



**POLITECNICO
DI TORINO**

INGEGNERIA DEI MATERIALI

Guida
ai programmi
dei corsi
1999/2000

■ INTRODUZIONE ALLA GUIDA AI PROGRAMMI

Lo scopo fondamentale del presente opuscolo è quello 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* di quasi tutti i 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

Il corso di laurea in *Ingegneria dei materiali* è quello di più recente attivazione presso il Politecnico di Torino ed è sorto per consentire di soddisfare crescenti richieste provenienti dal mondo industriale delle tecnologie avanzate, con particolare riferimento a quello operante nell'Italia nord-occidentale. Le motivazioni sono di carattere generale e specifico.

Fra le prime deve essere annoverata la constatazione che gli ultimi decenni hanno visto uno straordinario aumento nel numero dei materiali di nuova concezione resi disponibili per le più svariate applicazioni tecnologiche e un netto miglioramento generale delle conoscenze, e quindi delle caratteristiche di impiego, di quelli affermatasi in tempi più lontani.

La scelta del materiale per la soluzione di un determinato problema è ora più ampia che non nel passato e spesso si assiste ad una vera e propria competizione fra materiali, o combinazioni di materiali, assai dissimili tra di loro. Scelta più ampia, ma anche più difficile, che può essere adeguatamente sfruttata solo in presenza di un quadro di conoscenze non riscontrabile in alcuno degli indirizzi dei corsi di laurea in ingegneria del Politecnico di Torino. Questi ultimi formano infatti, nei diversi campi, tecnici utilizzatori di materiali che, per le crescenti necessità di specializzazione e il dilatarsi dello scibile nei settori specifici, non possono però che ricevere informazioni non approfondite su di essi.

Occorre invece che l'ingegnere dei materiali sia in grado di garantire una adeguata competenza ingegneristica e tecnologica non solo per la scelta e la realizzazione di materiali estremamente affidabili in condizioni di impiego molto severe, ottenuti eventualmente con tecnologie appositamente concepite, ma anche per consentire la messa a punto di nuovi materiali e l'estensione dei campi di applicazione di quelli noti. Nella sua attività dovrebbe inoltre aver presenti le implicanze di carattere economico, sociale, ecologico, quali la disponibilità delle materie prime, gli apporti energetici necessari per la loro trasformazione, i riflessi sull'ambiente della loro produzione e utilizzazione e del loro smaltimento, gli aspetti relativi alla sicurezza, ecc.

La formazione di personale idoneo ad affrontare le problematiche connesse con la utilizzazione e la produzione dei materiali non può che afferire alle Facoltà di ingegneria, essendo indispensabile una solida mentalità ingegneristica non solo per gli aspetti legati alla fabbricazione dei materiali, ma anche e principalmente per quanto attiene alla loro capacità di risolvere problemi ingegneristici, ivi compresi quelli afferenti alla messa a punto di componenti destinati alle più varie applicazioni. Solo in queste facoltà esistono le condizioni che consentono, sulla base di adeguate conoscenze delle materie di base, delle discipline ingegneristiche fondamentali e dell'uso dei mezzi informatici, di sviluppare in modo approfondito argomenti di carattere chimico, fisico, meccanico ed elettronico sulla natura dei materiali e sulla interdipendenza fra proprietà e microstruttura, sui fenomeni che regolano i processi di produzione e la conduzione degli impianti, sulle possibilità di modificare le proprietà dei materiali con opportuni trattamenti termici, meccanici o di altra natura.

Nonostante questa situazione potenzialmente favorevole occorre sottolineare che in Italia, a differenza di tutti i paesi più industrializzati nei quali la ricerca e la didattica relative ai materiali si sono notevolmente sviluppate, vi è stata finora una scarsa attenzione a questi problemi. Solo in tempi relativamente recenti sono stati infatti attivati presso alcune Facoltà di ingegneria corsi di laurea in *Ingegneria dei materiali*.

Per quanto concerne l'attivazione del nuovo corso di laurea preso il Politecnico di Torino occorre rilevare che in tale ambito sono presenti spettri di competenze specifiche assai ampi, specie se confrontati con quelli di altre sedi universitarie dell'Italia nord-occidentale. Il territorio di riferimento è dunque assai esteso e caratterizzato dalla presenza del più importante e complesso tessuto di industrie che utilizzano o producono i migliori materiali tradizionali e quelli più avanzati di tutto il territorio nazionale. In esso già esiste un mercato del lavoro che deve essere occupato e che è destinato ad espandersi, ed è presente una forte domanda di formazione altamente qualificata nell'area dei materiali, per garantire l'indispensabile competitività delle industrie anche in questo fondamentale settore.

Con riferimento anche a quanto testè esposto, e avendo presente la situazione esistente presso gli altri paesi della Comunità Europea, è possibile precisare ulteriormente la nuova figura professionale che, pur potendo operare in modo autonomo, sembra trovare la collocazione più idonea nell'ambito di *team* di progettazione operanti presso le industrie dei trasporti su strada e su rotaia e presso quelle aeronautiche, chimiche, meccaniche ed elettroniche.

Nell'ambito del settore del trasporto terrestre, così importante nell'area nord-occidentale del Paese, è certamente indispensabile la presenza di competenze tali da consentire l'ottimizzazione della progettazione di componenti basata su una conoscenza delle correlazioni fra struttura e proprietà che consenta di influire sulla scelta dei materiali e sulle tecnologie di elaborazione, valutando con competenza le possibilità offerte dai nuovi materiali, quali ad es. i materiali compositi a matrice polimerica o metallica, i tecnopolimeri, le leghe altoresistenziali e quelle leggere, i materiali ceramici non tradizionali, ecc., per poter affidare loro un ruolo significativo nella competizione tecnologica.

Considerazioni analoghe possono essere formulate per quanto concerne il settore aeronautico e aerospaziale. I materiali sono uno dei fattori strategici per lo sviluppo delle specifiche attività produttive e per la presenza del Paese in consorzi internazionali: si tratta di materiali ad alta resistenza e bassa densità per impieghi strutturali, di materiali ceramici o metallici per alte temperature, di materiali resistenti agli *shock* termici o con proprietà idonee ad essere assemblati in condizioni di microgravità. In questo caso, più che in ogni altro, occorre che la qualità dei materiali offra la massima garanzia per poter assicurare un'analogha caratteristica ai componenti.

Per quanto concerne l'ambito dell'industria chimica ogni innovazione di processo richiede per gli impianti la disponibilità di materiali adeguati, in grado spesso di lavorare con grande affidabilità in condizioni estreme per quanto concerne la temperatura, la pressione, l'aggressività dei sistemi da elaborare. La scelta dei materiali è in questo caso particolarmente basata sulla conoscenza dei fenomeni chimico-fisici che regolano e condizionano i processi tecnologici e la disponibilità di laureati che accumulino conoscenze ingegneristiche e quelle sui materiali risulta altamente appetibile dalle numerose industrie del settore attive sul territorio.

I materiali e le tecnologie realizzative di vitale importanza per l'innovazione tecnologica dell'elettronica costituiscono un fattore di importanza strategica per gli sviluppi futuri di industrie e di laboratori di ricerca che hanno conquistato o desiderano acquisire una dimensione europea. In settori quali la microelettronica, le microonde, la conversione diretta dell'energia, la componentistica nell'infrarosso e in generale l'optoelettronica, che vedono nell'area nord-occidentale del paese la maggiore concentrazione di industrie manifatturiere nel campo sia delle applicazioni informatiche che in quello delle telecomunicazioni, l'elemento innovativo tecnologico sempre più si basa sullo sfruttamento delle caratteristiche fisiche dei materiali, dai semiconduttori composti, ai materiali amorfi, ai ceramici avanzati, e sulla conoscenza e sull'impiego delle loro "anomalie". Diventa perciò vitale per industrie e laboratori di ricerca poter disporre di una formazione universitaria "di eccellenza" nel campo dei nuovi materiali, accompagnata da una

profonda sensibilità (ingegneristica) ai problemi dei campi di applicazione dei dispositivi moderni (integrati ibridi e monolitici, componenti per onde millimetriche, ottica integrata,...).

A partire dall'anno accademico 1996/97, il corso di laurea in *Ingegneria dei Materiali* ha attivato l'orientamento *Materiali per l'industria Cartaria*, al fine di offrire ad alcuni studenti opportunamente selezionati la possibilità di frequentare per un anno l'EFPG di Grenoble e di conseguirvi il diploma d'ingegnere cartario. Questa iniziativa, attualmente unica a livello nazionale, è stata favorevolmente accolta da alcune aziende operanti nel settore cartario, che hanno deciso di sponsorizzarla; è così possibile formare ingegneri altamente specializzati in un settore per il quale in precedenza non esistevano corsi universitari specifici.

Molti altri settori, alcuni consolidati ed altri in fase di decollo, quali quelli afferenti all'industria meccanica in generale, alla produzione e alla conversione dell'energia, alla bioingegneria, alla industria delle costruzioni, etc., tutti presenti nelle aree ad alto sviluppo industriale, riconoscono nella scelta dei materiali più idonei per la soluzione di ciascun problema la chiave di volta per presentarsi in modo competitivo sui mercati. Le competenze presenti nel Politecnico, spesso di rilevanza internazionale, nel campo della chimica, della fisica e dell'elettronica, della scienza dei materiali e della metallurgia, sono in grado di assicurare, in stretta collaborazione con gli enti esterni interessati, un processo formativo volto alla preparazione di tecnici in grado di operare, a livello direttivo, sia in laboratori e sezioni di ricerca e sviluppo di aziende private e in centri di ricerca pubblici (CNR), sia in industrie dove sia strategica la scelta dei materiali e delle tecnologie per la realizzazione di componenti o dispositivi.

■ INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

La scelta proposta per gli insegnamenti obbligatori, globalmente considerati, è mirata a fornire una preparazione, sia di base, sia specifica tecnico-professionale, congruente con le indicazioni di profilo professionale precedentemente esposte.

Per quanto riguarda la formazione matematica di base, oltre al *corpus* tradizionalmente impartito negli attuali insegnamenti del biennio (*Analisi matematica*, *Geometria*), seppur parzialmente rivisti al fine di meglio rispondere a nuove esigenze emerse, si pone l'obiettivo di trovare lo spazio per tematiche che si ritengono indispensabili per la formazione di un ingegnere dei materiali. Per soddisfare tale esigenza si introduce, a mezza annualità, il corso di analisi superiore (*Analisi matematica 3*), cui si riserva il compito primario di insegnare le funzioni di variabile complessa e le trasformate integrali (soprattutto Fourier) e si introduce mezza annualità di *Calcolo numerico*, cui si richiede una trattazione dei concetti usualmente proposti, affrontati con un preciso taglio applicativo. Per quanto concerne l'aspetto dell'informatica di base un insegnamento di *Fondamenti di informatica* fornisce le prime nozioni relative all'architettura dei sistemi di elaborazione ed alla loro programmazione.

La preparazione di base è completata da un corso di *Chimica*, due di *Fisica Generale* e uno di *Elettrotecnica*, secondo i requisiti richiesti dall'ordinamento degli studi di ingegneria. In particolare i corsi di *Fisica Generale* hanno soprattutto il compito di svolgere un ruolo formativo sugli aspetti unificanti della metodologia interpretativa propria della fisica. Punti significativi, sono rispettivamente, nella *Fisica Generale 1*, nozioni generali sulle unità dimensionali, una trattazione unificata dei campi e lo studio congiunto del campo gravitazionale e di quello coulombiano, e, nella *Fisica Generale 2*, una trattazione della termodinamica, non solo di tipo classico, ma anche statistico. Tali conoscenze consentono una descrizione microscopica del magnetismo e in particolare del ferromagnetismo e del ferrimagnetismo. Per quanto concerne l'*Elettrotecnica* la teoria dei circuiti viene fatta derivare dai modelli della trattazione dei campi elettromagnetici. La sua presenza nel primo periodo del secondo anno consente inoltre a un maggior numero di corsi di avvalersi delle metodologie rappresentative messe a punto da tale corso. Il fatto però che esso preceda *Analisi matematica 3*, ove vengono introdotte le trasformate di Laplace, comporta che il calcolo simbolico generalizzato venga poi trattato in quest'ultimo corso.

Occorre qui sottolineare come i cinque insegnamenti previsti per il primo anno siano comuni agli altri corsi di laurea; questo facilita l'eventuale cambio di corso di laurea a quegli studenti che, al termine del primo anno, si accorgessero di aver operato una scelta non conforme alle proprie aspettative.

Il corso di laurea in *Ingegneria dei materiali* prevede come propedeuticità specifiche le tematiche presenti nei tre insegnamenti di *Struttura della materia*, *Scienza dei materiali* e *Fisica tecnica*:

– *Struttura della materia* completa la formazione fisica fornendo alcuni cenni di meccanica quantistica e di fisica dello stato solido con una particolare trattazione della struttura cristallina regolare e difettiva e delle proprietà di trasporto.

– *Scienza dei materiali* costituisce, a completamento dei principi chimico-fisici acquisiti dagli altri corsi, la base teorica delle discipline specialistiche a maggior carattere ingegneristico del corso di laurea. In particolare tratta dei diagrammi di stato, dei fenomeni di diffusione, dei processi di nucleazione, crescita e trasformazione delle fasi e infine dei meccanismi di rafforzamento.

– *Fisica tecnica* svolge il compito di completare le conoscenze dei materiali per quanto concerne gli aspetti della termodinamica, della termocinetica e della fluidodinamica.

La cultura ingegneristica di base è completata da cinque corsi a spettro ampio, ed in particolare da:

- un corso di *Scienza delle costruzioni*, nel quale sono presenti elementi teorici di base di tale disciplina e aspetti applicativi sulle problematiche tecniche legate alla resistenza dei materiali;
- un corso di *Elettronica*, che fornisce gli elementi di base dell'elettronica circuitale, dedicando una particolare attenzione alla descrizione dei sottosistemi di maggiore impiego e alla loro corretta utilizzazione, piuttosto che a uno studio approfondito di ogni singolo circuito;
- un corso di *Fondamenti di meccanica teorica e applicata*, che sviluppa le principali nozioni di meccanica razionale e tratta ampiamente i temi tradizionali della meccanica applicata;
- un corso di *Economia e organizzazione aziendale*, nel quale i principi di economia e di gestione aziendale vengono ampliati con cenni di microeconomia;
- un corso di *Misure elettroniche*, che è organizzato in quattro moduli: metrologia, strumenti, misure particolari sui materiali e sistemi automatici di misura, nozioni sulla affidabilità e sugli enti normativi.

La preparazione professionale specifica nel campo dell'ingegneria dei materiali e delle loro tecnologie è fornita da quattro insegnamenti:

- *Materiali metallici*, dove, oltre a descrivere le principali proprietà dei metalli ferrosi e non ferrosi e le loro tecnologie, sono forniti criteri razionali di scelta e di controllo.
- *Scienza e tecnologia dei materiali polimerici 1*, dove viene presentato un quadro generale sui principali tipi di polimeri, sulla loro sintesi, sulle loro proprietà fisiche e tecnologiche e sui loro impieghi.
- *Scienza e tecnologia dei materiali ceramici*, dove sono sviluppate adeguate conoscenze sulle caratteristiche, sulla produzione e sull'uso dei materiali ceramici tradizionali e speciali.
- *Dispositivi elettronici*, nel quale, partendo dai concetti fondamentali della fisica dei solidi, si derivano le caratteristiche dei materiali semiconduttori. Successivamente vengono descritti i principi dei dispositivi a semiconduttore fornendo nozioni di base sugli aspetti tecnologici.

La preparazione professionale nel campo della meccanica delle macchine è data, oltre a quella fornita nell'ambito del corso di *Fondamenti di meccanica teorica e applicata*, dagli insegnamenti di *Macchine*. La preparazione professionale nel campo degli impianti si concretizza con un corso di *Impianti metallurgici*.

■ ORIENTAMENTI

Tra i rimanenti corsi necessari a completare il *curriculum*, quattro almeno sono obbligati dall'orientamento prescelto. Gli orientamenti sono:

- *Materiali metallici e metallurgia*
- *Materiali ceramici e polimerici*
- *Materiali per elettronica e optoelettronica*
- *Materiali per l'industria cartaria*

Gli orientamenti sono stati individuati separando per filoni di applicazione la formazione dell'ingegnere e si basano inoltre sulle precise competenze scientifiche e didattiche consolidate presso il Politecnico di Torino.

Gli insegnamenti per ogni orientamento dovranno essere scelti nell'ambito delle discipline elencate nel seguito. Alla tavola dei corsi comuni seguono le tavole che elencano le scelte possibili all'interno degli orientamenti.

■ QUADRO DIDATTICO DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI

Anno	1° periodo didattico		2° periodo didattico	
1	E0231	Analisi matematica I	E2300	Geometria
	E0620	Chimica	E1901	Fisica generale I
2	E0232	Analisi matematica II	E2170	Fondamenti di informatica
	E1902	Fisica generale II	E5340	Struttura della materia
	E1790	Elettrotecnica	E0234	Analisi matematica III (r)
			E0514	Calcolo numerico (r)
3	E4600	Scienza delle costruzioni	EA240	Fondamenti di meccanica teorica e applicata
	E4590	Scienza dei materiali	E4681	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici I
	EA410	Elettronica	E2060	Fisica tecnica
4	E4630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici	E1441	Dispositivi elettronici I
	E3110	Macchine	E3180	Materiali metallici
	E1530	Economia e organizzazione Aziendale	E3670	Misure elettroniche
			E1435	Disegno tecnico industriale / Costruzione di macchine
5	E2740	Impianti metallurgici	Y (3)	
	Y (1)		Y (4)	
	Y (2)		Y (5)	
	Y (5)			

■ INSEGNAMENTI DI ORIENTAMENTO

Orientamento Materiali metallici e metallurgia

Y (1)	E3265	Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
Y (2)	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
Y (3)	E4780	Siderurgia
Y (4)	E5710	Tecnologie metallurgiche
Y (5)		Vedi Tabella A o B

Orientamento Materiali per elettronica e optoelettronica

Y (1)	E5691	Tecnologie e materiali per l'elettronica I
Y (2)	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
Y (3)	E1445	Dispositivi elettronici II/Elettronica dello stato solido
Y (4)	EA560	Fotonica(*)
Y (5)		Vedi Tabella A o B

Orientamento Materiali ceramici e polimerici

Y (1)		Vedi Tabella A o B
Y (2)	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
Y (3)	E4682	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II
Y (4)	E5404	Superconduttività (r)
Y (4)	E1994	Fisica delle superfici (r)
Y (5)		Vedi Tabella A o B

Orientamento Materiali per l'industria cartaria(1)

Y (1)	EA620	Materiali per la carta
Y (2)	EA630	Processi di fabbricazione delle paste cellulosiche
Y (3)	EA640	Processi di fabbricazione della carta
Y (4)	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
Y (5)	E0840	Controlli automatici

(1) Orientamento destinato agli studenti vincitori di borse di studio bandite dall'Assocarta; le discipline dell'orientamento devono essere seguite presso l'Institut National Polytechnique de Grenoble.

(i) Corso integrato

(r) Corso ridotto

(*) Per l'anno accademico 1999/2000 il corso non viene attivato e potrà essere sostituito dal corso E5692 Tecnologie e materiali per l'elettronica II oppure dai corsi E5404 Superconduttività (r) e E1994 Fisica delle superfici (r).

