Calcolo forze di taglio

Cicli di lavorazione

Disposizione macchine utensili nei reparti

Valutazione movimentazione particolari prodotti

Laboratori

Tornio parallelo

Fresatrice verticale

Trapano radiale, trapano a montante, trapano da banco

Tornio a CN

Prove di durezza

Metrologia (strumenti di misura)

BIBLIOGRAFIA

R. Ippolito, *Appunti di Tecnologia Meccanica*, Levrotto & Bella, Torino.

AA.VV., *TECNOLOGIA MECCANICA E LABORATORIO TECNOLOGICO*, Giunti Gruppo Editoriale, Firenze.

F. Giusti, M. Santochi, *TECNOLOGIA MECCANICA E STUDI DI FABBRICAZIONE*, CASA EDITRICE AMBROSIANA, Milano.

ESAME

L'esame si articola in due parti: una prova scritta ed una prova orale.

La prova scritta comprende argomenti di teoria ed esercizi di calcolo. Il raggiungimento della sufficienza è essenziale per l'ammissione alla prova orale. La parte fiscale dell'esame ha inizio nel momento in cui l'allievo consegna l'elaborato: pertanto è data ampia facoltà allo studente di ritirarsi in qualunque momento durante la prova scritta. La prova orale inizia con la discussione dell'elaborato e prosegue con un colloquio che può trattare argomenti dell'intero programma del corso.

REQUISITI

Completamento di un anno di studio in un corso di laurea in Ingegneria, con voto di laurea non inferiore a 18.

PROGRAMMA

Il taglio del metallo

Struttura dei metalli

Stato di sollecitazione di un corpo

Accensione nei metalli e deformazione

Urtati elastici e plastici e deformazione a freddo

Forme di taglio

Effetti sul processo di lavorazione del metallo

Aspetti della scelta fredda

Tipologie del trascinio

Proprietà di passata

Metodi di taglio

Metodi di trascinio

Aspetti tecnici della formazione del trascinio

Effetti di taglio e trascinio

Trascinio e lavorazione

Formazione del trascinio

Formazione del trascinio

Raffreddamento

Distinta di metalli e leghe per stampi

Casi di lavorazione

Caso generale

Validazione per il taglio

Controllo dimensionale

Verifica dimensionale

Determinazione dei parametri di taglio

Determinazione dei parametri di taglio

Calcolo dei parametri di taglio

Anno: 4

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 86

esercitazioni: 20

laboratori e visite guidate: 14

Crediti: 9

Docente:

Margherita CLERICO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso tratta principalmente i problemi realizzativi delle strutture e degli organi meccanici degli aeromobili nell'ottica dell'attività di fabbricazione, di officina, di controllo e di manutenzione. Un ulteriore scopo del corso è quello di fornire agli allievi conoscenze realistiche sui materiali nel loro comportamento meccanico e termofisico e sui loro procedimenti 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 si svolge con lezioni, esercitazioni, visite in AERITALIA, ALITALIA, FIAT, etc.

MODULO A: PROCEDIMENTI TECNOLOGICI

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore)

lezioni: 46

esercitazioni: 4

laboratori e visite guidate: 14

Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A Corsi del biennio - Scienza delle Costruzioni.

PROGRAMMA

- Tipologia e tecnologie di fabbricazione degli elementi costruttivi degli aeromobili (15 h): Implicazioni di materiali e procedimenti tecnologici sui criteri di progetto strutturale; Possibile organigramma di Aziende costruttrici di aeroplani; Cenni sull'impostazione della configurazione e sul piano di sviluppo per la realizzazione di un velivolo civile; L'aeroplano (i principali elementi strutturali, esempi di strutture e di collegamenti, metodologie costruttive dell'aeromobile, tecnologie di fabbricazione dei principali elementi strutturali); Cenni sull'elicottero; La propulsione (la realizzazione di elementi costruttivi dei motori alternativi, problemi di esercizio e tecnologie di costruzione di elementi dei motori a turbina, cenni su coppie di attrito, cuscinetti e ingranaggi, pale d'elica, sospensioni elastiche).

- Il sistema qualità e le sue prove (15 h):

La normalizzazione: Qualità, Controllo della Qualità, Garanzia della Qualità, Sistema Qualità; La Garanzia della Qualità nell'Industria Aerospaziale e le norme NATO; Prove e metodi per il controllo e la valutazione del processo produttivo e della qualità del prodotto; Le prove per la caratterizzazione dei materiali; I difetti nei materiali, negli elementi metallici e nei compositi (difetti di fabbricazione e danneggiamenti in servizio); Le prove non distruttive (metodi e valutazione comparativa).

- I materiali usati nell'Industria Aerospaziale (8 h):

I materiali metallici (acciai, leghe di alluminio, leghe di magnesio, titanio), le materie plastiche (termoplastici, termoindurenti, elastomeri), i compositi a matrice polimerica, gli adesivi e le vernici: normalizzazione, caratteristiche e applicazioni in aeronautica

- I procedimenti tecnologici (8 h):

Colata; Procedimenti per deformazione a caldo e a freddo; Sinterizzazione (materiali ceramici,

materie plastiche); Tecnologia delle fibre, dei compositi e delle gomme; Lavorazioni speciali; Trattamenti superficiali; Pulitura delle superficie; Lavorazioni ad asportazione di trucioli; Procedimenti di ricopertura.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Disegno di alcune parti e attrezzature di produzione; Cicli di lavorazione; Laboratorio DIAL; Visite guidate.

BIBLIOGRAFIA

CLERICO, M., 1987, *Le tecnologie aeronautiche*, Levrotto & Bella.

CLERICO, M., 1996, *Il Sistema Qualità e le sue prove*, Levrotto & Bella.

Appunti su materiali e procedimenti tecnologici che variano a seconda delle tendenze dell'Industria Aerospaziale.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Valutazione scritta sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera deve sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: COMPORTAMENTO MECCANICO -TECNOLOGICO DEI MATERIALI

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore)

lezioni: 40

esercitazioni: 16

Crediti: 5

REQUISITI

Modulo B Corsi del biennio – Scienza delle Costruzioni.

PROGRAMMA

— *Teoria delle probabilità e statistica applicata a prove distruttive non distruttive e controllo di qualità* (20 h)

— *I materiali e le loro proprietà* (20 h).

Le proprietà; La struttura dei materiali e le loro proprietà; Equazioni fondamentali della meccanica del continuo; La fatica; Osservazioni sperimentali, meccanismi e criteri per la frattura; Attrito interno; Ossidazione e corrosione; Attrito e usura; Degradazione dei polimeri.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Verifiche statistiche; Verifica di organi e scelta del materiale più adatto.

BIBLIOGRAFIA

CLERICO, M., 1993, *I materiali e le loro proprietà*, Levrotto & Bella.