■ TABELLA DEI CREDITI

Denominazione Corso Valore in Crediti

I° ANNO

Analisi I	12
Chimica	11
Fisica I	11
Fondamenti di Informatica	9
Geometria	10

Totale 53

II° ANNO

Analisi II	11
Elettrotecnica	11
Fisica II	11
Analisi Matematica III (R)	5
Calcolo Numerico (R)	4
Fondamenti di Meccanica Teorica Applicata	10
Struttura della Materia	63

Totale 63

III° ANNO

Elettronica	10
Scienza dei Materiali	11
Scienza delle Costruzioni	10
Dispositivi Elettronici I	12
Fisica Tecnica	10
Scienza e Tecnologia Materiali Polimerici I	12

Totale 65

IV° ANNO

Economia e <u>Organizzazione</u> Aziendale	9
Macchine	10
Scienza e Tecnologia Materiali Ceramici	12
Costruzione di Macchine/Disegno Tecnico	10
Materiali Metallici	12
Misure Elettroniche	9

Totale 62

Impianti Metallurgici	10
Scienza e Tecnologia Materiali Compositi	10
Meccanica dei Materiali/Metallurgia Meccanica	10
Tecnologie e Materiali per l'Elettronica 1	10
Scienza e Tecnologia dei Materiali Polimerici II	10
Tecnologie Metallurgiche	9
Siderurgia	8
Corrosione e Protezione dei Materiali Metallici	8
Dispositivi Elettronici II / Elettronica dello Stato Solido	9
Fotonica	9
Proprietà Termofisiche dei Materiali	9
Superconduttività (r)	5
Fisica delle Superfici (r)	5
Fisica degli Stati Condensati	9
Struttura della Materia (sperimentale)	9
Ottica	9
Tecnologie Materiali per l'Elettronica II	9
Biomateriali	9

Totale 54 - 59

Totale 297-302

■ FINALITÀ DELLA TESI DI LAUREA

La tesi di laurea consiste nello svolgimento di un lavoro di ricerca teorica o applicata, uno studio sperimentale o un progetto.

Ogni docente propone tesi di tipo diverso, che prevedono un impegno di lavoro per un periodo di circa sei mesi.

La tesi di laurea dev'essere elaborata personalmente dal candidato che, al termine della sua attività, ne cura la stampa.

Una Commissione, convocata dal Rettore su indicazione del Presidente del CCL, esprime un giudizio sulla tesi, che si estrinseca con un voto.

Direzione e guida

Relatore e co-relatori

Nello svolgimento della tesi, il laureando è assistito da un relatore, che dev'essere un professore ufficiale o un ricercatore confermato dell'Ateneo. Egli assume la figura di *tutore* del laureando nell'indirizzo e nello svolgimento del lavoro.

Gli eventuali co-relatori (in numero massimo di due) possono anche essere esterni all'Ateneo.

Il relatore e gli eventuali co-relatori sono chiamati a far parte della Commissione di Laurea, fermo restando il principio di legge per cui, nella medesima, i docenti ufficiali devono essere in maggioranza.

Referente per l'eventuale dignità di stampa

Quando il relatore ritiene che una tesi possa meritare la *dignità di stampa* per il suo eccezionale valore, egli avanza la richiesta di assegnazione di un *referente*, inoltrandola al Presidente del CCL almeno quaranta giorni prima dell'inizio della sessione di laurea.

Il presidente del CCL designa un referente, estraneo al Politecnico di Torino, fra le personalità italiane o straniere appartenenti alla comunità scientifica (non necessariamente al mondo accademico).

Il referente riceve copia della tesi definitiva almeno trenta giorni prima della sua discussione ed esprime un parere scritto sul lavoro. Se il referente è straniero, indica in quale lingua della U. E. dev'essere tradotta la copia della tesi a lui destinata.

È auspicabile che il referente partecipi alla Commissione di Laurea come membro aggiunto; qualora ciò non fosse possibile, è sufficiente che egli faccia pervenire la propria relazione scritta al presidente della Commissione di Laurea.

La relazione del referente costituisce un documento ufficiale che viene:

- allegato e conservato insieme alla tesi;
- consegnato in copia al candidato al termine dell'esame di laurea.

Valutazione

Struttura della valutazione

L'esame di laurea viene valutato tenendo conto:

1. dell'intera carriera scolastica
2. del voto di tesi

A sua volta il voto di tesi verrà attribuito in base alla qualità:

- 2a. del lavoro effettuato
- 2b. della presentazione scritta e orale

Valutazione della qualità dell'intera carriera scolastica

La valutazione della qualità dell'intera carriera scolastica è rappresentata dalla media dei voti conseguiti nelle annualità superate dal candidato, esclusi i voti peggiori relativi ad un massimo di due annualità equivalenti.

Valutazione della qualità del lavoro di tesi

In funzione della qualità della tesi viene attribuito un voto compreso tra 66 e 110, anche in seguito alle indicazioni documentate del relatore, il quale segnala l'impegno che il lavoro ha comportato e lo zelo impiegato nelle prove sperimentali e nelle misurazioni.

Valutazione della qualità della presentazione

La commissione può attribuire alla presentazione un voto compreso tra 0 e 1,0/110, tenendo conto:

- della padronanza della materia dimostrata dal candidato
- della prontezza e della precisione con le quali il candidato ha risposto alle domande rivolte dai commissari
- della chiarezza e della capacità di sintesi nell'esposizione orale, grafica e scritta.

Attribuzione della lode

Qualora il voto finale raggiunga il valore massimo (110/110), è possibile conferire la lode se il candidato ha meritato il voto di 30 e lode negli esami di almeno tre annualità.

La dignità di stampa

Per lavori di tesi particolarmente significativi sotto il profilo scientifico, che abbiano meritato il punteggio massimo e la eventuale lode, è possibile un ulteriore riconoscimento costituito dalla *dignità di stampa*. In tal caso è necessario che la tesi sia stata sottoposta al giudizio del referente, che questi abbia espresso parere favorevole e che siano pure favorevoli i tre quarti dei commissari.

Lingua utilizzata

La tesi dev'essere redatta in lingua italiana ed eventualmente accompagnata da una copia scritta in una lingua ufficiale della U. E. (preferibilmente l'inglese).

Adempimenti burocratici

Prima del lavoro di tesi

Per essere ammessi alla discussione della tesi di laurea, gli allievi devono fare domanda al presidente del CCL, tramite appositi moduli, almeno quindici giorni prima d'iniziare il lavoro di tesi. I suddetti moduli devono essere compilati in ogni loro parte e controfirmati dal relatore e dagli eventuali co-relatori.

Il presidente del CCL esamina le domande presentate per valutare la congruenza dell'argomento della tesi con la specificità del corso di laurea. Se il presidente non avanza osservazioni, dopo quindici giorni dalla presentazione del modulo l'argomento di tesi può essere considerato approvato e il lavoro può iniziare.

È necessario che tra la data d'inizio della tesi e l'esame di laurea intercorra un intervallo di tempo pari ad almeno tre mesi.

Al termine del lavoro di tesi

L'attestazione dell'effettivo svolgimento della tesi è a cura del relatore e degli eventuali co-relatori, i quali controfirmano il modulo indicante il titolo definitivo. Il candidato deve consegnarlo al Servizio Studenti unitamente alla domanda di ammissione all'esame di laurea.

- Entro una settimana dall'esame di laurea, il candidato deve consegnare al presidente di CCL:
 - una copia della versione definitiva della tesi di laurea,
 - un riassunto della tesi (massimo tre pagine) contenente le informazioni che si ritiene opportuno fornire anticipatamente ai componenti la commissione di laurea.

Discussione e proclamazione

L'esame di laurea per gli studenti del C. L. in Ingegneria dei Materiali avviene di norma il venerdì pomeriggio nella Sala del Consiglio di Facoltà, adeguatamente attrezzata. A richiesta

Valutazione della qualità del lavoro di tesi

In funzione della qualità della tesi viene attribuito un voto compreso tra 66 e 110, anche in seguito alle indicazioni documentate del relatore, il quale segnala l'impegno che il lavoro ha comportato e lo zelo impiegato nelle prove sperimentali e nelle misurazioni.

Valutazione della qualità della presentazione

La commissione può attribuire alla presentazione un voto compreso tra 0 e 1,0/110, tenendo conto:

- della padronanza della materia dimostrata dal candidato
- della prontezza e della precisione con le quali il candidato ha risposto alle domande rivoltegli dai commissari
- della chiarezza e della capacità di sintesi nell'esposizione orale, grafica e scritta.

Attribuzione della lode

Qualora il voto finale raggiunga il valore massimo (110/110), è possibile conferire la lode se il candidato ha meritato il voto di 30 e lode negli esami di almeno tre annualità.

La dignità di stampa

Per lavori di tesi particolarmente significativi sotto il profilo scientifico, che abbiano meritato il punteggio massimo e la eventuale lode, è possibile un ulteriore riconoscimento costituito dalla *dignità di stampa*. In tal caso è necessario che la tesi sia stata sottoposta al giudizio del referente, che questi abbia espresso parere favorevole e che siano pure favorevoli i tre quarti dei commissari.

Lingua utilizzata

La tesi dev'essere redatta in lingua italiana ed eventualmente accompagnata da una copia scritta in una lingua ufficiale della U. E. (preferibilmente l'inglese).

Adempimenti burocratici

Prima del lavoro di tesi

Per essere ammessi alla discussione della tesi di laurea, gli allievi devono fare domanda al presidente del CCL, tramite appositi moduli, almeno quindici giorni prima d'iniziare il lavoro di tesi. I suddetti moduli devono essere compilati in ogni loro parte e controfirmati dal relatore e dagli eventuali co-relatori.

Il presidente del CCL esamina le domande presentate per valutare la congruenza dell'argomento della tesi con la specificità del corso di laurea. Se il presidente non avanza osservazioni, dopo quindici giorni dalla presentazione del modulo l'argomento di tesi può essere considerato approvato e il lavoro può iniziare.

È necessario che tra la data d'inizio della tesi e l'esame di laurea intercorra un intervallo di tempo pari ad almeno tre mesi.

Al termine del lavoro di tesi

- L'attestazione dell'effettivo svolgimento della tesi è a cura del relatore e degli eventuali co-relatori, i quali controfirmano il modulo indicante il titolo definitivo. Il candidato deve consegnarlo al Servizio Studenti unitamente alla domanda di ammissione all'esame di laurea.

- Entro una settimana dall'esame di laurea, il candidato deve consegnare al presidente di CCL:
 - una copia della versione definitiva della tesi di laurea,
 - un riassunto della tesi (massimo tre pagine) contenente le informazioni che si ritiene opportuno fornire anticipatamente ai componenti la commissione di laurea.

Discussione e proclamazione

L'esame di laurea per gli studenti del C. L. in Ingegneria dei Materiali avviene di norma il venerdì pomeriggio nella Sala del Consiglio di Facoltà, adeguatamente attrezzata. A richiesta

dei candidati, si renderanno disponibili sussidi quali la lavagna luminosa, calcolatori elettronici ecc finalizzati ad una più esauriente esposizione.

La presentazione e la discussione del lavoro di tesi costituiscono, per il laureando, un'occasione importante per dimostrare la propria attitudine alla comunicazione scientifica, rispettando le regole temporali in uso durante i congressi: venti minuti di esposizione e dieci minuti per ascoltare e rispondere alle domande.

La proclamazione avviene al termine dell'esposizione da parte di tutti i candidati.

Anno: 1
 Insegnamento: Analisi Matematica I
 Crediti: 12
 Docente: Dr. Nicola Fusco

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di introdurre, attraverso il linguaggio e i metodi, l'analisi alle basi dell'analisi delle funzioni reali di variabile reale e recente differenziale e integrali, con particolare riferimento agli strumenti topologici e dell'analisi alla loro applicazione alle successive discipline.

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI

REQUISITI

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

PROGRAMMA

- Introduzione al linguaggio matematico. Principi di logica. Relazioni e funzioni. Principi di induzione. Insiemi numerici, in particolare numeri reali. Proprietà qualitative delle funzioni reali di variabile reale. [10 ore]
- Continuità. Algebra delle funzioni continue. Continuità in piccolo. [4 ore]
- Limiti. Simboli di Landau, comportamenti asintotici, limiti, infinitesimi e loro esponenti. Limiti di successioni. Il numero e . [12 ore]
- Proprietà globali delle funzioni continue. [4 ore]
- Derivate, proprietà locali e globali. Formule di Taylor. Convezionalità. Criteri di monotonìa e di convessità. [18 ore]
- Primitive, integrale indefinito e primitive generalizzate. Regole di integrazione. [6 ore]
- Integrale definito (di Riemann) e sue proprietà. Classi di funzioni integrabili. Teoremi della media e teoremi fondamentali del calcolo integrale. [9 ore]
- Integrali impropri e criteri di convergenza. [6 ore]
- Equazioni differenziali del primo ordine. [4 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano gli argomenti delle lezioni e sono svolte alla presenza del personale docente.

BIBLIOGRAFIA

- Testi di riferimento:
 A. Accardi, F. Ricci, *Analisi matematica I*, Liguri
 Testi ausiliari:
 F. Ricci, G. Ciani, *Processo di matematica*, Zanichelli
 A. Tullio, D. Cichini, *Testi esenti di Analisi matematica I*, Lezzerio & Belli
 F. Mendicino, *Collezioni Eserciziatori di Matematica*, 1° volume, Liguri

Anno: 1	periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 72	esercitazioni: 48
Crediti: 12		
Docente:	da nominare	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di introdurre innanzitutto al linguaggio e al ragionamento matematico, fornendo, insieme alle basi dell'analisi delle funzioni reali di variabile reale (teoremi sulle funzioni continue e calcolo differenziale e integrale) una metodologia di lavoro che, partendo da una comprensione critica degli strumenti acquisiti, conduca, (attraverso riferimenti a problemi della fisica e dell'ingegneria) alla loro applicazione alle successive discipline tecnologiche.

REQUISITI

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

PROGRAMMA

- Introduzione al linguaggio matematico. Principi di logica. Relazioni e funzioni. Principio di induzione. Insiemi numerici, in particolare numeri reali. Proprietà qualitative delle funzioni reali di variabile reale. [10 ore]
- Continuità. Algebra delle funzioni continue. Continuità in piccolo. [4 ore]
- Limiti. Simboli di Landau, comportamenti asintotici. Infiniti, infinitesimi e loro confronto. Limiti di successioni. Il numero e . [12 ore]
- Proprietà globali delle funzioni continue. [4 ore]
- Derivate: proprietà locali e globali. Formule di Taylor. Convessità. Criteri di monotonia e di convessità [18 ore]
- Primitive (integrale indefinito) e primitive generalizzate. Regole di integrazione. [6 ore]
- Integrale definito (di Riemann) e sue proprietà. Classi di funzioni integrabili. Teorema della media e teorema fondamentale del calcolo integrale. [8 ore]
- Integrali impropri e criteri di convergenza. [6 ore]
- Equazioni differenziali del primo ordine. [4 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni seguiranno gli argomenti delle lezioni saranno svolte alla lavagna dal personale docente.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, Analisi matematica 1, Liguori

Testi ausiliari:

P. Boieri, G. Chiti, Precorso di matematica, Zanichelli.

A. Tabacco, D. Giublesi, Temi svolti di Analisi matematica 1, Levrotto & Bella.

P. Marcellini, C. Sbordone, Esercitazioni di Matematica, 1° volume, Liguori.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale. Il superamento della prova scritta è condizione necessaria per accedere alla prova orale. Per sostenere la prova scritta, gli studenti devono prenotarsi presso la segreteria didattica del Dipartimento. Maggiori dettagli sulle modalità di svolgimento delle prove saranno forniti all'inizio del corso.

PRESENTAZIONE DEL CORSO
Il corso si propone di introdurre in modo sistematico il calcolo differenziale e il calcolo integrale, con particolare riferimento alle funzioni di una variabile reale. Il corso è articolato in due parti: la prima parte è dedicata allo studio delle funzioni di una variabile reale, mentre la seconda parte è dedicata allo studio del calcolo differenziale e integrale. Il corso è tenuto in lingua italiana e prevede l'uso di strumenti di calcolo elettronico.

REQUISITI
Per accedere al corso è necessario aver superato con successo il corso di Matematica I e aver ottenuto un voto sufficiente in almeno una delle seguenti materie: Fisica, Chimica, Meccanica.

PROGRAMMA
Il programma del corso è articolato in due parti: la prima parte è dedicata allo studio delle funzioni di una variabile reale, mentre la seconda parte è dedicata allo studio del calcolo differenziale e integrale. Il corso è tenuto in lingua italiana e prevede l'uso di strumenti di calcolo elettronico.
- Funzioni di una variabile reale (10 ore)
- Continuità. Algoritmo delle funzioni continue. Continuità in parole (4 ore)
- Limiti. Simboli di Landau. Confronto asintotico. Limiti infinitesimi e loro confronto (11 ore)
- Proprietà locali delle funzioni continue (4 ore)
- Derivate. Regole di derivazione. Derivate di funzioni composte e di funzioni implicite (18 ore)
- Integrazione (integrando indefinito) e primitive generalizzate. Regole di integrazione (4 ore)
- Integrazione definita (di Riemann) e suo rapporto con l'area di figure piane (10 ore)
- Integrazione di funzioni razionali, algebriche, trascendenti elementari (10 ore)
- Integrazione di funzioni trascendenti elementari (10 ore)
- Integrazione di funzioni trascendenti non elementari (10 ore)
- Integrazione di funzioni trascendenti non elementari (10 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI
Le esercitazioni sono svolte in lingua italiana e prevedono l'uso di strumenti di calcolo elettronico.

BIBLIOGRAFIA
- A. Bacci, E. Ricci, *Analisi matematica I*, Liguori Editore, Napoli, 1998.
- R. Courant, *Calcolo differenziale e integrale*, Zanichelli Editore, Bologna, 1978.
- A. Tesei, *Calcolo differenziale e integrale*, Liguori Editore, Napoli, 1998.
- F. Mainardi, *Calcolo differenziale e integrale*, Liguori Editore, Napoli, 1998.

E0232 ANALISI MATEMATICA II

Anno: 2 periodo:1
Impegno (ore sett.) lezione: 6 esercitazioni: 4
Crediti: 11
Docente:

A. BACCIOTTI (Dipartimento di Matematica; ricevimento da concordarsi presso il Dipartimento ove sono esposti i numeri telefonici)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

REQUISITI

Analisi Matematica I, Geometria

PROGRAMMA

PRIMO MODULO: SERIE DI FUNZIONI

- 1) Serie numeriche, convergenza assoluta (durata: 6 ore di lezione, 3 di esercitazione).
- 2) Topologia dello spazio euclideo n -dimensionale, successioni; spazi vettoriali normati e successioni di funzioni; convergenza uniforme (durata: 8 ore di lezione, 2 di esercitazione).
- 3) Serie di Taylor e serie di potenze (durata: 8 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 4) Serie di Fourier: convergenza quadratica, puntuale e uniforme (durata: 6 ore di lezione, 4 di esercitazione).
- 5) Sistemi differenziali: sistemi di equazioni differenziali e problemi di Cauchy (durata: 4 ore di lezione); equazioni e sistemi lineari a coefficienti costanti (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione).