ESAME

Un esame tradizionale costituito da un colloquio orale conclude il corso. Per coloro che hanno superato la prova scritta relativa al modulo A l'esame verterà soltanto sui contenuti del modulo B ed il voto finale risulterà dalla media pesata sui rispettivi numeri di crediti dei voti dei moduli. Per coloro che non hanno superato la valutazione del modulo A (o che non hanno voluto di sfruttarne la possibilità) l'esame finale sarà unico.

Anno: 3	Periodo: 2	
Impegno (ore totali)	lezioni: 64	esercitazioni: 24
Crediti: 9		
Docente:	da nominare (1998/99: Andrea Bacciotti)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Nella progettazione, l'ingegnere deve prevedere, di regola, dispositivi di tipo meccanico o elettronico capaci di regolare in modo automatico o manuale il funzionamento ottimale dell'impianto. I modelli che si elaborano a tale scopo si dicono sistemi di controllo. Il corso fornisce le basi matematiche necessarie alla teoria dei sistemi di controllo e alle sue applicazioni. Argomenti principali del corso sono la teoria della stabilità, il calcolo delle variazioni, i fondamenti della teoria dei sistemi con ingressi e il controllo ottimo.

REQUISITI

Il contenuto essenzialmente matematico del corso richiede, quali conoscenze propedeutiche, quelle fornite nei corsi di Analisi Matematica I e II, Geometria e Meccanica Razionale.

MODULO A: EQUAZIONI DIFFERENZIALI E TEORIA DELLA STABILITÀ

EMISEMESTRE: PRIMO

Impegno (ore):	lezioni: 32	esercitazioni: 12
Crediti: 4		

PROGRAMMA

Sistemi in tempo continuo senza ingressi definiti da sistemi di equazioni differenziali ordinarie in dimensione finita, con particolare attenzione al caso lineare. Punti di equilibrio; stabilità e stabilità asintotica nel senso di Liapunov. Metodo delle funzioni di Liapunov.

MODULO B: CALCOLO DELLE VARIAZIONI E CONTROLLO OTTIMO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore)	lezioni: 32	esercitazioni: 12
Crediti: 5		

PROGRAMMA

Sistemi lineari tempo-invarianti con ingressi. Controllo di stabilità, osservabilità, stabilizzabilità. Problema base del calcolo delle variazioni ed equazioni di Eulero. Problemi a valori terminali liberi e problemi con vincoli. Controllo ottimo e principi di massimo di Pontrjagin.

BIBLIOGRAFIA

A. Bacciotti, Teoria Matematica dei Controlli, CELID, Torino, 1998

ESAME

Al termine del primo emise semestre si effettuerà una valutazione scritta sui contenuti del modulo A, e al termine del secondo emise semestre si effettuerà una valutazione scritta sui contenuti del

modulo B. Di tali valutazioni si terrà conto al momento dell'esame finale, che consisterà in un colloquio orale. Gli studenti che non hanno sostenuto le prove di accertamento o che non le avessero superate positivamente, dovranno rispondere ad alcune domande scritte prima di sostenere il colloquio.

REQUISITI

La scelta di un corso di laurea in Ingegneria...
...la preparazione...
...il controllo...
...la stabilità...
...la teoria...
...la pratica...
...la teoria...
...la pratica...
...la teoria...
...la pratica...

MODULO B. COMPORTAMENTO DINAMICO DI SISTEMI CONTINUI

SEMPRE PRIMO	SEMPRE SECONDO
lezioni: 25	lezioni: 40
esercitazioni: 22	esercitazioni: 10
lezioni: 25	lezioni: 40
esercitazioni: 22	esercitazioni: 10

REQUISITI

Matematica II, Calcolo del differenziale...
...la teoria...
...la pratica...

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

...la teoria...
...la pratica...
...la teoria...
...la pratica...

ESAME

L'esame...
...la teoria...
...la pratica...
...la teoria...
...la pratica...

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI IMPARTITI A MONDOVÌ

128 CHIMICA

programmato da corso separato a Torino

129 INGEGNERIA AEROSPAZIALE

programmato da corso separato a Torino

B0231 ANALISI MATEMATICA I

Vedi programma corso impartito a Torino

B0232 ANALISI MATEMATICA II

Vedi programma corso impartito a Torino

B0620 CHIMICA

Vedi programma corso impartito a Torino

B1420 DISEGNO TECNICO AEROSPAZIALE

Vedi programma corso impartito a Torino

Anno: 2	Periodo:1
Impegno (ore sett.):	lezioni: 6 esercitazioni: 2
Docente:	Maurizio Repetto

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso comprende la trattazione di fenomeni elettrici e magnetici a bassa frequenza con particolare attenzione all'utilizzo dell'energia elettrica all'interno delle installazioni di tipo civile ed industriale.

REQUISITI

Analisi Matematica I e II, Fisica I e II.

PROGRAMMA

Prima parte: circuiti

Modello circuitale dei fenomeni elettromagnetici, ipotesi fondamentale del modello circuitale, definizione di componente e classificazione dei componenti ideali, cenni ai componenti reali, leggi dei circuiti.

Teoremi di rete: teorema di sovrapposizione, teoremi dei circuiti equivalenti di Thevenin e di Norton, teorema di Millmann, trasformazioni energetiche nei circuiti e teorema di Tellegen.

Evoluzione dei circuiti nel tempo delle reti lineari tempo invarianti, richiami alla soluzione delle equazioni differenziali a coefficienti costanti, nozione di transitorio e regime, transitori nei circuiti del primo ordine, carica del condensatore e dell'induttore.

Regime sinusoidale, metodo simbolico, impedenza ed ammettenza, diagrammi vettoriali, fenomeno della risonanza ed antirisonanza, potenza nei circuiti in regime sinusoidale, potenza attiva e reattiva, rifasamento, tariffazione, correnti di corto circuito.

Sistema trifase, definizioni, generatori e carichi trifase, collegamenti a stella e triangolo, metodi di soluzione di circuiti trifase equilibrati e non, misura della potenza.

Seconda parte: campi

Campo di corrente, resistenza, dispersori di terra.

Campo magnetico statico e lentamente variabile, circuiti magnetici, riluttanza ed induttanza, mutua induttanza, energia nei circuiti magnetici lineari e nonlineari, induzione elettromagnetica trasformatorica e mozionale, perdite nel ferro.

Terza parte: macchine elettriche

Trasformatore monofase, trasformatore ideale e circuito equivalente del trasformatore reale, prova a vuoto ed in corto circuito, determinazione dei parametri di macchina, parallelo di trasformatori, trasformatori trifase, gruppo orario.

Motore ad induzione, principio di funzionamento, caratteristica di coppia, problemi di avviamento.

Macchina sincrona: principio di funzionamento, alternatore, parallelo su rete.

Quarta Parte: impianti elettrici

Quadro normativo: enti normatori e norme di riferimento per gli impianti ad uso civile.

Classificazione utenze elettriche, tipologie di impianto, carichi convenzionali.

Dimensionamento condutture, tipologie di posa, dimensionamento termico.

Protezioni negli impianti: protezioni meccaniche, protezioni contro le sovracorrenti, protezioni contro gli incendi, protezioni contro le sovratensioni di origine atmosferica.

Sicurezza elettrica delle persone: effetti della corrente elettrica sul corpo umano, contatti diretti ed indiretti, impianti di terra, stato del neutro, interruttore differenziale, sistemi a tensione ridotta.

Impianti elettrici in luoghi speciali.

BIBLIOGRAFIA

F. Ciampolini "Fondamenti di Elettrotecnica" Ed. Pitagora, Bologna.

ESAME

L'esame è composto da una prova scritta e da un colloquio. Il superamento della prova scritta è vincolante per l'ammissione all'orale. La prova scritta comprende tre esercizi sulle parti del corso per la cui soluzione è possibile la consultazione di testi ed appunti. La presa visione del testo di esame comporta la registrazione del verbale di esame. Il risultato della prova scritta è valido entro la prima tornata di esami orali

B1901 FISICA GENERALE I

Vedi programma corso impartito a Torino

B1902 FISICA GENERALE II

Vedi programma corso impartito a Torino

B2170 FONDAMENTI DI INFORMATICA

Vedi programma corso impartito a Torino

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si articola in 6 ore settimanali di lezione e 4 ore settimanali di esercitazione di cui 2 ore a corso riunito, relative a problemi generali tecniche standard di soluzione, eventuali complementi, 2 ore a squadre separate dedicate a problemi di tipo specifico e applicazioni.

PROGRAMMA

- Numeri complessivi: operazioni, rappresentazione trigonometrica, radici n -esime.
- Polinomi ed equazioni algebriche in campo reale e complesso: radici, decomposizione di polinomi in fattori irriducibili.
- Vettori del piano e dello spazio: operazioni, componenti, prodotto scalare, vettoriale, misto.
- Spazi vettoriali: proprietà elementari, sottospazi, somme intersezioni di sottospazi, dipendenza lineare, insiemi di generatori, basi, dimensione.
- Matrici: operazioni, invertibilità, rango, determinanti.
- Sistemi lineari: Teorema di Rouchè-Capelli, metodi di risoluzione, sistemi ad incognite vettoriali, matrice inversa.
- Applicazioni lineari: definizioni e proprietà elementari, nucleo e immagine, suriettività, iniettività, applicazione inversa, applicazioni lineari e matrici, matrici simili, cambiamenti di base.
- Autovalori e autovettori: polinomio caratteristico, autospazi, endomorfismi semplici, matrici diagonalizzabili.
- Forma canonica di Jordan: teorema di Cayley-Hamilton e polinomio minimo, endomorfismi e matrici nilpotenti, matrici diagonali a blocchi autospazi generalizzati, forma canonica di Jordan.
- Spazi con prodotto scalare: basi ortonormali, endomorfismi autoaggiunti, matrici simmetriche reali e forme quadratiche.
- Coordinate cartesiane nel piano e nello spazio. Cambiamenti di riferimento cartesiani. Coordinate polari nel piano.
- Rette e circonferenze nel piano.
- Coniche in forma canonica e generale.
- Rette e piani nello spazio.
- Sfere e circonferenze.
- Quadriche (in forma canonica)
- Superfici nello spazio: coni, cilindri, superfici di rotazione
- Curve nello spazio e curve piane
- Curve regolari e biregolari: versori tangente, normale, binormale, piano osculatore, elica circolare

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Greco, P. Valabrega "Lezioni di Algebra Lineare e Geometria", Vol. I "Algebra lineare", Vol. II "Geometria Analitica e Differenziale", Levrotto & Bella, Torino.

Testo consigliato:

A. Sanini "Lezioni di Geometria", Levrotto & Bella, Torino.

Libri di esercizi adatti al Corso:

S. Greco, P. Valabrega *"Esercizi risolti di Algebra Lineare, Geometria Analitica e Differenziale"*, Levrotto & Bella, Torino.

A. Sanini *"Esercizi di Geometria"*, Levrotto & Bella, Torino.

Chiarli, S. Greco, P. Valabrega, *"100 Esercizi di Algebra Lineare"*, Levrotto & Bella, Torino.

N. Chiarli, S. Greco, P. Valabrega, *"Esercizi di Geometria analitica piana e numeri complessi"* Levrotto & Bella.

Chiarli, S. Greco, P. Valabrega, *"100 Esercizi di Geometria spaziale"* Levrotto & Bella, Torino.

G. Tedeschi, *"Test di Geometria risolti"*, Esculapio, Bologna.

G. Cervelli, A. Di Lello, *"Geometria: Esercizi risolti"*, CLUT, Torino.

ESAME

L'esame è costituito da una prova scritta, consistente nella risoluzione di esercizi, e da una prova orale.

Possono accedere all'orale gli studenti che nella prova scritta abbiano riportato una votazione non inferiore a 15/30. In sede di prova orale non è esclusa la richiesta di svolgimento di esercizi, ad eventuale completamento dello scritto. Al termine di ciascuna prova scritta il docente eseguirà alla lavagna lo svolgimento del compito, dopodiché sarà possibile ritirare l'elaborato consegnato, ottenendo la restituzione dello statino.

Nel corso del semestre verranno effettuate due prove di esonero (test a risposta multipla), e precisamente: una prima prova alla fine di aprile riguardante i numeri complessivi e l'algebra lineare, e una seconda, alla fine del corso, riguardante la rimanente parte del programma. Gli studenti che riporteranno in ciascuna prova una votazione non inferiore a 14/30 potranno non sostenere la prova scritta tradizionale e presentarsi direttamente all'orale. Si potrà usufruire di tale possibilità una volta negli appelli di giugno-luglio e una volta negli appelli di settembre.

Per poter sostenere l'esame è necessaria una prenotazione, che verrà effettuata consegnando lo statino alla Segreteria di Mondovì.

L'esame si intende iniziato con la consegna della prova scritta (o con l'inizio della prova, per gli studenti che abbiano superato le prove di esonero).

Per quanto non precisato, fanno fede le norme generali della Facoltà di Ingegneria.