SECONDO MODULO: CALCOLO IN PIU' VARIABILI

- 6) Funzioni di più variabili: continuità, calcolo differenziale, formula di Taylor, massimi e minimi liberi (durata: 16 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 7) Calcolo differenziale su curve e superfici, funzioni implicite, massimi e minimi vincolati (durata: 8 ore di lezione, 6 di esercitazione).
- 8) Calcolo integrale in più variabili: misura degli insiemi, integrali multipli (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione).
- 9) Integrali su curve e superfici, integrali di linea e di flusso, campi vettoriali, Teoremi di Green, Gauss, Stokes (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazione).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni seguiranno gli argomenti delle lezioni e saranno di due tipi:
o svolte alla lavagna dal personale docente, o svolte ai rispettivi tavoli dagli allievi.

BIBLIOGRAFIA

TESTO DI RIFERIMENTO:

A. Bacciotti, F. Ricci, Lezioni di Analisi Matematica 2, Levrotto&Bella, Torino 1991

TESTI AUSILIARI

P. Marcellini, C. Sbordone, Esercitazioni di Matematica, volume secondo, (parte prima e seconda), Liguori 1991

S. Salsa, A. Squellati, Esercizi di Analisi Matematica 2, (parte prima, seconda e terza) Masson 1993.

M. Mascarello, L. Mazzi, Temi d'esame di Analisi Matematica II del Politecnico di Torino, Progetto Leonardo, 1996

M. Spiegel, Manuale di Matematica, Collana SCHAUM, Edizione italiana ETAS, 1974.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale. Il superamento della prova scritta è condizione necessaria per accedere alla prova orale.

Al termine del primo modulo è prevista una prova di accertamento il cui superamento esonera, limitatamente agli appelli della sessione invernale, dallo svolgimento degli esercizi contenuti nella prova scritta relativi alla parte del programma trattata nel primo modulo. Maggiori dettagli sulle modalità di svolgimento delle prove saranno forniti all'inizio del corso.

E0440 BIOMATERIALI

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni/laboratori: 2
(ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 16 laboratori: 10
Crediti: 9		
Docente:	Enrica VERNÉ	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'insegnamento si propone di descrivere le problematiche relative allo studio, la progettazione, la caratterizzazione e l'utilizzo di materiali per applicazioni biomediche, correlandone la struttura e le proprietà con i possibili campi di utilizzo.

REQUISITI

Chimica, Scienza dei materiali. Durante il corso verranno fornite alcune semplici nozioni basilari di fisiologia, ogniqualvolta l'argomento lo richieda.

PROGRAMMA

MODULO 1: ASPETTI GENERALI; L'INTERAZIONE MATERIALE/SISTEMA BIOLOGICO

Impegno (ore totali) lezioni: 16 esercitazioni: 2 laboratori: 2

Storia ed evoluzione della Scienza e tecnologia dei biomateriali - Attuali problematiche generali inerenti la progettazione e l'utilizzo dei materiali in campo biomedico e dei dispositivi medicali per applicazioni nei settori cardio-vascolare, ortopedico, dentale, oftalmologico, chirurgico, implantologico dei tessuti molli, organi artificiali. Definizione di Tossicità, Biocompatibilità e Bioattività; loro criteri di valutazione *in vivo* e *in vitro* - L'interfaccia fra i materiali protesici e i tessuti biologici - La risposta dei tessuti viventi all'impianto di materiali estranei.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

- Intervento di un esperto di interazioni fra materiali e organismi viventi.

LABORATORI

Analisi morfologica e strutturale di strati superficiali di reazione su materiali bioattivi

MODULO 2: PRINCIPALI CLASSI DI BIOMATERIALI E RELATIVI SETTORI DI IMPIEGO.

Impegno (ore totali) lezioni: 30 esercitazioni: 14 laboratori: 6

Metalli e leghe - Polimeri - Ceramiche bioinerti - Ceramiche bioattive - Vetri e vetroceramiche bioattive - Materiali a base di carbonio - Materiali compositi - Materiali biologici. Metodi di preparazione, lavorazione e caratterizzazione dei biomateriali. Relazioni fra la struttura e le proprietà di ogni classe di biomateriali con particolare riferimento alle problematiche relative ai singoli campi di impiego.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

- Visita presso laboratori e aziende specializzati nella produzione di dispositivi biomedici. Intervento di esponenti del settore medico e di esperti di produzione di materiali e dispositivi biomedici.

LABORATORI

- Determinazione di alcune proprietà delle principali classi di materiali utilizzati in campo biomedico: densità e modulo di Young, analisi della propagazione delle cricche, determinazione dinamico-meccanica delle proprietà viscoelastiche.

MODULO 3: PROBLEMI DI DEGRADO DEI BIOMATERIALI. CONCLUSIONI.

Impegno (ore totali) lezioni: 18laboratori: 2

Fenomeni di degradazione in ambiente biologico: meccanismi e manifestazioni cliniche dovuti a fenomeni di corrosione, rilascio, degradazione chimica e meccanica. Metodologie di indagine rivolte alla valutazione del degrado biologico. Metodi e trattamenti per migliorare le prestazioni degli attuali dispositivi biomedici. Sviluppi e prospettive. Cenni sulle normative attualmente in vigore.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Corrosione dei materiali metallici in ambiente fisiologico simulato.

BIBLIOGRAFIA

Dispense fornite dal docente

ESAME

Ogni studente sarà invitato, a fine corso, a presentare una breve tesina monografica nella quale approfondirà un argomento a scelta attinente al programma svolto. La valutazione si baserà su una verifica orale, che terrà conto, oltre che della preparazione del candidato, della partecipazione dimostrata durante il corso e della qualità della tesina presentata.

Anno: 1 periodo: 1
Impegno (ore totali) lezioni: 80 esercitazioni: 30 laboratorio: 10

Crediti: 11

Docente: **Aldo PRIOLA** (Dipartimento di scienza dei materiali e ingegneria chimica
Tel. 5644656 - ricevimento ven. 14.30-15.30)
E-Mail: Priola@fenice.polito.it

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di illustrare le leggi fondamentali della chimica e collegarle con le principali applicazioni ingegneristiche. A tale proposito i diversi argomenti saranno illustrati da esempi industriali, che verranno discussi in modo critico in relazione ai principi fondamentali della chimica. Saranno presentati i fondamenti della chimica organica. Le esercitazioni in aula hanno lo scopo di applicare i principi teorici per risolvere problemi di calcolo; le esercitazioni di laboratorio prevedono la partecipazione diretta dello studente a semplici esperienze pratiche.

UNITÀ DIDATTICA 1: CHIMICA DI BASE. REAZIONI CHIMICHE. GAS E LIQUIDI. TERMOCHIMICA

Impegno ore lezioni: 30 esercitazioni: 15 laboratorio: 5

Le leggi fondamentali della chimica. Le reazioni chimiche: bilancio di massa.

Leggi dei gas ideali e reali. Stato liquido. Proprietà colligative delle soluzioni. Concetti di termochimica: energia interna, entalpia, calore di reazione. Entropia, energia libera e spontaneità delle trasformazioni chimiche e fisiche.

UNITÀ DIDATTICA 2: STRUTTURA ATOMICA. LEGAMI CHIMICI. STATO SOLIDO.

Impegno ore lezioni 20

La struttura dell'atomo e configurazioni elettroniche. Numeri quantici. Sistema periodico e proprietà degli elementi. Legami ionici e covalenti. Teoria della valenza. Legame metallico e legami deboli. Stato solido: i reticoli cristallini, celle elementari, diffrazione di raggi X dei solidi cristallini. Diagrammi di stato e regola delle fasi.

UNITÀ DIDATTICA 3: CINETICA CHIMICA. EQUILIBRI IN FASE GASSOSA E LIQUIDA. ELETTROCHIMICA. ELEMENTI DI CHIMICA ORGANICA

Impegno ore lezioni: 30 esercitazioni: 15 laboratorio: 5

Cinetica chimica: fattori che influenzano la velocità di reazione, ordine di reazione e molecolarità, energia di attivazione. Catalizzatori. Equilibri chimici: la legge dell'azione di massa, principio di Le Chatelier. Equilibri in fase omogenea ed eterogenea. Equilibri in soluzione: dissociazione di elettroliti, acidi e basi, pH, idrolisi.

Elettrochimica: i potenziali standard d'elettrodo, elettrolisi e leggi di Faraday, equazione di Nernst. Pile e accumulatori.

Chimica organica: idrocarburi saturi, insaturi e aromatici. Gruppi funzionali. Nomenclatura, struttura e principali reazioni dei composti organici. Reazioni di polimerizzazione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONE

Per ciascuno degli argomenti elencati nel Programma delle Lezioni sono presentati semplici problemi. Le esercitazioni intendono costituire per gli allievi un momento di revisione critica del processo di apprendimento.

LABORATORI

Lo studente eseguirà direttamente delle semplici esperienze di laboratorio, sotto la guida del docente e dell'esercitatore.

BIBLIOGRAFIA

- C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto & Bella, Torino
- C. Brisi, *Esercizi di Chimica*, Levrotto & Bella, Torino
- R. Michelin, A. Munari, *Fondamenti di Chimica per l'Ingegneria*, Cedam, Padova

ESAME

L'esame si articola in due prove: una prova scritta (A) ed una prova orale (B). La prova A consiste nel rispondere a trenta quesiti del tipo multiscelta, alcuni dei quali richiedono l'esecuzione di calcoli. La sufficienza conseguita nella prova A consente di accedere alla prova B. La prova orale è completamente di quella scritta e quindi prende le mosse dalle risposte fornite dall'esaminando in quest'ultima. Il superamento dell'esame comporta l'esito positivo di ciascuna delle due prove.

E0910 CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 5	esercitazioni/laboratori: 1	
	(ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni/laboratori: 14
Docente:	Mario MAJA		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso viene sviluppato con l'intento di dare agli allievi ingegneri le basi necessarie per discutere i processi di deterioramento dei materiali metallici provocati dalla corrosione e per scegliere i metodi di protezione e prevenzione più idonei. Verranno discussi sia i processi di corrosione a umido, sia quelli di corrosione a secco e la corrosione per correnti impresse. Vengono inoltre discussi i criteri di scelta dei materiali metallici.

REQUISITI

È necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di *Chimica*, e *Metallurgia* (per gli studenti di Ingegneria chimica) o *Materiali metallici* (per gli studenti di Ingegneria dei materiali).

PROGRAMMA

Introduzione. [8 ore]

Corrosione ad umido ed a secco, reazioni caratteristiche, danni diretti ed indiretti, costi ed affidabilità, ambienti corrosivi, richiami sulle acque, curva di Tillman, il suolo come elettrolito, velocità della corrosione ed influenza del tempo.

Termodinamica elettrochimica. [8 ore]

Richiami sugli elettroliti, i potenziali di elettrodo, gli elettrodi di riferimento, misura dei potenziali, diagrammi pH-V e loro lettura.

Cinetica elettrochimica. [10 ore]

La polarizzazione degli elettrodi, le curve di polarizzazione, le sovratensioni (ohmica, di attivazione, di diffusione), la legge di Tafel, il comportamento dinamico di un elettrodo e metodi di analisi delle sovratensioni, i fenomeni anodici e la passività dei metalli.

La isopolarizzazione dei metalli. [5 ore]

Le caratteristiche elettrochimiche delle principali reazioni che interessano la corrosione, il concetto di isopolarizzazione e di potenziale di corrosione, esempi pratici di sistemi reali.

Coppie galvaniche in CC. [6 ore]

Contatto tra differenti metalli in acqua marina, esempi di coppie galvaniche in *boiler*, tubazioni e reattori, l'inversione delle coppie galvaniche (Fe-Sn e Fe-Zn), grafitizzazione delle ghise.

La morfologia della corrosione. [12 ore]

Corrosione per vaiolatura, interstiziale, filiforme, intergranulare, sotto sforzo, per fatica, danneggiamento da idrogeno, corrosione atmosferica, biologica e nel suolo.

Materiali ed ambiente. [5 ore]

Comportamento dei principali acciai e delle leghe di rame e di zinco alla corrosione marina ed atmosferica.

Prevenzione e protezione. [6 ore]

Inibitori di corrosione (anodici e catodici), protezione catodica, rivestimenti metallici ed organici, criteri di progettazione.

Prove di corrosione. [5 ore]

Prove in camere a nebbia salina, prove elettrochimiche.

La corrosione a secco. [5 ore]

La teoria di Wagner, esempi caratteristici di ossidazione di metalli, corrosione lato fumi di caldaie e metodi di prevenzione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vengono svolte discutendo vari casi di corrosione raccolti nel corso degli anni dal laboratorio. Vengono altresì proiettate videocassette edite dalla National Association Corrosion Engineering e concernenti un corso di corrosione per ingegneri tenuto dalla associazione suddetta.

BIBLIOGRAFIA

- G. Bianchi, F. Mazza, *Corrosione e protezione dei metalli*, Masson.
D.A. Jonnes, *principles and prevention of corrosion*, mcmillan

Anno: 4	periodo 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 5	esercitazioni: 3
(ore totali)	lezioni: 66	esercitazioni: 38

Crediti 10

Docenti:

Rita QUENDA (Disegno Tecnico Industriale)**Francesco Antonino RAFFA** (Costruzione di Macchine)**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Durante le lezioni di Disegno Tecnico Industriale sono esposte le tecniche di rappresentazione di particolari industriali.

Le lezioni di Costruzione di Macchine illustrano gli aspetti di base sia della resistenza statica e a fatica degli organi delle macchine, sia della dinamica delle macchine.

REQUISITI

Per la parte di Disegno Tecnico Industriale è necessaria la conoscenza delle proiezioni assometriche e ortogonali; è inoltre auspicabile la conoscenza dei sistemi operativi DOS/Windows.

Per la parte di Costruzione di Macchine sono propedeutici i corsi di Scienza delle Costruzioni e di Meccanica Applicata alle Macchine.

PROGRAMMA**MODULO 1: PRINCIPI DI DISEGNO TECNICO – RESISTENZA STATICA E A FATICA**

Impegno (ore totali) lezioni: 30 esercitazioni: 18

Normazione, sistemi di proiezione, convenzioni, sezioni, quotatura di elementi meccanici. Studio delle tolleranze dimensionali e geometriche.

Stato delle tensioni, tensioni principali, ipotesi di rottura; resistenza a fatica dei materiali, concentrazione delle tensioni, danneggiamento cumulativo.

MODULO 2: DISEGNO DI ELEMENTI DI MACCHINE – ELEMENTI DI DINAMICA DELLE MACCHINE

Impegno (ore totali) lezioni: 30 esercitazioni: 26

Applicazione delle tolleranze dimensionali e geometriche. Studio e rappresentazione di elementi filettati, elementi di collegamento, alberi scanalati, ruote dentate, cuscinetti e relativi dispositivi di bloccaggio.

Calcolo di resistenza dei dischi rotanti. Vibrazioni libere e forzate di sistemi discreti a molti gradi di libertà, velocità critiche flessionali, oscillazioni torsionali degli alberi; tecniche di soluzione (metodo di Stodola, metodi delle matrici di trasferimento).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono lo studio di insiemi o gruppi e l'esecuzione di disegni costruttivi dei particolari.

Esercizi sul calcolo di resistenza statica e a fatica e sulla risposta dinamica di organi di macchine (soprattutto alberi.)

BIBLIOGRAFIAR. Giovannozzi, *Costruzione di macchine*, voll. I, II, Pàtron, Bologna.L. Baldassini, *Vademecum per Disegnatori e Tecnici*, Hoepli (17° ed.)**ESAME**

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

1441 **DISPOSITIVI ELETTRONICI I**

no: 3 Periodo: 2
pegno (ore sett.) lezioni:6 esercitazioni:4
editi: 12
cente: **Carlo NALDI**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

corso è l'insegnamento fondamentale per l'orientamento dei Materiali per l'Elettronica e l'Optoelettronica. Esso ha il compito di illustrare il funzionamento dei materiali e dei fondamentali componenti per la microelettronica includendo le basi delle tecnologie integrate. Si compone di due moduli.

PRIMO MODULO: MATERIALI E DISPOSITIVI ELETTRONICI PASSIVI

pegno (ore totali) lezione: 31 ripasso: 4 esercitazione:20

Dopo un richiamo dei principi della fisica dei solidi, si derivano da questi le principali caratteristiche dei materiali usati nei sistemi elettronici con particolare attenzione ai semiconduttori. Si studiano e si progettano i principali componenti passivi e si termina con l'esame delle tecnologie e dei circuiti integrati ibridi a film spesso e a film sottile.

REQUISITI

Elettrotecnica e Fisica Generale II

PROGRAMMA

temi di fisica dei solidi:

Equazione di Schrödinger barriera di potenziale: effetto tunnel; struttura cristallina, legami covalenti; semiconduttori IV e III-V gruppo [7 + 4]

fenomeni di trasporto:

Teoria delle bande di energia nei cristalli; fenomeni di generazione e ricombinazione; meccanismo della conduzione, massa efficace e fononi. Funzione distribuzione degli elettroni

Resistori reali. Tecnologia del film sottile e del film spesso, circuiti ibridi. [9 + 5]

Materiali magnetici:

Richiami su paramagnetismo, ferromagnetismo, ferrimagnetismo e antiferromagnetismo. Perdite per isteresi e per correnti parassite. Cenni su materiali magnetici dolci: leghe Fe-Si, Fe-Ni, Ferriti

Induttori reali: parametri parassiti. Nuclei compressi di materiali polverizzati (tecniche di rogetto). Induttori con nucleo di ferrite. Magneti permanenti. Nastri magnetici. [3 + 2]

Materiali dielettrici:

Richiami sulle proprietà dielettriche. Materiali ferroelettrici e piezoelettrici. Isolanti inorganici: mica, quarzo, zaffiro, ceramiche. Polimeri dielettrici: polietilene, polipropilene, poliolefine, resine poliviniliche, polistirolo, teflon e teflon "caricato", poliammidi. Resine epossidiche

Condensatori reali: condensatori ceramici, condensatori elettrolitici e a tantalio condensatori a carta, a film plastico, a mica. Fibre ottiche [4 + 0]

Tecnologia dei circuiti integrati ibridi:

Circuiti stampati. Substrati per circuiti ibridi. Circuiti a film sottile: deposizione (evaporazione e "sputtering") e fotolitografia, componenti passivi (condensatori e induttori). Circuiti a film spesso: serigrafia e vernici, taratura per "trimming", resistori, interconnessioni ("bonding"). Circuiti integrati a microonde [3 + 0]

Teoria elementare dei semiconduttori:

- Semiconduttore intrinseco e semiconduttori drogati; fenomeno di diffusione. Equazione di continuità [6 + 9]

SECONDO MODULO: DISPOSITIVI E TECNOLOGIE PER LA MICROELETTRONICA

Impegno (ore totali) lezione: 33

ripasso: 4 esercitazione: 25

laboratorio di simulazione: 4

Vengono descritti i fondamentali dispositivi a semiconduttore per impiego nella microelettronica. Vengono fornite nozioni di base sulla tecnologia dei circuiti monolitici e sulla realizzazione in forma integrata di ciascun componente.