B3370 MECCANICA RAZIONALE

Vedi programma corso impartito a Torino

Anno: 2

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni: 70

esercitazioni: 17

laboratori: 3

Crediti: 9

Docente:

*da nominare (1998/99: Claudio BADINI)***PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Nel corso sono espone le leggi generali che riguardano il comportamento dei materiali (metalli, ceramici, polimerici e compositi). Sono quindi descritti i principali materiali impiegati nelle costruzioni aeronautiche prendendo in considerazione la loro microstruttura, le caratteristiche meccaniche e le tecnologie di fabbricazione. In particolare sono trattati gli acciai e le leghe di alluminio, i materiali refrattari ed i nuovi ceramici, i principali materiali polimerici ed alcuni materiali compositi. Sono inoltre presentati i combustibili (con particolare riferimento al cherosene) e i principi del processo di combustione. Le esercitazioni riguardano calcoli sulla combustione e metodi di misura delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Il corso è diviso in due moduli al termine di ciascuno dei quali è possibile una separata valutazione.

MODULO A: SCIENZA DEI MATERIALI, COMBUSTIONE**EMISEMESTRE: PRIMO**

Impegno (ore)

lezioni: 40

esercitazioni: 10

Crediti: 5

REQUISITI

Fisica, Chimica, Analisi I.

PROGRAMMA**Generalità sui combustibili:**

Potere calorifico superiore e inferiore; aria teorica di combustione; composizione e volume dei fumi; temperatura teorica di combustione; limiti di infiammabilità; controllo della combustione.

Descrizione dei vari tipi di combustibili:

Cenni su combustibili solidi. Combustibili liquidi; distillazione del petrolio; processi di cracking e reforming; raffinazione chimica. Carburanti: benzine, cherosene per uso aeronautico, oli per diesel. Numero di ottano delle benzine e uso di additivi, problematiche di inquinamento ambientale. Qualità di accensione e numero di cetano di oli per diesel. Combustibili gassosi: cenni.

Struttura e geometria dei solidi cristallini:

Legami chimici e vari tipi di solidi: curve di Condon-Morse. Sistemi cristallini e reticoli di Bravais. Reticoli cristallini di metalli e ceramici comuni. Posizioni reticolari, direzioni e piani cristallografici: indici di Miller. Sistemi di scorrimento e deformazione plastica. Difetti di punto, linea e superficie nei cristalli reali. Diffusione nei solidi, leggi di Fick. Deformazione plastica: ruolo delle dislocazioni. Recupero e ricristallizzazione. Processi di nucleazione e crescita: solidificazione e precipitazione allo stato solido. Meccanismi di rafforzamento. Diagrammi di stato binari: interpretazione di diagrammi di stato con riferimento a leghe metalliche e ceramici.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Calcoli sulla combustione. Prove condotte su combustibili liquidi.

BIBLIOGRAFIA

Cesare Brisi, Chimica Applicata, Levrotto e Bella, Torino.

William F. Smith, Scienza e Tecnologia dei Materiali, McGraw-Hill Italia, Milano.

Pietro Appendino, Carlo Gianoglio, Esercizi di Chimica Applicata, CELID, Torino.

VALUTAZIONE E/O ESAME

Al termine del primo semestre è possibile una valutazione scritta sui contenuti del modulo A. In caso di esito favorevole i contenuti del modulo A non saranno più oggetto di verifica alla fine del semestre. Questa valutazione parziale è possibile soltanto in questa occasione: lo studente che non la utilizza o non la supera dovrà sottoporsi all'esame complessivo.

MODULO B: TECNOLOGIE DI FABBRICAZIONE E CARATTERISTICHE DI MATERIALI PER USO AERONAUTICO

EMISEMESTRE: SECONDO

Impegno (ore) lezioni: 30 esercitazioni: 7 laboratori: 3
Crediti: 4

REQUISITI

Modulo A, Fisica, Chimica, Analisi I.

PROGRAMMA

Acciai:

Fabbricazione della ghisa, trasformazione della ghisa in acciaio. Diagramma di stato ferrocementite. Classificazione degli acciai. Caratteristiche meccaniche di leghe metalliche: proprietà tensili, durezza, resilienza, resistenza a fatica, creep, dilatazione termica. Trattamenti termici degli acciai: ricottura, normalizzazione, bonifica, tempra isoterma, curve TTT e CCT. Trattamenti di indurimento superficiale: tempra superficiale, cementazione, nitrurazione. Acciai legati, acciai inossidabili.

Materiali ceramici:

Fabbricazione di materiali ceramici: formatura, sinterizzazione. Misura delle caratteristiche meccaniche: resistenza a compressione e a flessione. Tenacità a frattura: teoria di Griffith. Materiali ceramici tradizionali: refrattari silicei, silico-alluminosi, magnesiaci, cromitici, grafitici. Materiali innovativi: zirconia, allumina, carburo di silicio. Fabbricazione di fibre ceramiche. Stato vetroso: generalità, cenni sulla produzione di fibre di vetro.

Materiali polimerici:

Metodi industriali di polimerizzazione. Lavorazione di materiali polimerici. Resine termoplastiche: polietilene, polipropilene, polistirene, poliacriliche, fluorurate, poliammidiche. Resine termoindurenti: fenoliche, poliestere, epossidiche, siliconi. Gomme. Microstruttura e caratteristiche meccaniche dei materiali polimerici.

Leghe di alluminio:

Metallurgia dell'alluminio. Leghe da deformazione plastica e da getto: classificazione e effetto di elementi leganti. Trattamenti termici delle leghe di alluminio: modificazioni microstrutturali e caratteristiche meccaniche.

Materiali compositi:

Generalità sui materiali compositi: comportamento di compositi con fibre lunghe in condizioni

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è articolato in tre parti: la prima, di tipo storico-critico, ha lo scopo di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici. La seconda parte, di tipo letterario, ha lo scopo di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici. La terza parte, di tipo storico-critico, ha lo scopo di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici.

PRIMA PARTE

Questo primo periodo ha lo scopo di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici. L'obiettivo è quello di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici. L'obiettivo è quello di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni hanno lo scopo di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici. L'obiettivo è quello di fornire allo studente una solida base di conoscenze e di strumenti metodologici per l'analisi e l'interpretazione dei testi letterari e storici.

BIBLIOGRAFIA

D. De Robertis, *La Letteratura Italiana*, Garzanti, 1998.
M. Barbi, *La Letteratura Italiana*, Garzanti, 1998.

ESAME

La valutazione finale del corso ha lo scopo di verificare l'acquisizione delle conoscenze e delle competenze del corso. L'obiettivo è quello di verificare l'acquisizione delle conoscenze e delle competenze del corso.

Periodo : 2
Impegno (ore)
Crediti: 5
Docente:

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Tullio REGGE

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è incentrato sul concetto di simmetria. L'idea non è assolutamente quella di fare un corso monografico e astratto basato su formule, ma piuttosto quello di seguire le orme di Hermann Weyl, un grande matematico che ha scritto un testo classico sull'argomento di carattere interdisciplinare e che investe anche l'analisi di opere d'arte e di architettura. Sono estremamente numerose le strutture che hanno simmetrie nascoste, usualmente non riconosciute come tali, che durante lo svolgimento del corso saranno poste in luce.

PROGRAMMA

Cenni storici partendo dal Timeo attraverso Galois e l'inizio della teoria dei gruppi.

Concetto di gruppo.

Simmetrie discrete e simmetrie continue.

Ruolo delle simmetrie nella Fisica sia classica sia quantistica.

Cristalli.

Simmetrie nella relatività ristretta.

Simmetria nelle particelle elementari. Materia e antimateria.

Valore estetico della simmetria.

Simmetria in biologia.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono l'approfondimento di temi specifici proposti dal docente e applicazioni sul riconoscimento di simmetrie nascoste.

BIBLIOGRAFIA

D. Hilbert e Vossen-Cohen, *Geometria e intuizione*, Bollati Boringhieri.

H. Weyl, *Simmetria*, Bollati Boringhieri

ESAME

La valutazione finale sarà basata sulle esercitazioni svolte e su una prova pratica scritta.

UM017 ESTETICA (R)

Periodo: 2

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Roberto SALIZZONI

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. E' possibile percorrere, seguendo i fili tematici dell'estetica, le aree più interessanti del discorso filosofico ed umanistico del nostro secolo. Il corso propone alcuni di questi percorsi, mirando a chiarire le diverse prospettive metodologiche, a mettere a punto un lessico filosofico essenziale, a introdurre gli autori più significativi.

PROGRAMMA

Arte, linguaggio e comunicazione (L'ecologia della mente secondo Bateson; i diversi modi di concepire l'inconscio da Freud alla "pragmatica della comunicazione"; stile, grazia e bellezza come condizioni della comunicazione).

Arte, tecnica, natura (Il rapporto tra arte, mito e scienza secondo C. Lévi-Strauss; l'arte come risposta possibile allo sviluppo della tecnica secondo W. Benjamin; tecnica e natura in M. Heidegger).

Creazione e ricezione dell'opera (R. Jauss e il piacere estetico; il problema dell'autore secondo l'ermeneutica).

Razionale e irrazionale nell'avanguardia (T. Adorno sull'arte moderna asservita; le interpretazioni della pittura astratta come storia esemplare).

Paesaggio e collezione (Ambiente naturale e artificiale: un confronto tra ermeneutica e antropologia. J. Clifford, S. Stewart, H.G. Gadamer).

BIBLIOGRAFIA

W. Tatarkiewicz, *Storia di sei Idee*, Palermo, Aesthetica

c. W. Benjamin, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino, Einaudi.

C. Lévi-Strauss, *Il pensiero selvaggio*, Milano, il Saggiatore

G. Bateson, *Verso un'ecologia della mente*, Milano, Adelphi

H.R. Jauss, *Apologia dell'esperienza estetica*, Torino, Einaudi

AA. VV., *The spiritual in Art: Abstract Painting 1890-1985*, New York, Abbeville

S. Stewart, *On Longing*, Londra, Duke Univ. Press

J. Clifford, *I frutti puri impazziscono*, Torino, Bollati

T. W. Adorno, *Teoria estetica*, Torino, Einaudi

M. Heidegger, *Saggi e discorsi*, Milano, Mursia

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate.

ESAME

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

UM018 FILOSOFIA DELLA SCIENZA (MENTE, CERVELLO E COMPUTER) (R)

Periodo: 2

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Alberto VOLTOLINI

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si incentrerà su alcuni dei principali temi di filosofia della mente che sono all'ordine del giorno del dibattito contemporaneo: la natura degli stati mentali, il rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, la questione dei contenuti mentali e quella dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo. Attraverso l'analisi di questi temi, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. All'interno di questo quadro, una specifica attenzione verrà dedicata ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive da un lato e dell'intelligenza artificiale dall'altro rende sempre più attuale, ossia se il paragone tra la mente e il computer fornisca la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento.

PROGRAMMA

Il dualismo cartesiano: mente e corpo come sostanze separate.

Il rifiuto della mente: il programma comportamentista. Limiti del programma.

Il materialismo radicale e quello moderato: varie teorie dell'identità tra stati mentali e stati cerebrali.

Il programma funzionalista e l'idea di 'realizzabilità multipla' di uno stato mentale.

Il funzionalismo computazionale: la mente come un computer. Macchine di Turing, test di Turing; le obiezioni (l'argomento di Searle della 'stanza cinese').

Il rapporto mente-corpo: sono gli stati mentali causalmente efficaci?

Il problema del contenuto mentale. L'importanza del contenuto per l'individuazione di uno stato mentale; irriducibilità o meno della proprietà di avere un contenuto per uno stato mentale (questione della 'naturalizzazione dell'intenzionalità').

BIBLIOGRAFIA

Testo base:

Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

Testi di consultazione:

M. Salucci, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.

R. Lanfredini, *Intenzionalità*, La Nuova Italia, Firenze 1998.

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

UM019 METODOLOGIA DELLE SCIENZE NATURALI A (IL METODO SCIENTIFICO) (R)

Periodo : 1

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Gabriele LOLLI

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Un'introduzione ai temi attuali trattati dalla filosofia della scienza dopo la reazione al neopositivismo - scienza normale, rivoluzioni, progresso, incommensurabilità, costruzione sociale dei concetti, relativismo, post-modernismo - con letture commentate da Hanson, Wittgenstein, Kuhn, Feyerabend, Bloor, Latour.

PROGRAMMA

1° L'eredità del neopositivismo - Hanson e i "fatti carichi di teoria" - Kuhn, scienza normale e rivoluzioni - Feyerabend, contro il metodo - Bloor e la sociologia della scienza - La discussione attuale tra realisti e relativisti.

BIBLIOGRAFIA

R. N. Giere, *Understanding Scientific Reasoning*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1985.
G. Lolli, *Befte, scienziati e stregoni*, Il Mulino, Bologna, 1998.
E. Nagel, *La struttura della scienza*, Feltrinelli, Milano, 1985.
oltre a letture di testi originali.

ESAME

L'esame richiederà la presentazione di una relazione scritta su un tema o autore trattati nel corso.

UM020 **METODOLOGIA DELLE SCIENZE NATURALI B** **(IL METODO SCIENTIFICO) (R)**

Periodo didattico: 1

Impegno (ore) lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente: **Gabriele LOLLI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Si discuteranno i concetti fondamentali del metodo scientifico. Attraverso alcune parole-chiave - come "osservazione", "esperimento", "prova", "causa" - mettendone in evidenza le diverse accezioni nei diversi periodi storici e nelle diverse aree di ricerca scientifica. Ad esempio per "esperimento" si potrà discutere il passaggio dalla osservazione naturale nella scienza antica, alla ideazione di situazioni artificiali nella scienza sperimentale del Seicento, alle imprese tecnologiche della big-science odierna.