REQUISITI

Materiali e Dispositivi elettronici passivi

PROGRAMMA

Tecnologia dei circuiti integrati:

- Circuiti integrati ibridi: substrati, componenti passivi. Tecnologia planare: fasi del processo. Crescita del monocristallo (metodo Czochralski). Ossidazione, litografia, attacco chimico. Impiantazione ionica, diffusione e solubilità dei droganti. Processi CVD: crescita epitassiale, deposizione di polisilicio, di ossidi e di strati metallici. Cenni sulla tecnologia dell'arseniuro di gallio. Interconnessioni, *packaging* e *testing*. Resistori integrati [6 + 4]

Giunzione metallo semiconduttore:

- Barriera di Schottky; capacità differenziale. Tecnica di misura $C(V)$ dei profili di drogaggio; diodo Schottky e contatti ohmici. [3 + 4]

Giunzione p-n:

- Giunzione all'equilibrio, capacità di transizione; correnti nel diodo; diodo reale: effetto della temperatura. Tecnologia dei diodi integrati: isole, defocalizzazione della corrente, strato sepolto. Modello a controllo di carica. Fenomeni di rottura: effetto Zener, effetto valanga. Diodi Zener e diodi Tunnel [5 + 7]

Transistore a effetto di campo a giunzione, JFET [2 + 0]

Transistore a effetto di campo metallo-semiconduttore, MESFET [2 + 0]

Transistore bipolare:

- Effetto transistore; regioni di funzionamento; modelli di Ebers-Moll e modelli SPICE. Effetto *Early*. Tempi di commutazione, modello a controllo di carica. Effetto della resistenza distribuita di base. *Breakdown* a valanga e perforazione diretta.

- Tecnologia dei transistori integrati: transistore planare npn; transistore parassita, transistori pnp. Modello di processo; transistore Schottky e isolamento a ossido [7 + 4]

MOSFET:

- Diodo MIS: inversione di popolazione, tensione di soglia di diodi ideali e reali. Modelli analitici dei MOS. MOS ad arricchimento e a svuotamento. Tecniche per il controllo della tensione di soglia. Tecnologia *metal gate* e *silicon-gate* (NMOS) [6 + 2]

Tecnologia VLSI. Ciclo di progetto dei circuiti integrati:

- Livelli di astrazione. Metodologie di progetto VLSI: full custom, *standard cell*, gate array. Tecniche di scalamento e limiti di integrazione. Interfaccia progettista-fabbrica: regole di progetto. Invertitori [2 + 2]

Uso del simulatore di componenti SPICE presso il LAIB [0+2+4]

BIBLIOGRAFIA

Naldi, Piccinini, "Dispositivi Elettronici", CELID, 1995

Masera, Naldi, Piccinini, "Introduzione all'analisi dei dispositivi a semiconduttore", Hoepli, 1995

"Tabelle e grafici dei materiali e componenti per l'Elettronica", CELID, 1995

TESTI AUSILIARI

R.S. Muller, T.I. Kamins, "Dispositivi Elettronici" 2 ediz., Bollati-Boringhieri, Torino, 1993

G. Ghione, "Dispositivi per la microelettronica", McGraw-Hill, Milano, 1998

ESAME

L'esame è relativo ai due moduli in cui è diviso il corso.

L'accertamento del primo modulo si può superare con un solo scritto. Per il secondo modulo con il solo scritto si può arrivare a un massimo di 27/30. Per voti superiori, su richiesta, vi è una prova orale.

E1445**DISPOSITIVI ELETTRONICI II /
ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO**

(corso integrato)

Anno: 5

Periodo: 2

Crediti: 9

Docenti:

Carlo NALDI - Giovanni GHIONE (Dipartimento di Elettronica)

Modalità di contatto del Docente Naldi

Tel. 011/564 4069 e-mail naldi@polito.it

DISPOSITIVI ELETTRONICI II

Impegno (ore sett.)	Lezioni, esercitazioni, laboratori:	8
(ore totali)	Lezioni, esercitazioni, laboratori:	58

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il settore principale in cui un ingegnere dei materiali può studiare nuovi materiali per l'elettronica è certamente quello dei dispositivi per le applicazioni nel campo delle comunicazioni che sono basati sui semiconduttori composti e sulle eterostrutture. In questo settore il progetto del dispositivo e del materiale spesso sono altrettanto determinanti quanto il progetto circuitale o di sistema. Il corso di ciò si occupa; esso segue il corso di Dispositivi Elettronici I, da un lato affinando gli strumenti di indagine sui dispositivi, dall'altro estendendo l'esame dei dispositivi verso quelli impiegati nelle applicazioni ad alta frequenza nelle telecomunicazioni e alle frequenze ottiche. Il corso è pensato specificatamente per Ingegneria dei Materiali e quindi i prerequisiti sono quelli conseguibili attraverso gli insegnamenti previsti nel corso di Laurea.

REQUISITI

Dispositivi elettronici I

PROGRAMMA*Cenni di meccanica quantistica e statistica:*

- Equivalenza pacchetto d'onde-particella. Distribuzioni di Maxwell, di Bose-Einstein e di Fermi-Dirac. Maser all'ammoniaca [12 ore]

Elettrone in un reticolo:

- Teorema di Bloch e modello di Krönig-Penney [8 ore]

Semiconduttori per applicazioni in alta frequenza:

- Proprietà dei semiconduttori composti III-V, II-VI, I-VII. Eterostrutture: adattamento reticolare e strati sotto tensione. Leghe ternarie e quaternarie [4 ore]

Fenomeni di trasporto:

- Condizioni di non equilibrio. Collisioni con impurità ionizzate e con vibrazioni reticolari. Fononi acustici e ottici. Interazione elettrone-fonone. Curva velocità-campo [4 ore]

Principi generali sul rumore nei dispositivi:

- Rumore termico e di diffusione [2 ore]

Dispositivi a effetto di volume:

- Diodi Gunn. Mobilità differenziale negativa. Operazioni con circuito risonante.
- Tecniche di progetto di oscillatori a resistenza negativa [4 ore]

Fenomeni di breakdown:

- Soglia per la valanga. Dispositivi a valanga e tempo di transito.
- Diodi IMPATT. Tecnologia del dissipatore integrato [4 ore]

Tecnologia dell'arseniuro di gallio:

- Crescita monocristallina. Semiisolante (compensazione dislocazioni-carbonio). Tecniche

epitassiali: LPE, MOCVD, MBE.

- MESFET epitassiale e per impiantazione ionica [2 ore]

Dispositivi a superreticolo:

- Multi-quantum well e modulazione del drogaggio;

- HEMT, pseudomorfici; transistori bipolari a eterogiunzione

- HBT. Dispositivi a tunneling risonante [4 ore]

Fenomeni di generazione-ricombinazione:

- Centri di ricombinazione; teoria SRH, proprietà delle superfici [4 ore]

Dispositivi optoelettronici:

- Diodi a emissione di luce (LED);

- Laser a omostruttura e a eterostruttura: a striscia, a reazione distribuita;

- Fotorivelatori: fotoconduttore, fotodiodi PIN e APD.

- Celle solari: al silicio policristallino e amorfo, a eterogiunzione, Schottky, con concentrazioni e con "spectral splitting" [10 ore]

BIBLIOGRAFIA

Micheal Shur, "Physics of semiconductor devices", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1990

Copie dei lucidi presentati a lezione vengono distribuite agli studenti.

ESAME

Durante il semestre viene data la possibilità con una prova di esonero di superare la parte relativa a questo modulo.

ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO

Impegno (ore sett.) lezioni: 4 laboratori: 4

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Negli ultimi anni la simulazione numerica dei dispositivi elettronici allo stato solido è divenuta uno strumento indispensabile nella ideazione e progettazione dei dispositivi a semiconduttore ed è una componente fondamentale del cosiddetto CAD Tecnologico (TCAD). Il corso si propone di offrire una introduzione all'analisi e alla simulazione numerica di dispositivi elettronici convenzionali e avanzati mediante modelli fisici. Dopo una introduzione ai modelli fisici di dispositivi a semiconduttore, ai loro parametri, e ad aspetti avanzati sia dei modelli (modelli di trasporto non stazionario) che delle strutture (dispositivi ad eterostruttura) vengono trattati gli aspetti numerici della simulazione di dispositivi elettronici, necessari ad orientare i possibili utenti di programmi TCAD. Vengono infine proposti progetti su calcolatore da condursi mediante l'uso di strumenti TCAD.

REQUISITI

Dispositivi elettronici I, consigliato Dispositivi Elettronici II

PROGRAMMA

Il CAD tecnologico: simulazione di processo, dei dispositivi, circuitali. Problemi di interfacciamento fra fasi successive. Modelli fisici di semiconduttori. Il modello di deriva-diffusione. Parametri fisici del modello: proprietà di trasporto, fenomeni di RG. Richiami sulla struttura a bande dei semiconduttori e sulle proprietà statistiche in equilibrio e fuori equilibrio. Eterostrutture e dispositivi a eterostruttura. Trasporto parallelo e ortogonale in eterostrutture. Esempi di dispositivi a eterostruttura: HEMT, HBJT, LASER. Modelli di trasporto non stazionario. L'equazione di Boltzmann. Il modello idrodinamico.

Modelli di trasporto di energia. Modello di deriva-diffusione come caso limite. Parametri fisici del modello idrodinamico.

Il modello idrodinamico nei semiconduttori a più valli. *Overshoot* di velocità nel GaAs e InP. Il trattamento numerico dei modelli fisici. Il modello fisico in equilibrio termodinamico: l'equazione di Poisson-Boltzmann. Soluzione mediante differenze finite generalizzate. Discretizzazione del modello di deriva-diffusione: lo schema di Scharfetter-Gummel. Analisi DC, di piccolo segnale, temporariante. Analisi speciali: analisi di rumore, analisi di *sensitivity*. Discretizzazione numerica di modelli idrodinamici.

BIBLIOGRAFIA

Vengono forniti appunti del docente che coprono tutti gli argomenti del corso.

Testi ausiliari:

S.Selberherr, "*Analysis and Simulation of Semiconductor Devices*", Springer 1985

J.Singh, "*Physics of Semiconductors and their heterostructures*", McGraw-Hill 1993

ESAME

Consiste nello svolgimento e nella discussione orale di un progetto di simulazione numerica di dispositivi.

Anno: 4 Periodo:1
Impegno (ore sett.) lezioni:4 esercitazioni: 4
Crediti: 9
Docente: **Giovanni FRAQUELLI** (coll.: Elena RAGAZZI)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

La gestione di ogni attività di impresa, dai fatti squisitamente operativi alle scelte strategiche, risulta fortemente condizionata da valenze economiche. Il corso intende proporre concetti e tecniche di analisi utili al processo decisionale, attingendo ai riferimenti teorici dell'analisi microeconomica e a quelli tecnico-operativi derivanti dalla prassi aziendale. L'obiettivo è dunque quello di fornire una guida utile all'interpretazione dell'attività d'impresa tramite una molteplicità di strumenti di indagine resi disponibili dalle varie discipline economiche e aziendali.

PROGRAMMA

- Differenti ottiche di studio dell'impresa.
- Significato economico dell'attività d'impresa, costi impliciti e concetto di profitto.
- L'utilizzo del bilancio a fini gestionali: analisi del conto economico, stato patrimoniale, flussi finanziari e determinazione degli indici di bilancio.
- Teoria della produzione e analisi dei costi: dalla funzione di produzione neoclassica all'analisi empirica dei costi.
- Relazione costi - volumi di produzione in presenza di uno o più prodotti.
- Produttività e progresso tecnico: concetto di produttività e costruzione di indici di produttività tramite dati di bilancio.
- Prezzi, produttività e volumi di produzione.
- La valutazione degli investimenti industriali, tecniche di valutazione e costo del capitale.
- Aspetti operativi connessi alla valutazione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Produzione e costi:

la produzione come combinazione di fattori;
la produzione come combinazione di processi.

Break-even analysis e decisioni operative:

impresa monoprodotto e prezzo di vendita costante;

impresa monoprodotto e prezzo sensibile alla quantità venduta;

funzione discontinue e un solo prodotto;

scelta del *mix* produttivo con prezzo di vendita costante;

scelta del *mix*: più prodotti e prezzo variabile in funzione della quantità venduta;

più prodotti e *mix* produttivo non specificato;

concorrenza fra due imprese (duopolio).

Analisi della produttività:

indicatori di produttività parziale,

indicatori di produttività globale.

Attività economica e ricadute finanziarie.

Decisioni di investimento.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Fraquelli, *Elementi di economia manageriale: costi, produttività e decisioni di investimento*, CUSL, Torino, 1994.

G. Fraquelli, E. Ragazzi, *Elementi di economia manageriale: temi svolti*, CUSL, Torino, 1994.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G. Zanetti, *Economia dell'impresa*, Il Mulino, Bologna, 1992.

G.J. Thuesen, W.J. Fabrick, *Economia per ingegneri*, Il Mulino, Bologna, 1994.

ESAME

Prova scritta e orale.

PROGRAMMA

- Amplificatore Operazionale. Modelli. Offset e derive.
- Amplificatori di tensione, corrente, transresistenza e transconduttanza. Impedenza di ingresso ed uscita. Circuiti con operazionali. Amplificatori di transresistenza e di tensione invertente.
- Studio della stabilità in sistemi reazionati. Margine di fase e di guadagno. Calcolo del guadagno. Compensazione.
- Comparatori di soglia. Generatori di forme d'onda. Astabile, generatore di onda triangolare e sinusoidale.
- Regolatori di tensione regolabili e fissi. Regolatori a tre terminali (78XX). Alimentatori switching step-up, step-down e fly-back.
- Convertitori Digitali-Analogici e Analogici-Digitali. Circuiti base e analisi delle caratteristiche ed errori.
- Sample and Hold.
- Segnali logici e caratteristiche principali. Logiche TTL e CMOS.
- Logica combinatoria e circuiti sequenziali.
- Memorie (ROM, RAM, PROM, EPROM, ...)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

- Operazionali: lettura delle caratteristiche, offset e derive
- Operazionali: circuiti base (amplificatori, sommatore, filtri, diodo ideale)
- Generatori di forma d'onda
- Alimentatore stabilizzato 78xx
- Famiglie logiche (lettura caratteristiche, interfacciamento, progetto di circuiti elementari)

LABORATORIO

- Circuiti con Operazionali (amplificatori, sommatore, filtri)
- Famiglie logiche (transcaratteristica, tempi di propagazione, interfacciamento)

ESAME

Prova scritta di 40 minuti relativo a semplici progetti usando le metodologie studiate ad esercitazione. Prova orale sulla teoria.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

- R. Jaeger, Microelettronica, McGraw-Hill 1998

Testi Ausiliari:

- T.F. Bogart, Electronic devices and circuits, Merrill-Macmillan, 1993
- E. Cuniberti et al., Elettronica-Componenti e tecniche circuitali, Petrini Editore, 1993
- J. Millman - A. Grabel, Microelectronics, McGraw-Hill, 1987

E1790 ELETTROTECHNICA

Anno: 2 periodo: 1

Impegno (ore totali) lezioni: 80 esercitazioni: 40

Crediti: 11

Docente: **Marco GILLI**

UNITÀ DIDATTICA 1: FONDAMENTI DI CIRCUITI: RETI RESISTIVE

Impegno (ore totali) lezioni: 20 esercitazioni: 15

PRINCIPI FONDAMENTALI E LEGGI DI KIRCHHOFF: Principi di Elettromagnetismo. Limiti di validità della Teoria dei circuiti a parametri concentrati. Modelli di dispositivi elettrici: multipoli. Grandezze elettriche su un multipolo: tensione, corrente e potenza elettrica. Leggi di Kirchhoff delle tensioni e delle correnti. Elementi di Teoria dei grafi e convenzioni di segno. Formulazione matriciale delle Leggi di Kirchhoff. Teorema di Tellegen.

RETI RESISTIVE: Definizione di resistore a due terminali; resistori lineari e non lineari, variabili ed invariabili nel tempo; passività. Resistore ideale. Generatori ideali di tensione e di corrente. Circuiti elementari. Resistore costituito da una rete di resistori: connessione in serie e parallelo, trasformazione stella-triangolo e triangolo-stella. Metodi per il calcolo di reti contenenti un solo generatore. Multipoli e multiporta resistivi lineari e non lineari. Doppi bipoli lineari e loro rappresentazione; generatori controllati, trasformatore ideale, giratore. Amplificatore operazionale. Passività e reciprocità di multipoli resistivi lineari. Metodi generali per il calcolo delle reti resistive lineari: metodo dei nodi, dei nodi modificato e del *tableau sparso*; principio di sovrapposizione degli effetti; teoremi di Thevenin e di Norton. Principio di sostituzione.

UNITÀ DIDATTICA 2: FONDAMENTI DI CIRCUITI: RETI DINAMICHE

Impegno (ore totali) lezioni: 30 esercitazioni: 25

RETI DINAMICHE: Condensatori e induttori a due terminali lineari e non lineari, variabili ed invariabili nel tempo: relazioni costitutive e proprietà fondamentali. Circuiti lineari di ordine I con ingressi costanti, costanti a tratti ed arbitrari. Circuiti lineari di ordine 1 contenenti interruttori ideali. Cenni sui circuiti non lineari di lineari di ordine H . Circuiti lineari di ordine arbitrario. Scrittura e soluzione delle equazioni di stato

RETI IN REGIME SINUSOIDALE: I fasori e loro utilizzazione nella rappresentazione di grandezze sinusoidali isofrequenziali. Proprietà dei fasori. Reti in regime sinusoidale. Leggi di Kirchhoff e relazioni costitutive. Concetto di impedenza, ammettenza resistenza, reattanza, conduttanza e suscettanza di un bipolo inerte. Connessioni di impedenze. Estensione dei metodi elementari e generali al calcolo di reti fasoriali. Risonatori. Diagrammi fasoriali e loro utilizzazione per la soluzione di problemi inversi. Potenze in regime sinusoidale: potenza attiva, reattiva, complessa ed apparente. Teorema di Boucherot. Rifasamento.

RETI CON INGRESSI PERIODICI: Calcolo della risposta a regime e della risposta completa di reti in presenza di generatori sinusoidali non isofrequenziali e periodici, mediante l'uso della serie di Fourier.

RETI CON INGRESSI ARBITRARI: TRASFORMATE DI LAPLACE: Metodo della trasformata di Laplace. Calcolo di trasformate e di antitrasformate. Leggi di Kirchhoff nel dominio delle Trasformate di Laplace. Relazioni costitutive nel dominio delle Trasformate di Laplace. Metodo dei nodi, dei nodi modificato e del *tableau sparso*. Impedenza ed ammettenza di un bipolo. Calcolo simbolico con le trasformate di Laplace. Teorema del valore iniziale e finale. Applicazioni.

UNITÀ DIDATTICA 3: PRINCIPI DI INGEGNERIA ELETTRICA

Impegno (ore totali) lezioni: 30

FONDAMENTI DI ELETTROMAGNETISMO: Circuiti magnetici. Circuiti a parametri distribuiti. Linee di trasmissione.

SISTEMI TRIFASI: Considerazioni generali sulla produzione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica. Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati. Metodi per il calcolo. Rifasamento. Caduta di tensione sulla linea.

ELEMENTI DI IMPIANTI ELETTRICI E MACCHINE ELETTRICHE: Distribuzione dell'energia elettrica. Normativa sugli impianti elettrici (cenni). Effetti della corrente elettrica sul corpo umano (cenni). Relè di tensione. Interruttore automatico di massima corrente. Interruttore automatico differenziale. Dispensori. Introduzione alle macchine elettriche: generalità e classificazione; perdite, rendimento e riscaldamento. Trasformatore reale: principio di funzionamento; circuito equivalente; funzionamento a vuoto e prova a vuoto; funzionamento in cortocircuito e prova in cortocircuito; funzionamento a carico; disposizioni costruttive; trasformatori trifasi. Macchine asincrone: generalità e disposizioni costruttive; il campo magnetico rotante; principi del funzionamento come motore; circuito equivalente; regolazione di velocità; funzionamento come generatore; motori asincroni monofasi. Macchine sincrone: generalità e disposizioni costruttive; generazione della f.e.m.; funzionamento a vuoto; funzionamento a carico; reazione di indotto; circuito equivalente; motore sincrono. Macchine a corrente continua: generalità e disposizioni costruttive; generazione della f.e.m.; tipi di eccitazione; caratteristiche meccaniche. Principio di funzionamento di motori passo-passo.

BIBLIOGRAFIA

Testi consigliati

P. P. Civalleri, *Elettrotecnica*, Edizioni Levrotto & Bella L. 0. Chua, C. A. Desoer, S. Kuh *Circuiti lineari e non lineari*, Gruppo ed. Jackson V. Daniele, R. Graglia, A. Liberatore, S. Manetti, *Elettrotecnica*, Monduzzi editore. V. Daniele, M. Gilli, *Reti elettriche nel dominio delle frequenze*, C.L.U.T. C. Paul, *Compatibilità elettromagnetica*, Hoepli editore C. Paul, *Analysis of linear circuits*, Mc Graw Hill ed. M. Biey, *Esercitazioni di elettrotecnica*, C.L.U.T. M. Biey, *Spice e Pspice*, C.L.U.T.

ESAME

L'esame è composto dalle seguenti parti:

- 1) Una **prima prova scritta**, che consiste nello svolgimento di alcuni semplici esercizi e che viene valutata con un punteggio da 1 a 10. Per essere ammessi alla prosecuzione dell'esame è necessario ottenere almeno 6 punti su 10 in questa prova.
- 2) Una **seconda prova scritta**, che consiste nello svolgimento dettagliato di un esercizio complesso. Tale prova viene valutata con un punteggio da 1 a 10. Per essere ammessi alla prosecuzione dell'esame è necessario ottenere almeno 6 punti su 10 in questa prova.
- 3) Una **prova orale**, che consiste in una domanda teorica su di un argomento svolto a lezione. Tale prova viene valutata con un punteggio da 1 a 10. L'esame si considera superato se anche in questa prova la valutazione è almeno pari a 6 punti su 10.

Il voto complessivo dell'esame viene determinato sommando i punteggi parziali delle tre prove.

Le due prove scritte si svolgono nello stesso giorno. La prova orale si svolge dopo la correzione delle prove scritte.

Durante le prove scritte non si possono consultare appunti o testi a stampa; non si possono usare calcolatrici programmabili. Al termine delle due prove scritte viene presentata la correzione: in quel momento gli studenti che lo ritengono opportuno possono ritirarsi dall'esame, senza che questo comporti la registrazione di un voto negativo. Dopo la correzione delle prove scritte il ritiro dall'esame comporta la registrazione di un voto negativo.

E1902 **FISICA GENERALE II**

Anno: 2 Periodo: 1
Impegno (ore sett.) lezioni: 6 esercitazioni: 2 laboratori: 2
Crediti: 11
Docente:

B. MINETTI (coll.: **V. PENNA**)

Il docente è disponibile per due ore di consulenza settimanali, che verranno specificate all'inizio del corso.

PROGRAMMA

(I numeri tra parentesi si riferiscono alle ore di lezioni previste per trattare l'argomento corrispondente)

MODULO I: ELETTROMAGNETISMO CLASSICO

Elettrostatica nel vuoto (6)

Carica elettrica - legge di Coulomb, campo e potenziale elettrostatico - Flusso del campo elettrico e teorema di Gauss - Equazioni fondamentali dell'elettrostatica, potenziali di stato semplice e di doppio strato - Dipolo elettrico - Induzione elettrostatica - Capacità e condensatori.

Dielettrici (4)

Generalità sui dielettrici - - Trattazione macroscopica dei dielettrici - Teorema di Poisson - Cariche di polarizzazione - Campo di Lorentz - Equazione di Poisson - Condizioni di continuità per i campi D ed E . - Trattazione microscopica dei dielettrici, equazione di Clausius-Mossotti -

Correnti elettriche e circuiti termoelettrici (7)

Corrente elettrica, equazione di continuità - Legge di Ohm, resistenza elettrica - Meccanismi di conduzione - Relazioni generali tra correnti termiche ed elettriche e campo elettrico e gradiente termico - Legge di Joule - Effetto Volta - Effetto Peltier - Effetto Seebeck - coppie termoelettriche. Campo elettromotore di una pila - Resistenza interna di una pila - Carica e scarica di un condensatore. Leggi di Kirchhoff per un circuito a parametri concentrati.

Campi magnetici indipendenti dal tempo (9)

Dipoli magnetici - Campi H , B , M , Principio di Ampère. Circuitazione del campo magnetico - Legge di Biot e Savart. Campo prodotto da un solenoide indefinito. Prima e seconda formula di Laplace. Forza di Lorentz. Moto ciclotronico - Spettrometri di massa - Cenno sugli strumenti elettrici - Magneti permanenti.

Campi magnetici nella materia (4)

Permeabilità magnetica, sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche - Correnti atomiche, momento magnetico di un atomo, precessione di Larmor - Polarizzazione delle molecole, campi B , M , H - Teoria microscopica del diamagnetismo - Paramagnetismo - Funzione di Langevin - Ferromagnetismo - Campo di Weiss - Temperatura di Curie - Ciclo di isteresi e sua caratterizzazione sperimentale.

Campi magnetici dipendenti dal tempo (4)

Legge di Faraday - Lenz - Misura del campo B . Densità d'energia del campo magnetico - Misura delle suscettività magnetiche - Induttanze, circuiti R , L , C . - Induttanza di un cavo coassiale - Circuito risonante - Mutua induttanza.

MODULO II: OTTICA, MECCANICA QUANTISTICA E STATISTICA

Onde (10)

Equazioni di Maxwell e corrente di spostamento. Onde elettromagnetiche - lunghezza d'onda - Propagazione in mezzi dispersivi - Vettore di Poynting - Densità di energia del campo elettro-

magnetico - Velocità di gruppo - Rifrazione e riflessione di onde elettromagnetiche piane - Legge di Snell - Spettroscopio a prisma - Formule di Fresnel - Angolo di Brewster - Angolo limite e riflessione totale.

Interferenza e diffrazione (8)

Interferenza fra onde - Sorgenti coerenti e incoerenti - Lamine sottili piano parallele - Lamine sottili a cuneo - Interferometri - Misura di una lunghezza d'onda - Teoria della diffrazione o con la formulazione di Kirchoff o con il principio di Huygens- Fresnel - Diffrazione di Fraunhofer - Limiti dell'ottica geometrica - Reticolo di diffrazione e suo potere risolutivo.

Ottica geometrica (7)

Leggi dell'ottica geometrica, angolo limite - Diotro sferico - Specchi sferici e piani - Prisma, determinazione sperimentale dell'indice di rifrazione - Sistemi ottici centrati, punti cardinali - lenti spesse e sottili - Aberrazioni - Strumenti semplici, obbiettivi e oculari - Strumenti composti, cannocchiale e microscopio -

Propagazione della luce in mezzi anisotropi (4)

Assi principali di polarizzazione in un cristallo - Ellissoide degli indici e sue proprietà - Cristalli uniassici - Onde ordinarie e straordinarie - Prisma di Nicol - Lamina a quarto d'onda.

Fondamenti della meccanica quantistica (4)

Dualismo particella - onda. Principio di indeterminazione. Descrizione probabilistica dello stato quantistico di un sistema. Postulati fondamentali della meccanica quantistica. Equazione di Schrodinger. Particella in una scatola parallelepipedica. Densità degli stati permessi.

Statistica classica e quantistica (6)

Equilibrio statistico - Distribuzione di Boltzman, cenni sulle distribuzioni di Bose-Einstein e Fermi-Dirac - Definizione statistica di variabili termodinamiche classiche - Teoria di Planck della radiazione di corpo nero - Legge di Wien - Legge di Stefan - Boltzmann.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esperienze di laboratorio programmate:

1. Misura di resistenza mediante ponte di Wheatstone e misura di temperatura con sensore PT100;
2. Studio delle oscillazioni in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali
3. 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 sensore a fotodiodo);
4. Misura della diffusività termica di un provino metallico

BIBLIOGRAFIA

Testi consigliati:

- M. Omini : Lezioni di Fisica II (vol. 1 e 2) - Esculapio (Bologna)
- Blum-Roller: FISICA (Zanichelli)
- C. Mencuccini, V. Silvestrini FISICA, Liguori, Napoli 1987
- E. Amaldi, R. Bizzarri, G. Pizzella : FISICA GENERALE, elettromagnetismo, relatività, ottica - Zanichelli Editore

ESAME

L'esame consta di una prova orale, che si svolge dopo che il docente ha acquisito vari elementi di giudizio sullo studente, tra cui l'esito di un compito scritto e le relazioni di laboratorio. Lo studente può presentarsi allo scritto in un appello qualunque, e ripeterlo quante volte vuole. Se il voto di uno scritto è $\geq 18/30$, la sua validità potrà essere estesa eventualmente fino alla fine dell'anno in corso, a giudizio del docente.

Studenti che non abbiano sostenuto lo scritto o comunque non abbiano ottenuto un voto superiore ai 10/30 sono fortemente sconsigliati di presentarsi all'esame.

E2060 FISICA TECNICA

Anno: 3 Periodo: 2
Impegno (ore totali): lezioni: 60 esercitazioni: 40 laboratori: 4
Crediti : 10
Docente: **Emilio CAFARO**

UNITÀ DIDATTICA 1 : TERMODINAMICA

Impegno (ore totali): lezioni: 40 esercitazioni: 10

PROGRAMMA:

Fondamenti della Termostatica

Assiomi leggi, teoremi fondamentali. Trasformazioni semplici, diagrammi di stato, potenziali termodinamici. Sistemi termodinamici complessi. Cicli dei motori a gas e vapore. e delle macchine operatrici. Analisi entropica ed exergetica dei sistemi termodinamici aperti e degli impianti di conversione energetica.

Fondamenti della Termodinamica in Tempo Finito

Assiomi, leggi, teoremi fondamentali. Rendimenti dei motori e delle macchine operatrici endoreversibili in condizioni di massima potenza. Effetti delle leggi fenomenologiche per i processi di scambio termico sui rendimenti dei motori e delle macchine termiche. Metodi di ottimizzazione e controllo ottimale dei cicli termodinamici.

Fondamenti della Termodinamica dei Processi Irreversibili Lineari

Flussi termodinamici e forze generalizzate. Principio di Curie-Prigogine. Relazioni di reciprocità di Onsager-Casimir Stati stazionari e teorema di Minima Produzione di Entropia Teorema di equipartizione della produzione di entropia. Potenziali termodinamici di nonequilibrio e formulazione variazionale della termodinamica dei processi irreversibili.

UNITÀ DIDATTICA 2: TERMOFLUIDODINAMICA. T

Impegno (ore totali): lezioni: 40 esercitazioni: 10 laboratori: 4

PROGRAMMA

Modelli di campo dei processi di trasporto di massa ed energia:

- equazioni di conservazione e di bilancio in forma differenziale ed integrale per la massa, la quantità di moto, l'energia, l'entropia, l'exergia;
- equazioni costitutive dei fluidi di processo;
- analisi dei processi di scambio termico per conduzione ed irraggiamento;
- analisi dei flussi convettivi liberi e forzati.

Modelli di strato limite fluidodinamici e termici:

- ipotesi di validità e derivazione delle equazioni caratteristiche,
- analisi entropica di flussi convettivi misti in domini geometrici semplici;
- soluzioni analitiche ed approssimate.

Metodo dell'analisi adimensionale:

- applicazione ai modelli matematici dei processi di scambio termico per conduzione convezione ed irraggiamento;
- correlazioni semi-empiriche fra numeri e gruppi adimensionati.

Modelli ridotti ed analogie per i processi di scambio termico:

- transitorio di raffreddamento e/o riscaldamento di corpi tozzi;
- analogia di Reynolds-Prandtl e generalizzazioni per gli scambi termici e gli scambi di massa.

Progettazione ed ottimizzazione termodinamica di dispositivi di scambio termico:

- alette e scambiatori di calore

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

Esercizi svolti in aula sui temi trattati a lezione : Sviluppo di monografie su argomenti di interesse da concordare con gli allievi.

LABORATORI

Tecniche di visualizzazione e misura dei campo di temperatura nei solidi . Tecniche di visualizzazione e misura dei campi di moto e di temperatura in flussi convettivi liberi e forzati.

ESAME

L'esame consiste in:

- due prove scritte, ognuna concernente gli argomenti sviluppati nelle singole unità didattiche, durante le quali si richiede di svolgere esercizi numerici e rispondere a quesiti teorici;
- un colloquio orale durante il quale **gli allievi sono** tenuti a presentare e discutere le monografie svolte e rispondere sugli approfondimenti di teoria in esse sviluppati.

E1994 **FISICA DELLE SUPERFICI**

(Corso ridotto)

Anno: 5	Periodo:2
Impegno (ore sett.)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 4
(ore totali)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 50
Crediti: 5	
Docente:	Elena TRESSO

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Lo scopo del corso è quello di fornire una panoramica dei moderni problemi di fisica delle superfici, delle interfacce e dei processi di adsorbimento. La superficie viene affrontata come una fase ben distinta della materia e ne vengono analizzate le principali proprietà chimiche, strutturali, elettroniche e ottiche. Viene inoltre presentata una descrizione operativa di alcune tecniche sperimentali di largo uso in fisica delle superfici, ma del tutto trasferibili in altri contesti.

REQUISITI

Fisica 1 e 2, Struttura della materia.

PROGRAMMA

- Introduzione alla fisica della superficie; le cause e le conseguenze di una sperimentazione in ultra alto vuoto (UHV); metodi per la preparazione di superfici "pulite"; tecnologia UHV. [6 ore]
- La superficie dal punto di vista chimico: individuazione delle specie atomiche superficiali con tecniche spettroscopiche (Auger, Spettroscopia SIMS). [6 ore]
- Forma e struttura delle superfici: approccio termodinamico, tensione superficiale; la disposizione degli atomi in prossimità di superfici e interfacce, rilassamento, ricostruzione e difetti; celle e reticoli bidimensionali; metodi di indagine dello spazio reciproco (LEED, RHEED) e dello spazio diretto (SEM, STM); modelli strutturali delle interfacce solido/solido. [12 ore]
- Le proprietà elettroniche di superfici e interfacce: teoria delle bande unidimensionale e tridimensionale; stati di Shockley e di Tamm; la funzione lavoro; spettroscopia di fotoelettroni, metalli, semiconduttori covalenti e polari. [6 ore]
- Struttura elettronica delle superfici covalenti Si(100), Si(110), Si(111) non ricostruite. Principi che regolano il fenomeno di rilassamento e ricostruzione, ruolo dei *dangling bonds*. Ricostruzioni Si(111) 2x1 e 7x7, Si(100) 2x1. *Screening* e trasferimento di carica nei semiconduttori polari. Struttura elettronica della superficie neutra GaAs(110), ideale e rilassata. Superfici polari ricostruite GaAs(100) e (111). [4 ore]
- Assorbimento sulle superfici solide; fisisorbimento e chemisorbimento. Chemisorbimento di metalli su semiconduttori: la giunzione metallo-semiconduttore. Desorbimento, reazioni superficiali, catalisi e crescita cristallina. [6 ore]
- Crescita di *film* sottili amorfi e microcristallini. [6 ore]
- Proprietà ottiche: riflessione e rifrazione; eccitazioni elementari: eccitoni e plasmoni, fononi di superficie. [4 ore]

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste visite a laboratori di ricerca attivi sia presso il Dipartimento di Fisica che presso altri.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

H. Luth, *Surfaces and interfaces physics*, Springer.

Testi ausiliari:

A. Zangwill, *Physics at surfaces*, Cambridge Univ. Press.

M. Prutton, *Surface physics*, Clarendon, Oxford.

ESAME

L' esame consiste in una prova orale, suddivisa in due parti: una lezione di 15-20 minuti su un argomento scelto dal candidato; alcune domande su argomenti svolti durante il corso.

E2170 **FONDAMENTI DI INFORMATICA**

Anno: 1	Periodo: 2		
Impegno (ore sett.):	lezioni: 6	esercitazioni: 2	laboratori: 2
Crediti: 9			
Docente:	Enrico MACII		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso intende presentare i fondamenti dell'informatica, con lo scopo di chiarirne i principi teorici per permettere una corretta valutazione delle possibilità applicative degli elaboratori elettronici. Ci si prefissa inoltre di fare acquisire agli allievi una discreta "manualità" nell'uso degli elaboratori, attraverso l'impiego di strumenti di produttività individuali e di un linguaggio di programmazione.

Il corso è propedeutico ai corsi specialistici di informatica. Inoltre fornisce le basi per molti corsi di carattere matematico-fisico che richiedono l'uso del calcolatore per le esercitazioni e lo sviluppo di casi di studio.

REQUISITI

Non esiste nessuna propedeuticità specifica in termini di esami, ma è utile avere buone basi matematiche ed attitudine al ragionamento logico.

PROGRAMMA

Cenni storici [2 ore]

evoluzione del calcolo automatico: breve storia dei calcolatori meccanici, elettromeccanici ed elettronici.

Codifica dell'informazione [10 ore]

sistemi di numerazione (in particolare il sistema binario); numeri relativi (codifica in modulo e segno ed in complemento a due); numeri frazionari (problemi di approssimazione; codifica fixed-point ed in floating-point; lo standard IEEE-754); codifica BCD; operazioni aritmetiche in binario puro ed in complemento a due; errori di overflow e di underflow; informazioni non numeriche (codici binari, codice ASCII); protezione dell'informazione dagli errori casuali (codici a rivelazione ed a correzione d'errore).

Logica booleana [4 ore]

variabili booleane, operatori logici (and, or, not, exor), tavola di verità, teoremi booleani, minimizzazione di espressioni logiche

Tecnologia elettronica [4 ore]

transistori, porte logiche, circuiti combinatori, flip-flop, circuiti sequenziali, registri; tecnologie elettroniche (MOS, bipolari, circuiti integrati)

Architettura degli elaboratori elettronici [8 ore]

unità di input (buffer, ADC; tastiera, mouse, scanner, tavoletta grafica); unità di output (buffer; video, stampanti, plotter); unità operativa (ALU, registri, flag); memoria (indirizzamento, RAM, ROM; floppy-disk, hard-disk, CD-ROM; nastri magnetici, QIC, DAT); unità di controllo (program-counter, instruction-register, esecuzione di un'istruzione)

Il software [4 ore]

il sistema operativo (funzionalità; sistemi batch, multitask, time-sharing, real-time, fault-tolerant); gli strumenti per lo sviluppo dei programmi (interprete, compilatore, linker, librerie statiche e dinamiche, debugger, profiler); linguaggi di programmazione (codice macchina, linguaggio assembler, linguaggi ad alto livello)

Il sistema operativo ms-dos [4 ore]

organizzazione interna, interfaccia utente, file di comandi, istruzioni di configurazione.