REQUISITI

Modulo Metodologia delle Scienze Naturali (A).

PROGRAMMA

Ragionamento scientifico - Struttura logica delle teorie - Osservazioni, ipotesi, teorie, modelli, fatti, dati, cause, esperimenti, esperimenti mentali.

BIBLIOGRAFIA

R. N. Giere, *Understanding Scientific Reasoning*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1985.

G. Lolli, *Beffe, scienziati e stregoni*, Il Mulino, Bologna, 1998.

E. Nagel, *La struttura della scienza*, Feltrinelli, Milano, 1985.

oltre a letture di testi originali.

ESAME

L'esame richiederà la presentazione di una relazione scritta su un tema o autore trattati nel corso.

BIBLIOGRAFIA

A. Peirce, *La logica degli scienziati*, Trinità Stampatori, Roma, 1998.

A. K. Chalmers, *Imparare e insegnare*, Boringhieri, 1997.

D. S. Lindley, *Statistica Scientifica: Interpretazione, metodologia e pratica*, Bollati-Boringhieri, 1998.

ESAME

L'esame prevederà la lettura della prima parte, la presentazione di un

tema su uno dei temi e scrivere e presentare un rapporto

sull'argomento. In questo caso è indispensabile una buona conoscenza del

UM021 **PROPEDEUTICA FILOSOFICA** **(INTRODUZIONE AL PENSIERO CONTEMPORANEO) (R)**

Periodo: 1

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Diego MARCONI

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone d'illustrare, ad un livello elementare, concetti, metodi, ed esempi della ricerca filosofica attuale, in vari campi (metafisica, filosofia del linguaggio, filosofia della mente, filosofia morale). Sarà sottolineata la struttura argomentativa del discorso filosofico, cioè si cercherà di mettere in evidenza in che modo e con quali argomenti sono sostenute le diverse tesi filosofiche di volta in volta esaminate.

PROGRAMMA

Filosofia (che cos'è e perché occuparsene).

L'esistenza di Dio (argomenti per l'esistenza di Dio; Dio e il male).

Giusto e sbagliato in senso morale (ci sono argomenti per l'altruismo? I principi e i valori morali sono universali?).

Libero arbitrio e determinismo.

Morte (c'è vita dopo la morte? La morte è buona, cattiva o indifferente? La morte degli altri e la propria morte).

Conoscenza (abbiamo vera conoscenza del mondo esterno, o hanno ragione gli scettici?).

Scienza (che cos'è il metodo scientifico? che cosa distingue la scienza dalla pseudoscienza?).

Arte (che cos'è? che differenza c'è tra un'opera d'arte e un oggetto non artistico?).

BIBLIOGRAFIA

N. Warburton, *Il primo libro di filosofia*, Einaudi, Torino 1999.

T. Nagel, *Una brevissima introduzione alla filosofia*, Il Saggiatore, Milano 1989.

ESAME

L'esame prevederà la presentazione di una relazione scritta su un testo filosofico concordato col docente, e un compito scritto finale.

UM022 **SOCIOLOGIA DEL LAVORO (R)**

Periodo: 1

Impegno: 30 ore di lezione (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente: **Alberto BALDISSERA**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è esaminare modi e forme di utilizzazione economica e sociale delle innovazioni tecnologiche. Particolare attenzione verrà dedicata all'analisi delle relazioni esistenti tra innovazioni tecnologiche ed organizzative nelle imprese economiche e in alcuni sistemi tecnologici complessi.

L'idea di fondo è che la diffusione delle innovazioni tecnologiche richiede adattamenti e innovazioni radicali nelle strutture organizzative delle imprese economiche, oltre a notevoli investimenti in istruzione e formazione professionale. A loro volta, le innovazioni organizzative, dal mutamento dei sistemi manageriali di controllo e dell'organizzazione del lavoro sino alle modifiche delle interfacce uomo-macchina, adattano le tecnologie alle esigenze produttive e del lavoro umano e contribuiscono a modificarle in misura rilevante.

PROGRAMMA

Alcuni temi e problemi fondamentali della sociologia dell'azione sociale e della metodologia della ricerca sociologica.

Le relazioni tra processi di globalizzazione, innovazioni tecnologiche e occupazione, nei paesi europei e negli USA. Particolare attenzione verrà dedicata all'analisi delle politiche (riguardanti l'istruzione e la formazione professionale, il mercato del lavoro, le politiche pubbliche di welfare, l'innovazione di prodotti e di processi) messe in atto in questi paesi al fine di stimolare lo sviluppo economico e l'occupazione.

Le innovazioni organizzative (come il re-engineering o i programmi di total quality management) che accompagnano, stimolano e modificano l'introduzione delle tecnologie dell'informazione nelle organizzazioni industriali e dei servizi.

Le patologie dei sistemi tecnologici complessi, illustrate negli ultimi decenni da una serie di incidenti maggiori, da Seveso a Three Mile Island, Chernobil, Bophal, etc. Verranno in particolare definiti i concetti di interfaccia e di interazione uomo-macchina, di logica della progettazione e logica di utilizzazione dei sistemi tecnologici complessi, di organizzazione affidabile ed esaminate alcune teorie organizzative degli incidenti tecnologici.

BIBLIOGRAFIA

A. Baldissera, *La tecnologia difficile*, Tirrena Stampatori, Torino, 1992.

A. M. Chiesi, *Lavori e professioni*, Roma, NIS, 1997.

D. S. Landes., *Prometeo liberato. Trasformazioni tecnologiche e sviluppo industriale nell'Europa occidentale dal 1750 ai giorni nostri*, Torino, Einaudi, 1978.

ESAME

L'esame prevederà, a fianco della prova orale, la presentazione di una relazione scritta. Gli studenti saranno invitati a scrivere e presentare studi riguardanti uno o più incidenti tecnologici maggiori. In questo caso è indispensabile una buona conoscenza della lingua inglese.

Periodo : 1

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Chiara OTTAVIANO**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso mira a fornire strumenti di conoscenza utili per orientarsi all'interno della società contemporanea, oggi in profonda trasformazione anche rispetto alle innovazioni in corso nei modi e sistemi di comunicazioni. Non si tratta però solo di capire cosa ha implicato in tempi recenti la cosiddetta rivoluzione digitale, ma di comprendere come, sin dalle sue origini, i modi di produzione delle società industriali siano stati profondamente condizionati dai modi di comunicazione e trasmissione delle informazioni. Il corso avrà pertanto carattere interdisciplinare con punti di vista sociologici, economici, storici, culturali. Un'attenzione particolare sarà dedicata alle professioni e alle istituzioni coinvolte, nell'industria e nel mercato, ma anche al ruolo degli utenti finali, i consumatori, che possono o meno adottare le opportunità tecnologiche offerte. L'analisi di alcuni casi relativi all'introduzione di ormai "vecchi" mezzi di comunicazione sarà di ausilio per un approccio critico alla lettura di alcune ipotesi, oggi diffuse, intorno agli effetti e alle conseguenze delle cosiddette nuove tecnologie della comunicazione.