Strumenti di produttività individuale [8 ore]

elaborazione di testi e tabelle in formato elettronico; database

Il linguaggio C [20 ore]

tipi di dato, istruzioni di assegnazione, operazioni aritmetiche e logiche, istruzioni di controllo, sottoprogrammi e passaggio dei parametri, libreria di I/O, libreria matematica, file di testo.

Telematica [12 ore]

tipologie di comunicazione (seriale, parallela; sincrona, asincrona; a commutazione di circuito e di pacchetto); reti di calcolatori (topologia a stella, ad anello ed a bus; LAN, MAN e WAN; esempi: lo standard IEEE 802.3, la rete Internet); strumenti di comunicazione in rete (posta elettronica, trasferimento di dati, terminale virtuale; il cibernazio: gopher, veronica, wais, www); sistemi client-server.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Codifica dell'informazione [2 ore]: conversioni tra basi diverse, codifica di numeri relativi e razionali, codifica di informazioni generiche, rivelazione e correzione di errori casuali
- operazioni aritmetiche [2 ore]: addizioni e sottrazioni in binario puro ed in complemento a due
- logica booleana [2 ore]: verifica di espressioni logiche, costruzione e minimizzazione di funzioni logiche
- architettura degli elaboratori elettronici [2 ore]: dimensionamento di componenti e calcolo di prestazioni
- i personal computer MS-DOS [4 ore]: configurazione software di un PC, scrittura di file di comandi
- programmazione in linguaggio C [16 ore]: interfacce a menù, applicazione di formule matematiche, riduzione di dati numerici, analisi di testi

LABORATORIO

1. uso dei Personal Computer MS-DOS [4 ore]
2. programmazione in linguaggio C [14 ore]
3. uso di strumenti di produttività individuale [4 ore]
4. uso di strumenti per la navigazione in rete [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

A.Lioy, "Fondamenti di Informatica - quaderno di testo", Politeko

P.Tosoratti, G.Collinassi, "Introduzione all'informatica", Ambrosiana

J.Purdum, "Guida al C - corso completo di programmazione", Jackson

Testi ausiliari (per approfondimenti):

P.Bishop, "Informatica", Jackson

B.Kernigham, D.Ritchie, "Il linguaggio C", Jackson

ESAME

L'esame si articola su due prove scritte (una di teoria ed una di programmazione) da superare entrambe nel medesimo appello. Il voto finale è la media aritmetica (arrotondata per eccesso) dei voti riportati nelle due prove scritte.

Per gli allievi regolari è prevista verso la fine di maggio una prova speciale di teoria che, in caso di superamento, esonera per un anno dalla relativa prova scritta permettendo così all'allievo di sostenere negli appelli successivi solo più la prova di programmazione. La prova di esonero resta valida anche in caso di insufficienza in una prova di programmazione. Nel caso che l'allievo si presenti ad una prova di teoria, il voto dell'eventuale prova di esonero viene automaticamente cancellato, indipendentemente dal risultato della prova di teoria.

sistemi meccanici: accoppiamento tra motori e macchine operatrici (motore e riduttore e carico, motore e frizione e carico); sistemi a regime periodico, grado di irregolarità del volano.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Nel corso delle esercitazioni vengono svolti esempi illustrativi degli argomenti delle lezioni, con particolare riferimento ad applicazioni pratiche. Normalmente i testi delle esercitazioni vengono consegnati la volta precedente in modo che gli allievi possano provare in anticipo la soluzione dei problemi e possano discutere o direttamente esporre la esercitazione in aula.

BIBLIOGRAFIA

Ferraresi, Raparelli, "Meccanica applicata" Ed CLUT, Torino.

Jacazio, Piombo, "Meccanica applicata alle macchine" vol.I e vol.II, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

Jacazio, Piombo, "Esercizi di meccanica applicata alle macchine" Ed. Levrotto & Bella, Torino

ESAME

Per ogni unità didattica è previsto un accertamento scritto finale al termine delle lezioni. Il superamento dei due accertamenti, con almeno 18/30 per ognuno, garantisce il superamento dell'esame. Il mancato superamento di entrambi gli scritti (assenza o non idoneità) presuppone la prova orale.

EA560 FOTONICA

Anno: 4 o 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali)

lezioni/esercitazioni: 50 laboratori: 12

Crediti: 9

Docente:

Ivo MONTROSSET

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Obiettivi di questo corso sono: fornire le basi di elettromagnetismo per lo studio e la comprensione dei fenomeni dell'ottica integrata, completare le conoscenze relative ai materiali e tecnologie sui materiali per la fotonica, arrivare ad un modello quantitativo utile per la progettazione di componenti ottici ed optoelettronici integrati.

Rilevanza viene data ai problemi più ingegneristici di carattere realizzativo ed applicativo.

REQUISITI

Nozioni di base di fisica e dispositivi elettronici.

Programma

Studio quantitativo dei fenomeni di propagazione nelle guide dielettriche planari (stratificate e a gradiente di indice) ed a confinamento trasversale e nelle fibre ottiche.

Cenni sulle guide dielettriche per componenti optoelettronici integrati in materiali semiconduttori, Niobato di Litio ed alle tecnologie di fabbricazione.

Veri per la fotonica: fondamenti su materiali e tecniche di fabbricazione e caratterizzazione, scambio ionico e caratterizzazione guide.

Formulazione degli effetti di interazione in guide dielettriche integrate e formulazione tramite la teoria dell'accoppiamento modale.

Sorgenti ed amplificatori in materiali semiconduttori:

- LED: strutture, caratteristiche statiche e dinamiche.

- Laser Fabry-Perot, DBR e DFB: equazioni di bilancio, caratteristiche statiche e dinamiche, monomodalità, larghezza riga, effetti di saturazione.

- Amplificatori ottici in materiali semiconduttori e loro uso anche come interruttore, commutatore, convertitore di lunghezza d'onda, etc.

- Laser ad emissione e a cavità verticale: strutture e caratteristiche.

Dispositivi attivi in fibre e guide ottiche drogati con terre rare:

pompiaggio ottico, formulazione problema, amplificatori, laser

Dispositivi elettro-ottici integrati:

effetto elettroottico nei cristalli ed agli altri effetti usati nei materiali semiconduttori, strutture di modulatori di ampiezza e fase, con elettrodi

concentrati od in onda continua; commutatori, etc.

Dispositivi acusto-ottici integrati:

principi, materiali, formulazione interazione acusto-ottica, deflettori di fascio, filtri accordabili, analizzatore di spettro.

Integrazione optoelettronica e fotonica:

prospettive, integrazione ibrida e monolitica, realizzazioni, OEIC, PIC

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI:

Non esiste una separazione fra esercitazioni e lezioni.

Nei laboratori verranno mostrate le tecniche di fabbricazione e caratterizzazione dei vetri e

guide per fotonica e l'utilizzazione di strumentazione ottica per la caratterizzazione di laser a semiconduttore.

BIBLIOGRAFIA

Viene distribuito materiale sotto forma di appunti e fatto riferimento a capitoli di libri ed articoli.

ESAME

L'esame e' orale.

UNITÀ DIDATTICA 3: IMPIANTI DI PRODUZIONE E FORMATURA, SICUREZZA E PROTEZIONE DELL'AMBIENTE.

Impegno (ore totali) lezioni: 26 esercitazioni: 20 visite ad industrie: 10

PROGRAMMA

Analisi dei forni industriali: elettrici, a combustibile, a muffola, in atmosfera controllata, forni sotto vuoto. Principali applicazioni: forni fusori, di elaborazione, di riscaldamento, di trattamento termico, di cottura e di sinterizzazione.

Impianti per la produzione di atmosfere controllate, per il rivestimento e la spruzzatura. Impianti per la formatura: stampaggio, laminazione, estrusione, rifusione a zone, colata, pressocolata, iniezione, thixoforming e rheocasting. Impianti per produzione, elaborazione e compattazione delle polveri. Presse isostatiche.

Protezione antincendio, classificazione e cinetica degli incendi, rivelatori, grado di pericolo, prevenzione ed estinzione. Polluzioni atmosferiche: polveri, fumi e odori. Normative, captazione ed aspirazione, impianti di depurazione ed abbattimento. Il corpo idrico e l'inquinamento: acque primarie e loro trattamento. Acque reflue: pretrattamenti, trattamenti primari, secondari e terziari. Raffreddamento dell'acqua. Trattamento dei fanghi. Rifiuti solidi: gestione e smaltimento. Inquinamento da rumore e da vibrazioni: normative, metodi di controllo, di riduzione e di protezione.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sviluppo di una esercitazione monografica relativa al progetto di un impianto completo per la produzione di materiali o di componenti. Le esercitazioni saranno completate da visite di istruzione a impianti industriali.

BIBLIOGRAFIA

Dispense fornite dal Docente.

W. Nicodemi, R. Zoja "Processi e Impianti siderurgici", Masson, Milano, 1980

A. Monte, "Elementi di Impianti Industriali" vol. 1 e 11, Libreria Cortina, Torino.

ESAME

E' prevista la discussione dell'esercitazione monografica, seguita da una prova orale.

Anno: 4	periodo: 1		
Impegno (ore totali):	lezioni: 74	esercit.: 46 (sett. 6/4)	Crediti: 10
Docente:	Matteo ANDRIANO (Dipartimento di Energetica)		
	tel. 564.4409 ricevimento lun. 10,30 - 12.30		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Nel corso vengono esposti i principi termodinamici e fluidodinamici necessari ad una corretta comprensione del funzionamento delle macchine a fluido. Viene poi sviluppata l'analisi del funzionamento dei vari tipi di macchine (motrici ed operatrici) di più comune impiego, con l'approfondimento richiesto dall'obiettivo di preparare l'allievo ad essere, nella sua futura attività professionale, un utilizzatore attento ai vari aspetti, a quello energetico in particolare, sia nella scelta delle macchine, sia nel loro esercizio. A questo scopo viene dato lo spazio necessario ai problemi di scelta, di installazione, di regolazione sia in sede di lezione, sia in sede di esercitazioni, dove vengono esemplificate le necessarie calcolazioni.

Nelle lezioni vengono sviluppati i concetti, mentre nelle esercitazioni vengono eseguite applicazioni numeriche su casi concreti.

REQUISITI

Sono necessari i concetti di termodinamica contenuti nel corso di "Termodinamica dell'Ingegneria chimica" (oppure di "Fisica Tecnica") e di meccanica contenuti nel corso di "Fondamenti di meccanica teorica ed applicata".

PROGRAMMA

- Introduzione. Considerazioni generali sulle macchine motrici ed operatrici a fluido. Classificazioni. Richiami di termodinamica. Le turbomacchine: principi fluidodinamici e termodinamici. Studio delle trasformazioni ideali e reali nei condotti. (10 ore)
- Cicli e schemi di impianti a vapore semplici e rigenerativi, a ricupero per produzione di energia e calore, ad accumulo. (6 ore)
- Le turbine; le turbine a vapore semplici e multiple, assiali e radiali; regolazione; problemi meccanici e costruttivi tipici; le tenute. La condensazione. Possibilità e mezzi. Condensatori. (12 ore)
- Compressori di gas. I turbocompressori; studio del funzionamento e diagrammi caratteristici. Problemi di installazione; regolazione. I ventilatori. (12 ore)
- I compressori volumetrici alternativi e rotativi; studio del funzionamento; regolazione; campo di impiego. (8 ore)
- Le turbine a gas. Cicli termodinamici semplici e complessi. Organizzazione meccanica e regolazione. (6 ore)
- Le macchine idrauliche. Cenni alle turbine. Le pompe centrifughe. Campi di impiego. Caratteristiche di funzionamento; problemi di scelta e di installazione. La cavitazione. Le pompe volumetriche; campi di impiego; problemi di installazione. (8 ore)
- I motori alternativi a combustione interna. Cicli termodinamici. Studio del funzionamento dei motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione. La combustione. La dosatura. Le combustioni anomale. Le caratteristiche dei combustibili. Emissioni nocive e loro contenimento. La regolazione. (12 ore)

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Esercizi di richiamo dei concetti di termodinamica orientati alle problematiche delle macchine. Esempi di applicazione del I° Principio alle trasformazioni di interesse.

Uso dei diagrammi termodinamici (Mollier); esercizi sugli ugelli in condizioni subsoniche e in condizioni critiche con gas e vapore.

Bilanci di energia negli impianti a vapore, semplici, rigenerativi, a ricupero totale e parziale.

Esercizi sulle turbine assiali e radiali, semplici e multiple.

Esercizi sulla regolazione degli impianti a vapore a condensazione ed a ricupero, e calcoli sui condensatori.

Esercizi sui turbocompressori: utilizzazione dei concetti di similitudine; calcoli e scelte per la regolazione.

Esercizi sui compressori volumetrici alternativi e rotativi; calcoli e scelte per la regolazione.

Esercizi su cicli e impianti di turbine a gas: calcolo delle prestazioni in condizioni di progetto e di regolazione.

Esercizi sulle pompe: problemi di scelta, di installazione e di regolazione. Esempi di verifica delle condizioni di cavitazione (NPSH).

Esercizi sulle prestazioni dei motori a combustione interna; potenza e consumo specifico di vari tipi.

BIBLIOGRAFIA

TESTI CONSIGLIATI

A.Capetti, Motori Termici, Utet, Torino, 1967

A.Capetti, Compressori di gas, Levrotto & Bella, Torino, 1970

A.Beccari, Macchine, Clut, Torino, 1980

A.E.Catania, Complementi ed esercizi di macchine, Levrotto & Bella, Torino, 1979

M.Andriano, M.Badami, P.Campanaro: Appunti dal corso di Macchine, 1998/99

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta della durata di circa 2,5 ore e di una prova orale di circa 50 minuti. Nella prova scritta, durante la quale possono essere tenuti e consultati testi o appunti, viene richiesto lo svolgimento di 3 esercizi riguardanti argomenti vari del corso trattati anche nelle esercitazioni. Il risultato della prova scritta non preclude l'orale. La prova scritta viene effettuata nel giorno e ora previsto nel calendario ufficiale degli appelli.

E3180 MATERIALI METALLICI

Anno: 4 Periodo: 2

Impegno (ore totali) lezioni: 80 esercitazioni: 14 laboratori: 8

Crediti: 12

Docente: **Bruno DEBENEDETTI** Esercitatore: **Giovanni MAIZZA**

UNITÀ DIDATTICA 1: PRINCIPI GENERALI DI METALLURGIA E TRATTAMENTI TERMO-CHIMICI

Impegno (ore totali) lezioni: 32 esercitazioni: 6 laboratori: 2

PROGRAMMA

Principi delle caratteristiche dei principali prodotti metallurgici e loro modalità di lavorazione meccanica. Riflessi sulle proprietà delle leghe del legame metallico, del tipo delle fasi presenti in lega, del loro reticolo cristallino e delle imperfezioni reticolari. Interpretazione metallurgica dei principali diagrammi di stato dei sistemi metallici e conseguenti considerazioni e previsioni su proprietà e caratteristiche di impiego delle leghe corrispondenti.

Comportamento dei materiali metallici alle sollecitazioni nelle condizioni di esercizio, in differenti condizioni di temperatura ed ambiente.

Trattamenti termici sui materiali metallici. Definizione, tecnica e modalità dei trattamenti. Trasformazione di fase, loro cinetica e strutture conseguenti ai trattamenti termici. Trattamenti termo-chimici e di indurimento superficiale. Trattamento di protezione superficiale dei metalli.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

Determinazione delle caratteristiche fondamentali (fattore di compattazione, densità, volume) delle principali strutture cristalline, formazione delle leghe, stima delle proprietà meccaniche delle leghe a partire da informazioni relative alla microstruttura, allotropia, esercizi sul diagramma di stato Fe-C.

Curve di trasformazione di fase al riscaldamento/raffreddamento. Simulazione di un processo di riscaldamento/raffreddamento in una lega Fe-C; applicazione delle cinetiche di trasformazione a cicli termici isotermi e rapidi. Difetti indotti dai trattamenti termici nelle leghe Fe-C.

LABORATORI

Comportamento plastico ed alterazione delle proprietà dei materiali metallici durante le lavorazioni alle macchine utensili (tornio, fresatrice, molatura); principali metodi di misura della durezza.

UNITÀ DIDATTICA 1 PROGETTAZIONE DEI MATERIALI METALLICI E DEI PROCESSI

Impegno (ore totali) esercitazioni: 8 laboratori: 12

PROGRAMMA

Nell'unità didattica 1 è da prevedere il seguente lavoro di esercitazione che potrebbe essere accertato sia alla fine del trimestre sia alla fine del corso.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

Progettazione di una lega bifase; analisi numerica dei fenomeni d'interazione gas-superficie in un processo di cementazione; simulazione completa di un processo di tempra ad induzione;

modello di solidificazione di una lega. Previsione delle proprietà termiche e meccaniche e leghe multifasi e materiali compositi a matrice metallica.

LABORATORI:

Utilizzazione di strumenti multimediali per l'approfondimento degli argomenti sviluppati a esercitazione.

Visita in azienda. Lavoro individuale di progettazione.

UNITÀ DIDATTICA 2: CARATTERISTICHE ED IMPIEGO DI LEGHE FERROSE

Impegno (ore totali) lezioni: 44 esercitazioni: 6 laboratori: 10

PROGRAMMA

Acciai comuni e legati. Classificazioni unificate. Effetto degli elementi leganti sulle caratteristiche d'impiego degli acciai. Tipologia degli acciai e delle leghe speciali in funzione dei campi di utilizzazione pratica. Tipologia degli acciai e delle leghe speciali in funzione dei campi di utilizzazione pratica. Materiali metallo-ceramici. Ghise per getto. Ghise a grafite lamellare, nodulare sferoidale. Ghise legate e trattamenti termici delle ghise.

Rame, ottoni, bronzi, bronzi speciali ed altre leghe a base di rame. Alluminio, leghe per getto, leghe per trattamento termico. Magnesio, titanio, zinco, piombo e loro leghe. Cromo, Nichel, manganese; altri metalli di transizione e leghe per impieghi particolari. Silicio, germanio. Metalli nobili. Metalli alcalini. Lantanidi e attinidi. Materiali compositi a matrice metallica. Aderenza tra lega base e materiale di rinforzo. Comportamento alle sollecitazioni. Accoppiamenti bimetallici.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

Previsione delle proprietà meccaniche di un componente meccanico in base ai requisiti di duttilità e resistenza.

Simulazione di un processo di saldatura, accorgimenti, difetti. Valutazione delle tensioni residue. Criteri di scelta di un acciaio in base al tipo di applicazione.

LABORATORI

Preparazione di provini; Analisi al microscopio ottico di microstrutture conseguenti a differenti trattamenti termici; analisi dinamica al microscopio di un processo di riscaldamento con deformazioni di fase al riscaldamento. Determinazione delle moduli elastici e del coefficiente di Poisson.

Simulazione di un processo di sinterizzazione per la realizzazione di materiali compositi a matrice metallica.

BIBLIOGRAFIA

Testi consigliati

Burdese, Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici, UTET, 1992.

ESAME

Esame orale.