La stessa definizione di comunicazione di massa, coniata negli anni trenta, appare oggi non del tutto adeguata, giacché non comprende le innovazioni, tecniche e sociali, introdotte dalla telematica e dai mezzi che consentono interattività (in particolare Internet).

ESERCITAZIONI

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

PROGRAMMA

La cosiddetta "società dell'informazione": definizioni e quadro teorico.

Le tesi di J. Beniger sulla "rivoluzione del controllo", in riferimento all'origine della società dell'informazione.

Cenni sulla storia e l'evoluzione dei mezzi e dei modi di comunicazione.

Il tema della negoziazione sociale a proposito dell'introduzione di vecchie e nuove tecnologie della comunicazione: analisi di casi

BIBLIOGRAFIA

C.Ottaviano, *Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem*, Torino, Paravia, 1997.

J. Meyrowitz, *Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale*, Bologna, Baskerville 1993.

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

UM024 SOCIOLOGIA DELLE COMUNICAZIONI DI MASSA B (R)

Periodo : 1

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Chiara OTTAVIANO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è da intendersi come un approfondimento del modulo I.

Al centro dell'attenzione saranno i mezzi di comunicazione di massa, e in particolare la radio, il cinema e la televisione, "agenti di socializzazione" fra i più significativi nella società contemporanea.

L'attenzione sarà rivolta alla tradizione degli studi sociologici sul tema, ma anche agli aspetti relativi al carattere industriale e agli apparti del broadcasting, alle professioni coinvolte, agli aspetti legislativi.

Specifiche esercitazioni saranno dedicate all'analisi del linguaggio audiovisivo con esempi tratti da fonti d'archivio come i cinegiornali, e da fonti coeve, come i telegiornali.

REQUISITI

Aver superato l'esame del Modulo di Sociologia delle comunicazioni di massa A.

ESERCITAZIONI

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

PROGRAMMA

La comunicazione di massa: definizioni e quadro teorico.

Cinema e televisione: la riflessione del pensiero sociologico, tesi a confronto.

Il cinema e la televisione: industria, apparati e legislazione nel caso italiano.

Il linguaggio audiovisivo: esercizi con il televisore.

BIBLIOGRAFIA

C.Ottaviano, *Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem*, Torino, Paravia, 1997.

J. Meyrowitz, *Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale*, Bologna, Baskerville 1993.

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

Periodo: 2

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Gian Carlo JOCTEAU**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

PROGRAMMA

La storia contemporanea e le sue periodizzazioni.

Lo sviluppo economico moderno.

Il progresso tecnico.

La rivoluzione industriale inglese e le vie di trasmissione dell'industrializzazione.

Le vie nazionali all'industrializzazione.

La crisi delle società di *ancien régime*.

L'andamento demografico.

Classi, ceti e gruppi sociali.

Lo stato moderno.

Gli stati liberali.

Democrazia, socialismo e totalitarismo.

Gli equilibri geopolitici ed i loro mutamenti.

BIBLIOGRAFIAP. Macry, *La società contemporanea. Un'introduzione storica*, Il Mulino, Bologna, 1995.S. Pollard, *La conquista pacifica. L'industrializzazione in Europa dal 1760 al 1970*, Il Mulino, Bologna, 1989.**ESAME**

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

UM026 **STORIA DELLA FILOSOFIA CONTEMPORANEA (R)**

Periodo: 2

Impegno (ore) lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente: **Gianni VATTIMO**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Breve storia della filosofia novecentesca centrato sul tema del rapporto tra "humanities" e mondo tecnico-scientifico: il filo conduttore è dunque ciò che la filosofia novecentesca (e non solo la filosofia in senso stretto: anche autori e testi di campi affini, come: letteratura, sociologia, tecnologia...) ha pensato circa la configurazione principalmente tecno-scientifica del mondo contemporaneo: posizioni polemiche, spesso, ma anche teorie che guardano alla scienza sperimentale come modello di conoscere "vero", e alla tecnologia come a luogo di sperimentazione per una nuova forma di umanità. Il corso non privilegia (anche se non ignora) le riflessioni filosofiche sulla scienza, non è cioè un corso di epistemologia; e anzi ritiene indispensabile allargare la prospettiva sulla storia delle idee nel senso più generale della parola.

PROGRAMMA

I contenuti dei due corsi, strettamente integrati tra loro, prevedono lo sviluppo della storia dei principali movimenti filosofici del Novecento centrata sul rapporto esistenza-tecnica. In particolare si approfondiranno i seguenti temi:

Lo spirito dell'avanguardia: E. Bloch e l'espressionismo

Tempo vissuto e libertà in Bergson

Esistenzialismo e autenticità

La scuola del sospetto: Nietzsche, Freud, Marx

La scienza come modello: Wittgenstein, Popper

La scuola di Francoforte e la critica della razionalizzazione

Nihilismo: Sartre, Heidegger, Pareyson

Dalla linguistica all'antropologia e dall'antropologia alla linguistica: Lévi Strauss, Bateson, la scuola di Palo Alto e la pragmatica della comunicazione.

Postmoderno e narratività: Lyotard e P. Ricoeur

Le grandi svolte dell'etica

Il dialogo, la virtù, la comunità

Filosofia della religione, il problema del sacro

BIBLIOGRAFIA

G. Vattimo, *Tecnica ed esistenza*, Paravia, Torino, 1998.

AA. VV., *Dizionario di filosofia e scienze umane*, Garzanti.

Durante il corso sarà fornito dal docente ulteriore materiale didattico.

ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta.

UM027 **STORIA DELLA TECNICA A (MACCHINE E SISTEMI INDUSTRIALI) (R)**

Periodo: 1

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti:5

Docente:

Vittorio MARCHIS

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso vuole fornire agli studenti la capacità di inquadrare gli oggetti e i sistemi tecnici nella loro prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse sul concetto di storia, sul ruolo e sulle finalità della ricerca storica, e specificamente sul significato della storia della tecnologia. In parallelo vengono presi in esame i momenti salienti della storia dell'economia e del pensiero scientifico. Nella seconda parte del corso sono analizzati, con particolare attenzione al XX secolo, i sistemi tecnici più significativi, e i loro contesti sociali ed economici.

PROGRAMMA

La storia come scienza. Le scritture come fondamento della storia: il documento. La ricerca storica. I temi e le idee della storia. Cronologia e storia. La storia e "le storie".