E3265

MECCANICA DEI MATERIALI / METALLURGIA MECCANICA

(corso integrato)

Anno: 5
Impegno (ore totali)
Crediti: 10
Docenti:

lezioni:66

Periodo: 1
esercitazioni: 28 laboratori 10

Massimo ROSSETTO - Dipartimento: Meccanica

Donato FIRRAO - Dipartimento: Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica

UNITÀ DIDATTICA 1: MECCANICA DELLA FRATTURA LINEARE ELASTICA
Impegno (ore totali) lezioni: 32 esercitazioni:12 laboratori: 4

PROGRAMMA

1. Richiami sullo stato di tensione, di deformazione e sulle ipotesi di rottura, modalità di cedimento dei materiali, frattografia
2. Fattori di concentrazione delle tensioni in campo elastico
3. Meccanica della frattura lineare elastica: approccio energetico, tasso di rilascio energetico (G); descrizione del campo di tensione e di deformazione all'apice di una cricca; fattore di intensità delle tensioni; deformazioni plastiche all'apice di una cricca
4. Prove di tenacità alla frattura secondo le normative, fattori che influenzano la tenacità alla frattura; tenacità alla frattura di diversi materiali anche in funzione dei trattamenti termici e alle tecnologie di produzione.
5. Cenni di tenso-corrosione

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

Verifica statica di componenti. Applicazioni della meccanica della frattura lineare elastica in campo statico. Frattografia e morfologia delle fratture

LABORATORI

Microscopia ottica e elettronica. Determinazione della tenacità alla frattura (K_{Ic} e J_{Ic}).
Controlli non distruttivi.

UNITÀ DIDATTICA 2: MECCANICA DELLA FRATTURA ELASTOPLASTICA

Impegno (ore totali) lezioni: 10 esercitazioni:6 laboratori: 2

PROGRAMMA

1. Fattori di concentrazione in campo plastico; regola di Neuber.
2. Arrotondamento all'apice di una cricca (COD-CTOD),
3. Curve di resistenza (curve R)
4. Integrale J
5. Meccanica della frattura elastoplastica

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

Verifiche contro il collasso plastico- Applicazione della regola di Neuber- valutazione delle tensioni residue- Applicazioni della meccanica della frattura elastoplastica

LABORATORI

Determinazione della tenacità alla frattura (J_{Ic}).

PROGRAMMA

1. Approccio alla fatica con la meccanica della frattura; legge di Paris, il fenomeno del ritardo. Aspetti micro e macroscopici della fatica. Corrosione-fatica
2. Fatica ad alto numero di cicli: diagrammi SNP, metodi di determinazione delle curve di fatica, fattori che influenzano la vita a fatica, effetto degli intagli, effetto delle tensioni medie e diagrammi di fatica; fatica con carichi di ampiezza variabile: ipotesi di danneggiamento cumulativo
3. Fatica oligociclica e approcci a due stadi: Equazione di Manson Coffin
4. Fatica multiassiale: approcci classici e approcci tipo piano critico.
5. Controlli non distruttivi e catalogazione dei difetti

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

Applicazioni della legge di Paris. Verifiche a fatica. Esempi di applicazione dell'approccio a due stadi. Frattografia delle superfici di fatica

BIBLIOGRAFIA

TESTO DI RIFERIMENTO:

Dispense fornite dai docenti. Eventuali testi di approfondimento verranno segnalati dai docenti durante il corso.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale.

E3670**MISURE ELETTRONICHE**Anno: 4
Impegno (ore sett.)
(ore totali)Periodo 2
lezioni: 4
lezioni: 52laboratori: 4 (ore ogni due settimane ogni squadra)
laboratori: 36Crediti: 9
Docente:**Andrea FERRERO****PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Il corso e' suddiviso nei due moduli seguenti

MODULO 1: INTRODUZIONE ALLA MISURAZIONE E STRUMENTAZIONE DI BASE

Impegno (ore totali) lezioni: 28 esercitazioni: 14 laboratori: 20

Crediti : 5

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo: Acquisire le conoscenze teoriche fondamentali di misura per poter operare nei laboratori sperimentali e per la certificazione della qualita' dei prodotti

REQUISITI

Elettrotecnica elementare in c.c.;

PROGRAMMA**Misurazione e misura**

Il processo di misurazione: definizione di misura e modello di interazione misurando- ambiente-misura. Diagramma di produzione di una misurazione. Elaborazione dei dati sperimentali per ottenere le misura .Misure dirette ed indirette Esercizi sul calcolo di errori ed incertezze : valutazioni incertezze di classe A , incertezze classe B Propagazione incertezza : esercizi sulla propagazione di errori e incertezze

La misurazione per la certificazione della qualita' dei prodotti

Misurazione come sorgente dell'informazione nel controllo dei processi e nell'automazione della produzione. Cenni ai Sistemi di qualita' aziendali.

Strumentazione di base

Oscilloscopio: Uso e caratteristiche principali

Voltmetri, amperometri in corrente continua ed alternata

Sistemi di misura programmabili

Sistemi di acquisizione dati

Generalita' sui sistemi di misura programmabili

Strumentazione su scheda PC e cenni al software di gestione (LABVIEW - HPVEE).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**ESERCITAZIONI**

Comportamento in un laboratorio sperimentale e introduzione ai problemi relativi alla sicurezza

Illustrazione di esercitazioni sull'uso di strumenti in corrente continua

Esercizi sul calcolo delle ed incertezze: valutazioni incertezze di classe A e classe B

LABORATORI

Uso dell'oscilloscopio

Uso dei voltmetri.

Sistema di misura programmabile da PC

MODULO 2: STRUMENTI E METODI PER LE MISURE SUI MATERIALI

Impegno (ore totali) lezioni: 24 esercitazioni: 14 laboratori: 20

Crediti: 4

Anno: 4 Semestre: 2

Periodo: 2

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo Acquisire la conoscenza delle tecniche di misura dedicate alla caratterizzazione dei materiali

REQUISITI

Introduzione alla misurazione e strumentazione di base

PROGRAMMA

Misure di impedenza con metodi a ponte in DC, BF e RF, metodi volt-amperometrici., metodi a risonanza (Q-metro).

Misurazioni sui materiali:

Misurazioni dei principali parametri magnetici, dielettrici, meccanici, termici, ottici.

Misurazioni di: temperatura, umidità, pressione, resistività, permittività, permeabilità, perdite dielettriche e magnetiche, densità, viscosità, dilatazione, deformazione, durezza.

Prove non distruttive.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Misurazioni in regime stazionario di resistenze di valore medio.

Misurazioni di resistività massica di materiali conduttori e isolanti.

Misurazioni di temperatura mediante termoresistori, termocoppie e termotrasduttori integrati.

Misurazioni di deformazioni, forze e spostamenti mediante estensimetri, celle di carico e LVDT (trasformatori differenziali).

BIBLIOGRAFIA

M.Savino: "Fondamenti di scienza delle misure", La nuova Italia scientifica Roma, 1992

S. Leschiutta: " Misure Elettroniche", CLUT, Torino 1993

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed un colloquio orale al termine di ogni modulo.

E3880**OTTICA**

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore totali):

lezioni:72

esercitazioni: 12

Crediti: 9

Docente:

Elio MIRALDI**PRESENTAZIONE DEL CORSO**

Vengono approfonditi i principali elementi dell'ottica ondulatoria: interferometria, diffrattometria, polarizzazione, e gli aspetti quantistici dell'interazione luce-materia: effetto fotoelettrico e i fotorivelatori. Si descrivono i principali effetti fisici che stanno alla base del funzionamento di trasduttori, sensori e convertitori ottici. Lo studio delle proprietà ottiche dei materiali anisotropi, come ad esempio i cristalli liquidi, e lo studio dei principali mezzi di indagine in campo ottico, porterà lo studente a comprendere le più recenti applicazioni nella fisica dello stato condensato, svolte sia nel Dipartimento di Fisica sia in altri centri di ricerca.

REQUISITI

Il corso non richiede che la conoscenza delle leggi fondamentali già acquisite con i corsi di *Fisica 1 e 2*, oltre ad una familiarità con l'analisi di Fourier.

PROGRAMMA**MODULO I: INTERFEROMETRIA.**

Impegno (ore totali) lezioni: 24esercitazioni/laboratori: 4

Interferometri a due onde e a molte onde: Fizeau, Michelson, Fabry-Perot, la spettroscopia a trasformata di Fourier e relative applicazioni.

MODULO II: OLOGRAFIA E INTERFEROMETRIA OLOGRAFICA.

Impegno (ore totali) lezioni: 24esercitazioni/laboratori: 4

La teoria di Abbe per la formazione delle immagini, il filtraggio delle immagini, l'olografia, l'effetto speckel e relative applicazioni.

MODULO III:INTERAZIONE LUCE-MATERIA.

Impegno (ore totali) lezioni: 24esercitazioni/laboratori: 4

Proprietà ottiche dei materiali anisotropi (cristalli liquidi), processi di assorbimento ed emissione, effetti non lineari.

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vengono svolte il più possibile a ridosso delle lezioni e riguardano applicazioni sull'argomento svolto nelle lezioni stesse. Vengono svolte in alternativa ai laboratori.

LABORATORIO

Le esercitazioni di laboratorio vengono svolte presso laboratori di ricerca sia presso il Dipartimento di Fisica che presso altri centri di ricerca come: CSELT, CNR, IEN "G.Ferraris", CR FIAT. Presso i laboratori del Dipartimento si possono seguire ad esempio ricerche sui *film* sottili mediante l'analisi di spettri di trasmissione, analisi di rumore nella luce diffusa da cristalli liquidi, dilatometria con interferometro Fizeau. Presso gli altri centri di ricerca si eseguono visite per stabilire contatti su argomenti concordati di volta in volta, riguardanti applicazioni specifiche della materia svolta.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Bruno Rossi, *Ottica*, Masson, 1988.

G.S. Landsberg, *Ottica*. Vol. 1 e 2, Mir, Mosca, 1980.

G. Rigault, *Elementi di ottica cristallografica*, Levrotto & Bella, Torino, 1965.

Testi ausiliari:

M. Born, E. Wolf, *Principles of optics*, Pergamon, Oxford, 1985.

K. Iizuka, *Engineering optics*, Springer, 1985.

ESAME

L'esame consta di una prova scritta, riguardante un argomento specifico trattato al corso, svolta dallo studente sotto la forma di una tesina, descritta, commentata e corredata di argomentazioni più generali in sede di esame orale.

E4370 PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEI MATERIALI

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni/laboratori: 4
(ore totali)	lezioni: 60	esercitazioni/laboratori: 40
Crediti: 9		
Docente:	Giuseppe RUSCICA	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di dare all'allievo gli elementi per una conoscenza approfondita dei meccanismi di trasporto di massa e di energia nei materiali in funzione delle loro caratteristiche intrinseche (es. struttura cristallina, amorfa, composita ecc.), e quindi di individuare e definire le relazioni tra le proprietà microscopiche e le proprietà termofisiche che li caratterizzano. Contemporaneamente, per ogni singolo argomento viene dato un quadro generale delle varie metodologie di misura, ed alcune di esse vengono sviluppate ed applicate con esercitazioni di laboratorio.

REQUISITI

È prepedeutica la conoscenza delle nozioni acquisite nei corsi di *Fisica tecnica* e di *Struttura della materia*.

PROGRAMMA

- *Richiami di trasmissione del calore.* [2 ore]

Trasmissione del calore per conduzione.

Equazione di Fourier e definizione di conduttività termica.

Conduzione mono- e pruridimensionale nei solidi.

Tensore delle conduttività.

Definizione degli assi principali e dell'ellissoide di conduzione.

- *Cenni sulla teoria della conduttività termica nei fluidi.* [2 ore]

Relazioni tra conduttività termica e altri coefficienti di trasporto.

Forze e potenziali intermolecolari. Equazione di bilancio dell'energia totale in termini statistici.

Funzioni di distribuzione ed equazione di Liouville-Boltzmann.

- *La conduzione termica nei gas.* [2 ore]

Applicazione della teoria cinetica dei gas.

Gas diluiti. Potenziale di Lennard-Jonnes.

Modello di Enskog e Chapman per gas monoatomici.

Molecole poliatomiche. Modello di Pidduck. Approssimazione di Eucken.

Gas densi. Teoria di Enskog. Modello di Longuet-Higgins.

- *La conduzione termica nei liquidi.* [2 ore]

Modello di Horrocks e McLaughlin.

Modello di Rice e Kirkwood.

Principio degli stati corrispondenti.

- *Teoria fenomenologica della conduzione termica nei solidi.* [8 ore]

Conduzione Elettronica. Rapporto di Lorenz e legge di Wiedemann-Franz.

Conduzione fononica. Onde reticolari. Approssimazione di Einstein. Approssimazione di Debye.

Processi di interazione e di scattering. Interazione anarmonica di fononi. Scattering di fononi e scattering di elettroni.

- *Conduzione termica nei materiali metallici.* [2 ore]

Conduttività termica elettronica.

Conduttività termica fononica.

Resistività termica intrinseca e resistività termica residua.

La conduttività termica dei metalli reali.

- *Conduzione termica nei materiali non metallici.* [4 ore]

Conduttività del reticolo.

Comportamento ad alta temperatura.

Comportamento a bassa temperatura.

- *Boundary resistance.* Imperfezioni reticolari.

Semi-metalli, semiconduttori, solidi amorfi.

Materiali porosi. Contributo fotonico.

Effetto della pressione. Cenni sulla conduttività reticolare nelle leghe.

- *La radiazione termica nei materiali semitrasparenti.* [6 ore]

Richiami sulle definizioni e leggi fondamentali di propagazione della radiazione Richiami sulla radiazione attraverso un mezzo grigio e trasparente.

Definizione di mezzo semitrasparente e delle sue proprietà di trasporto.

- *Scattering:* funzione di fase e cenni sulla teoria di Mie e di Rayleigh.

Equazione del trasporto radiativo per un mezzo assorbente, emittente e scatterante.

Casi limite: mezzo otticamente spesso e sottile.

Equilibrio radiativo. Approssimazione di Rosseland.

- *Trasmissione per radiazione e conduzione in matrici porose.* [2 ore]

Trasmissione combinata di radiazione e conduzione. Soluzioni semplificate dell'equazione integro-differenziale dell'energia.

Parametri caratteristici del trasporto combinato. Caso dei materiali isolanti e dei TBC (Thermal Barrier Coating) per temperature elevate.

- *Effetto delle temperature criogeniche sulle proprietà termofisiche.* [8 ore]

Effetti sulle proprietà meccaniche, termiche, elettriche e magnetiche.

Cenni sulla superconduttività .

Superconduttori di tipo I, II e III.

Temperatura di transizione, resistenza elettrica, persistent current, effetto Meissner. Teoria di London. Quantizzazione del flusso, *gap* di energia, interazione fonone – elettrone e coppie di Cooper.

Cenni sulla teoria BCS. Stabilità e *quench*.

Parametri ingegneristici di rilievo e relativi metodi di misura.

Cenni ai superconduttori HTSC. Applicazioni.

- *Teoria della diffusione dei gas in matrici metalliche.* [6 ore]

Classificazione e caratteristiche generali delle interazioni gas metallo. Adsorbimento fisico. Chemisorzione. Adsorbimento.

Interazione H_2 - metallo. Cenni alle teorie dell'orbitale molecolare e delle bande e legami di superficie.

Adsorbimento di molecole ed atomi. Processi superficiali. Calori di adsorbimento.

- *Diffusione nei metalli e principali effetti diffusivi.* [6 ore]

Modello classico, I e II legge di Fick, Cenni alle soluzioni della seconda legge Meccanismo delle vacanze. Meccanismo interstiziale. Meccanismo a catena. Effetto Soret.

Solubilità, legge di Sievert, legge di Henry, influenza della temperatura, legge di Arrhenius, metodi di misura ed esempi di installazioni sperimentali.

Teoria del *trapping*. Diffusione di idrogeno, deuterio e trizio in mono cristalli di Ni e Cu. Effetto dei gas disciolti sulle caratteristiche elettriche dei metalli.

- *Teoria della dilatazione termica.* [4 ore]

Coefficienti di dilatazione cubica e lineare.

Capacità termica a pressione e a volume costante. Compressibilità isoterma ed isoentropica.

Determinazione quantica delle proprietà termofisiche di un cristallo. Cristalli metallici e cristalli non metallici.

Relazione di Gruneisen.

- *La dilatazione termica nei solidi.* [4 ore]

Non metalli per temperature maggiori della temperatura di Debye.

Non metalli per temperature minori della temperatura di Debye.

Metalli per temperature maggiori della temperatura di Debye.

Metalli per temperature maggiori della temperatura di Debye.

Quarzo e silicati.

Materiali compositi in fibra di carbonio.

Cenni sull'effetto del vapor d'acqua sui materiali in fibra. [2 ore]

Dilatazione massica lineare e cubica.

Swelling.

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

1. Tecniche di misura della conduttività e delle diffusività termica. Misura della diffusività termica col metodo *flash*. Analisi dei risultati. [6 ore]

2. Tecniche di misura delle proprietà radiative superficiali. Misure spettrali della riflettività e del coefficiente di assorbimento monocromatico di superfici metalliche e di vernici. Analisi dei risultati. [6 ore]

3. Misure della riflettività e del coefficiente di assorbimento totale direzionale di superfici metalliche e di vernici. [4 ore] Analisi dei risultati. [4 ore]

4. Tecniche di misura delle proprietà termottiche dei materiali semitrasparenti. Misure del coefficiente di estinzione e della trasmisività di materiali porosi. Analisi dei risultati. [4 ore]

5. Misura delle conduttività col metodo della lastra piana su materiali isolanti in regime stazionario. Analisi dei risultati. [4 ore]

6. Teoria dei problemi inversi e stima dei parametri. Applicazione alla misura delle conduttività con metodi transitori su materiali isolanti. [6 ore]

7. Tecniche di misura del coefficiente di dilatazione dalla temperatura ambiente a temperature criogeniche. Misure capacitive e interferometriche su campioni metallici. Analisi dei risultati. [8 ore]

8. Tecniche di misura della capacità termiche dei materiali. [2 ore]

- Sono previste visite ai laboratori del CNR, Istituto Metrologico "G.Colonnetti" e IEN "Galileo Ferraris".

BIBLIOGRAFIA

Appunti delle lezioni e materiale didattico fornito durante il corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

W.Z. Kresin, S.A. Wolf, *Fundamentals of superconductivity*, 1982.

E.M. Savitskii, *Superconducting materials*, Plenum, 1973.

E.M. Sparrow, R.D. Cess, *Radiation heat transfer*, McGraw-Hill, 1978.

Sherwmon, *Diffusion in solids*, McGraw-Hill, 1963.

R.P. Tye, *Thermal conductivity. Vol. I, II*, Academic Press, 1979.

R. Zemansky, *Calore e termodinamica*, Zanichelli, Bologna.

ESAME

Gli argomenti di esame corrispondono a tutto il programma svolto compresi quelli operativi affrontati nelle esercitazioni di laboratorio.

L'esame si svolge in un'unica fase e consiste nella discussione delle relazioni inerenti i risultati sperimentali delle misure di laboratorio. Durante la discussione vengono poste tre/quattro domande di carattere teorico generale sui temi trattati a lezione. La durata complessiva dell'esame è compresa fra 45 e 60 minuti.

Il voto finale è basato su un giudizio complessivo sia sull'attività svolta durante l'anno sia sui risultati del colloquio finale, badando più agli aspetti concettuali che all'apprendimento mnemonico.