La "scienza nuova" e il passaggio "dal mondo del pressappoco all'universo della precisione" (A.Koyré). La nascita della metallurgia nel '500; la "meccanica" da Guidobaldo del Monte a Galilei a Newton; la nascita delle Accademie e delle istituzioni scientifiche. Il macchinismo e il mito del progresso. Il Settecento e la coscienza della tecnologia. L'Illuminismo e le Enciclopedie.

La Rivoluzione industriale. L'industria dei metalli e gli arsenali. Il vapore. L'istruzione tecnica. L'Ottocento e il trionfo delle macchine.

La grande industria: Il macchinismo e la diffusione del sistema di fabbrica: Inghilterra, Francia, Germania, Italia. La nascita dell'elettricità. I sistemi tecnici: il telegrafo; le ferrovie; l'industria chimica. I politecnici e le scuole di ingegneria. La diffusione del sapere tecnico: le Esposizioni industriali; i brevetti. L'ottimismo "fin-de-siècle". Le crisi e le speranze del XX secolo. Le costruzioni in ferro e in cemento armato.

Gli scenari del XX secolo: La nascita dell'aeronautica. Il sistema industriale e il modello tayloristico. I grandi sistemi tecnici: elettricità, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. Le rivoluzioni informatiche. La Big Science e i Large Systems.

ESERCITAZIONE

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di almeno un saggio significativo scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

BIBLIOGRAFIA

G. Anders, *L'uomo è antiquato. La terza rivoluzione industriale*, (Bollati Boringhieri), Torino 1992.

J. R. Beniger, *Le origini della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo*, (Utet Libreria), Torino 1995.

A.D. Chandler jr., *Dimensione e diversificazione. Le dinamiche del capitalismo industriale*, (Il Mulino), Bologna 1994.

D. Harvey, *La crisi della modernità*, (Il Saggiatore), Milano 1993.

V. Marchis, *Storia delle macchine*, (Ed. Laterza), Roma-Bari 1994.

V. Marchis (a cura di), *Storia delle scienze vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico)*, (Einaudi), Torino 1995.

M. McLuhan, *Gli strumenti del comunicare*, (Il Saggiatore), Milano 1997.

M. Nacci, *La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935*, (Guerini e Associati), Milano 1994.

D. Noble, *La questione tecnologica*, (Bollati Boringhieri), Torino 1993.

N. Rosenberg, *Dentro la scatola nera*, (Il Mulino), Bologna 1991.

ESAME

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

Periodo: 1

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti: 5

Docente:

Vittorio MARCHIS**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso vuole fornire agli studenti la capacità di inquadrare gli oggetti e i sistemi tecnici nella loro prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse sul concetto di storia, sul ruolo e sulle finalità della ricerca storica, e specificamente sul significato della storia della tecnologia. In parallelo vengono presi in esame i momenti salienti della storia dell'economia e del pensiero scientifico. Nella seconda parte del corso sono analizzati, con particolare attenzione al XX secolo, i sistemi tecnici più significativi, e i loro contesti sociali ed economici.

REQUISITI

Modulo di Storia della Tecnica (A)

PROGRAMMA

La storia della tecnica. Una storia di contesti socioeconomici. La rivoluzione agricola e la rivoluzione industriale.

La storia della scienza e la storia del pensiero scientifico. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale. Il ruolo della macchina.

La storia dell'economia e del pensiero economico. I contesti economici nella società industriale. Le interpretazioni dei fenomeni economici. (A.Smith, D.Ricardo, K.Marx, J.Schumpeter, J.M.Keynes, G.Friedman, N.Rosenberg).

La macchina tra utopie e realtà. Le utopie tecnologiche, l'idea di progresso e lo sviluppo della società industriale.

ESERCITAZIONE

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di almeno un saggio significativo scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

BIBLIOGRAFIA

G. Anders, *L'uomo è antiquato. La terza rivoluzione industriale*, (Bollati Boringhieri), Torino 1992.

J. R. Beniger, *Le origini della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo*, (Utet Libreria), Torino 1995.

A.D. Chandler jr., *Dimensione e diversificazione. Le dinamiche del capitalismo industriale*, (Il Mulino), Bologna 1994.

D. Harvey, *La crisi della modernità*, (Il Saggiatore), Milano 1993.

V. Marchis, *Storia delle macchine*, (Ed. Laterza), Roma-Bari 1994.

V. Marchis (a cura di), *Storia delle scienze vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico)*, (Einaudi), Torino 1995.

M. McLuhan, *Gli strumenti del comunicare*, (Il Saggiatore), Milano 1997.

M. Nacci, *La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935*, (Guerini e Associati), Milano 1994.

D. Noble, *La questione tecnologica*, (Bollati Boringhieri), Torino 1993.
N. Rosenberg, *Dentro la scatola nera*, (Il Mulino), Bologna 1991.

ESAME

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

8020	Analisi matematica I
8030	Analisi matematica II
80510	Calcolo numerico per
80620	Strutture
D1004	Costruzione meccaniche I
D1032	Costruzione meccaniche II
80480	Costruzione di macchine
81230	Termodinamica dei gas reali
81250	Termodinamica del vapore
81252	Termodinamica del vapore II
80620	Disegno tecnico professionale
81030	Economia ed organizzazione aziendale
8A410	Elettrotecnica
81730	Elettrotecnica
81850	Elettrotecnica
82004	Fisica e ingegneria dei plasmi I
82006	Fisica e ingegneria dei plasmi II
81901	Fisica generale I
81901	Fisica generale I
81902	Fisica generale II
82060	Fisica classica
82094	Fisica classica ambientale
86100	Fisica classica dei sistemi interagenti I
82120	Fisica classica dei sistemi interagenti II
82140	Fisica classica sperimentale
82170	Fisica classica di informatica
82200	Fisica classica
82220	Fisica classica II
82300	Fisica classica
82300	Fisica classica
83100	Matematica
86100	Matematica applicata I
86200	Matematica applicata alle macchine
83300	Meccanica del vapore
83310	Meccanica del vapore dell'altopiano
83320	Meccanica del vapore
83330	Meccanica del vapore
83340	Meccanica del vapore
83350	Meccanica del vapore
83360	Meccanica del vapore
83370	Meccanica del vapore
83380	Meccanica del vapore
83390	Meccanica del vapore
83400	Meccanica del vapore
83410	Meccanica del vapore
83420	Meccanica del vapore
83430	Meccanica del vapore
83440	Meccanica del vapore
83450	Meccanica del vapore
83460	Meccanica del vapore
83470	Meccanica del vapore
83480	Meccanica del vapore
83490	Meccanica del vapore
83500	Meccanica del vapore