Anno: 3	Periodo:1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 8		
	(ore totali)	lezioni: 100	esercitazioni: 6 laboratori: 6
Crediti: 11			
Docente:	Francesco MARINO		

REQUISITI

Chimica, Fisica I, Analisi I

PRESENTAZIONE DEL CORSO:

L'insegnamento si pone come obiettivo principale la descrizione delle caratteristiche e delle proprietà dei materiali, secondo un'ottica impostata su base unitaria. Il filo conduttore sarà costituito dalla costante correlazione tra la microstruttura e le proprietà chimico-fisico-meccaniche delle tre classi tipiche di materiali (ceramici, polimerici, metallici). Vengono impartite le varie nozioni indispensabili allo studente per poter affrontare nel miglior modo gli insegnamenti successivi di tipo specialistico, nei quali verranno descritti gli aspetti più propriamente tecnologici e applicativi dei materiali

PROGRAMMA:

- Introduzione e generalità
- *Legame atomico e proprietà macroscopiche*: curve di Condon-Morse
- Impacchettamento atomico: ordine a corta distanza. Poliedri di legame, di coordinazione e impacchettamento ionico. Significato delle strutture di impacchettamento locale.
- *Strutture cristalline*: Sistemi cristallini e reticoli di Bravais, celle unitarie e primitive. Soluzioni solide ordinate e disordinate, superreticoli. Posizioni reticolari, direzioni e piani: loro indicizzazione. Fattori di impacchettamento. Interstizi. Sistemi di slittamento. Dai reticoli alle strutture: descrizione delle principali per le varie classi di materiali.
- *Difetti cristallini: Classificazione*. Difetti zero-mono-bi-tridimensionali: aspetti termodinamici configurazionali e tecnologici.
- *Solidi non cristallini*: Vetri, polimeri, vetri metallici, quasicristalli, frattali
- *Fenomeni termici e trasformazioni di fase*: Calore specifico, livelli vibrazionali e dilatazione termica. Diffusione: meccanismi e leggi che la regolano. Trasformazioni di fase: differenti classificazioni, aspetti termodinamici. Nucleazione e crescita nei metalli puri, transizione vetrosa e stato amorfo, trasformazione spinodale, martensitica, ordine disordine. Trasformazioni di non equilibrio. Cinetica delle trasformazioni, aspetti statistici e curve TTT.
- *Diagrammi di fase binari*: Diagrammi dell'energia libera in funzione della temperatura. Solubilità completa e parziale, eutettico e peritettico, fasi intermedie, composti congruenti e incongruenti. Regola della leva e di Gibbs. Diagrammi ternari. Sviluppo microstrutturale durante il raffreddamento lento.
- *Comportamento meccanico per le varie classi di materiali*: Origine del comportamento elastico. Deformazione elastica, plastica, anelastica, viscosa. Prove meccaniche: trazione, compressione, durezza, resilienza, fatica e creep. Frattura.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Esercitazioni numeriche su strutture cristalline difetti, diffusione
- Lettura dei diagrammi di fase
- Diffrattometria RX con risoluzioni di semplici strutture (Lab.)
- La microscopia: ottica, SEM, TEM (Lab)

BIBLIOGRAFIA:

- W. G. Moffat, G.W. Pearsall, J. Wulff. "Struttura e Proprietà dei Materiali" Casa Editrice Ambrosiana, Milano
- J.C. Anderson, K.D. Leaver, R.D. Rawlings, J.M. Alexander: "Materials Science", 4 h Edition, Van Nostrand Reinhold (UK)
- D.R. Askeland: "The Science and Engineering of Materials", 3 d Edition, Chapman and Hall
- D.A. Porter, K.E. Easterling: "Phase Transformations in Metals and Alloys", Van Nostrand Reinhold (UK)
- J.F. Shackelford: "Introduction to Materials Science for Engineers", 4 th Edition, Prentice Hall International

ESAME

Solo orale con eventuale soluzione di un esercizio del tipo trattato nelle esercitazioni numeriche.

E4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Anno: 3	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni:68	esercitazioni: 48
Crediti: 10		
Docente:	Bernardino CHIAIA (coll. Pietro CORNETTI)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

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

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

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

REQUISITI

Le nozioni propedeutiche richieste sono quelle di Geometria, Analisi Matematica I e II, e quelle di Fisica I

PROGRAMMA

MODULO DIDATTICO I: MECCANICA DEI MATERIALI SOLIDI

Impegno (ore totali) lezioni e esercitazioni: 56

- Geometria delle aree. [8 ore]

Caratteristiche geometriche ed inerziali delle sezioni piane, tensore d'inerzia

- Analisi della deformazione e della tensione. [8 ore]

Tensore di deformazione $[e]$, tensore di tensione $[s]$, direzioni principali, stati piani, equazioni indefinite di equilibrio e di congruenza, principio dei lavori virtuali, dualità statico-cinematica.

- Legame costitutivo elastico. [6 ore]

Potenziale elastico, potenziale complementare, elasticità lineare, problema elastico di Lamé, teorema di Clapeyron, teorema di Maxwell-Betti, isotropia, moduli tecnici (E, G, ν) .

- Metodo degli Elementi Finiti. [6 ore]

Formulazione variazionale del problema elastico, principio di minimo dell'energia potenziale totale, metodo di Ritz-Galerkin, formulazione del metodo degli elementi finiti

- Comportamento meccanico dei materiali e criteri di sicurezza. [4 ore]

Materiali duttili, materiali fragili, prove sperimentali in laboratorio, energia di frattura, criteri di resistenza per stati multiassiali (Tresca, Von Mises, Coulomb), cerchi di Mohr.

- Solido di Saint Venant. [18 ore]

Ipotesi fondamentali, metodo semi-inverso, sforzo normale, flessione retta e deviata, sforzo

normale eccentrico, torsione, taglio retto e deviato, applicazioni alle sezioni di uso più frequente, principio dei lavori virtuali per il solido di Saint Venant.- Fenomeni di collasso strutturale [6 ore]

Instabilità dell'equilibrio elastico, collasso plastico, frattura fragile.

MODULO DIDATTICO II: MECCANICA DELLE STRUTTURE

Impegno (ore totali) lezioni e esercitazioni: 60

- Cinematica e statica dei sistemi rigidi di travi. [12 ore]

Vincoli piani, sistemi labili, isostatici ed iperstatici, studio algebrico e grafico, dualità statico-cinematica.

- Sistemi di travi isostatiche [20 ore]

Calcolo delle reazioni vincolari, caratteristiche della sollecitazione (M, N, T), curva delle pressioni, travi Gerber, maglie chiuse, travi reticolari, archi a tre cerniere.

- Sistemi di travi iperstatiche. [16 ore]

Equazioni di congruenza, metodo delle forze, soluzione mediante il principio dei lavori virtuali (eq. di Müller-Breslau), soluzione mediante il metodo dei telai piani, distorsioni termiche, cedimenti vincolari elastici ed anelastici, simmetria ed antisimmetria, teorema di Castigliano, teorema di Menabrea.

- Teoria tecnica della trave e delle lastre. [6 ore]

Travi inflesse, legame momento-curvatura, equazione della linea elastica, equazioni statiche e cinematiche per la trave retta e curvilinea, lastre di Kirchhoff, equazioni statiche e cinematiche per la lastra, dualità statico-cinematica.

- Calcolo automatico delle strutture intelaiate. [6 ore]

Metodo degli spostamenti, calcolo automatico (matriciale) dei telai piani, dei grigliati e dei telai spaziali.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula consistono nello svolgimento e risoluzione di esercizi riguardanti tutti gli argomenti del Corso, e sono in particolare orientate al superamento della prova scritta.

BIBLIOGRAFIA

A. Carpinteri, Scienza delle costruzioni, Pitagora Ed., Bologna, 1992.

A. Carpinteri, Temi d'esame, Pitagora Ed., Bologna, 1993-1997.

ESAME

L'esame prevede sia una prova scritta che una prova orale. Il compito scritto propone la risoluzione di tre esercizi (una struttura isostatica, una struttura iperstatica ed una verifica di resistenza sezionale).

E4630**SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI**

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni:1	laboratori: 1
(ore totali)	lezioni: 94	esercitazioni: 10	laboratori:10
Crediti: 12			
Docente:	Ignazio AMATO		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si prefigge di fornire una ampia panoramica sulla scienza e tecnologia dei materiali ceramici per applicazioni ingegneristiche, come rispecchia la sua organizzazione in tre moduli didattici: la scienza dei materiali ceramici, volta allo studio teorico della loro struttura e del comportamento, soprattutto meccanico; la tecnologia dei materiali ceramici, incentrata sui processi di produzione e trasformazione; le caratteristiche dei principali materiali ceramici di interesse ingegneristico.

REQUISITI

E' necessaria la conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Chimica e Scienza dei Materiali.

PROGRAMMA

Introduzione e classificazione dei ceramici. Applicazioni, potenzialità e mercato. (4 ore)

MODULO 1

Impegno (ore totali) 30

La scienza dei materiali ceramici.

Ordine cristallino, proprietà dei cristalli, strutture cristalline. Solidi policristallini. Microstruttura, ceramografia. I legami nei solidi, solidi ionici, covalenti, metallici e misti. Comportamento superficiale dei solidi: energia superficiale, bagnabilità, capillarità, assorbimento, superficie dei solidi. Le proprietà dei ceramici: solidi duttili e solidi fragili. Meccanica della frattura: tenacità e fatica. Resilienza e durezza. Comportamento termomeccanico. Correlazione tra proprietà e microstruttura. La densificazione dei ceramici: i difetti nei solidi (di punto, di linea, di superficie) e la diffusione. Sinterizzazione: generalità e meccanismi, stadi del processo, evoluzione della porosità. Sinterizzazione multifase e multicomponenti. La pressatura a caldo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Analisi strutturale e microstrutturale. Determinazione di proprietà meccaniche con applicazione della statistica di Weibull.

MODULO 2

Impegno (ore totali) 30

La tecnologia dei materiali ceramici.

Polveri ceramiche: specifiche e caratteristiche. Processi di fabbricazione industriali e speciali (sol-gel). Additivi di processo e meccanismi d'azione. Meccanica delle particelle e reologia. Preparazione delle polveri preventiva alla formatura (trasporto, macinazione, mescolamento, lavaggio). Granulazione e formatura a secco. Formatura a plastico. Estrusione. Colaggio. Essiccaamento. Finitura. Rivestimenti. Cottura.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Caratterizzazioni delle polveri ceramiche: granulometria, superficie specifica. Porosità di polveri e sinterizzati. Valutazione della densità. Analisi termiche e dilatometriche.

Impegno (ore totali) 30

Ceramici ingegneristici.

Confronto tra le caratteristiche delle varie classi di ceramici. Ceramici a base ossido. Vetro, fil di vetro e vetroceramici. Ceramici a base carburi. Diamante policristallino. Ceramici a base nitrucci, boruri e siliciuri. Cermet ed utensili da taglio. Rinforzi ceramici (fibre, whisker). Nanocompositi.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Criteri di scelta dei materiali ceramici per applicazioni ingegneristiche.

BIBLIOGRAFIA

I. Amato, L. Montanaro, *Lezioni dal corso*. Vol. I: La scienza dei materiali ceramici. Cortina ed. 1996. Vol. II: La tecnologia dei materiali ceramici. Cortina ed. 1997. Vol. III: materiali ceramici (stampato). J.S. Reed, *Introduction to the principles of ceramic processing*. Pergamon press ed. 1995. I. Amato, L. Montanaro, *Monografie varie*.

ESAME

Orale su tutto il programma oppure esonero facoltativo in corso d'anno del 1° modulo Scienza dei materiali ceramici e del 2° modulo di Tecnologia dei materiali ceramici ed infine esame orale sul 3° modulo sui Ceramici ingegneristici.

E4640 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI COMPOSITI

Anno: 5	periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6		
(ore totali)	lezioni:74	Esercitazioni: 12	Laboratori: 4
Crediti: 10			
Docente:	Francesco MARINO		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

I materiali compositi sono caratterizzati dal possedere proprietà meccaniche, fisiche, chimiche modulabili in funzione delle esigenze primarie della struttura complessiva, offrendo così all'ingegnere diversificate soluzioni progettuali. Il corso propone principi fondamentali, criteri progettuali, tecnologie di processo, proprietà micro e macroscopiche per questa innovativa class di materiali.

REQUISITI

Scienza e Tecnologia dei Materiali Metallici, Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici
Scienza e Tecnologia dei Materiali Polimerici 1.

MODULO 1: TITOLO: TECNOLOGIA DEI MATERIALI COMPOSITI

Impegno (Ore totali) Lezioni: 40 Laboratori: 4

PROGRAMMA

- Generalità e peculiarità dei materiali compositi
- Generalità, tecnologie produttive, settori di utilizzo e proprietà fisiche, chimiche e meccaniche di:
 - fibre naturali e sintetiche organiche e inorganiche
 - particelle, whiskers e fibre corte
 - compositi a matrice metallica
 - compositi a matrice ceramica
 - compositi a matrice polimerica
 - compositi in situ
 - compositi con intermetallici
- Interfacce: classificazione, descrizione e loro ruolo nel determinare le proprietà dei materiali compositi
- "Joining" e controlli non distruttivi

MODULO 2: TITOLO: SCIENZA E INGEGNERIA DEI MATERIALI COMPOSITI

Impegno(ore totali): Lezioni: 34 Esercitazioni: 12

PROGRAMMA

- Metodi sperimentali di misura della resistenza meccanica all'interfaccia
- Comportamento meccanico delle varie classi di materiali compositi: trazione, flessione, compressione, creep, fatica termica e meccanica, impatto.
- Interazione materiale-ambiente e sue ricadute sul comportamento chimico e meccanico.
- Sforzi, deformazioni e matrici di rigidità, cedevolezza e di trasformazione. Materiali isotropi e ortotropi, caso della lamina piana, sforzi e deformazioni principali, criteri a rottura (Von Mises, Halpin), compositi unidirezionali, sollecitazioni non assiali, lamina ruotata.
- Laminati: valutazione della rigidità

- Modelli micromeccanici per la resistenza e la rigidità longitudinale e trasversale.
- Compositi a fibre corte: distribuzione di sforzi sulle fibre, lunghezza critica, rigidità resistenza
- Meccanismi di frattura e di tenacizzazione: energia, stress locali, fenomeni all'apice della cricca, curvatura e deflessione della cricca, scollamento, estrazione, "bridging-zone".
- Tenacizzazione per microdifetti, trasformazioni di fase.
- Trattazione di casi importanti di progettazione e utilizzo

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

- Calcolo matriciale per la valutazione degli sforzi e deformazioni anche per sollecitazioni fuori dalle direzioni principali
- Applicazione dei criteri a rottura
- Calcolo matriciale sui laminati
- Prove meccaniche su manufatti e/o provette di vari materiali compositi

BIBLIOGRAFIA

- F.L. Matthews, R.D. Rawlings: "Composite Materials: Engineering and Science" ed. Chapman & hall
- R. Naslain: "Introduction aux matériaux composites", 3 volumi. Editions du C.N.R.S. 1985
- P.X. Mallick, S. Newman: "Composite materials technology: processes and properties" ed. Hauser, Munich 1990

ESAME

Solo orale con eventualmente impostazione di un esercizio del tipo trattato nelle esercitazioni. Nell'ambito del corso lo studente potrà approfondire un argomento a sua scelta attraverso l'elaborazione di una monografia che verrà esposta in sede di esame.

E4681 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI I

Anno: 3	periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni: 2	
	(ore totali)	lezioni: 78	esercitazioni: 26
Crediti: 12			
Docente:	Roberta BONGIOVANNI		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è di fornire le conoscenze di base sulla struttura dei materiali polimerici, sulle loro proprietà e sulle loro tecnologie di trasformazione. A tale scopo vengono dapprima forniti elementi propedeutici di chimica organica. Sono poi trattati i polimeri di uso generale, termoplastici e termoindurenti, considerando la loro preparazione e le loro principali proprietà in relazione con la struttura. Vengono infine illustrate le tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici e le loro più importanti applicazioni industriali.

REQUISITI

Si richiede di avere superato l'esame di Chimica

PROGRAMMA

Nozioni di chimica organica. (12 ore)

La chimica del carbonio. Esame dei principali gruppi funzionali presenti nei polimeri e loro caratteristiche chimiche. Fenomeni di isomeria e stereoisomeria. Principali monomeri.

Struttura e caratterizzazione delle macromolecole. (20 ore)

Pesi molecolari e loro distribuzione. Forze di coesione intermolecolari, regolarità e flessibilità della catena polimerica. Struttura supermolecolare: stato amorfo e stato cristallino. Reticoli polimerici, densità di reticolazione. Caratterizzazione termica: temperatura di fusione e temperatura di transizione vetrosa. Caratterizzazione chimico-fisica

Reazioni di polimerizzazione. (22 ore)

Polimeri di policondensazione: schema del processo e controllo del peso molecolare (P.M.), produzione industriale di poliesteri, poliammidi e policarbonati. Polimeri di poliaddizione radicalica: condizioni operative, cinetica della reazione e controllo del P.M.. Reazioni di copolimerizzazione. Tecniche industriali di polimerizzazione e processi di produzione di polimeri di impiego generale (polietilene, polivinilcloruro e polistirene). Produzione di gomme sintetiche. Polimeri di poliaddizione ionica: polimerizzazione stereospecifica, produzione industriale di poliolefine.

Proprietà dei materiali polimerici in massa. (12 ore)

Proprietà termiche: capacità termica, dilatazione, conducibilità. Proprietà meccaniche: rigidità, resistenza a trazione, resilienza. Comportamento viscoelastico dei polimeri: reologia dei polimeri fusi. Proprietà delle gomme. Proprietà elettriche: conducibilità, costante dielettrica, fattore di dissipazione. Proprietà ottiche: indice di rifrazione, trasparenza. Vetri organici

Tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici termoplastici. (6 ore)

Additivi, cariche e compounding. Tecnologie di iniezione, estrusione, calandratura, termoformatura, stampaggio rotazionale, spalmatura.

Materiali polimerici termoindurenti. (6 ore)

Poliuretani, poliesteri insaturi e altre principali classi di resine. Materiali polimerici espansi. Tecnologie di trasformazione e applicazioni.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste sia esercitazioni in aula con applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione sia esercitazioni sperimentali di laboratorio con squadre a numero limitato di allievi. Queste ultime riguarderanno la caratterizzazione dei materiali polimerici e la valutazione delle loro proprietà meccaniche fondamentali e saranno completate dalla stesura di una breve relazione. Si effettueranno visite ad impianti di trasformazione di materie plastiche.

BIBLIOGRAFIA

Scienza e tecnologia delle macromolecole, AIM, Vol.I e II, Pacini, Pisa, 1983

F. Rodriguez, Principles of polymer systems, 4th ed., Taylor & Francis, New York, 1996

ESAME

L'esame consiste in una prova orale relativa a tutto il programma del corso.

Polimeri per impiego in campo elettrico ed elettronico. (10 ore)

Proprietà elettriche dei polimeri in relazione alla struttura: polimeri isolanti, semiconduttori, conduttori. Tecniche di drogaggio. Polimeri per optoelettronica. Polimeri piezoelettrici. Tecnologie dei polimeri per l'elettronica: circuiti stampati, fotolitografia, tecniche di fotoreticolazione e fotodegradazione..

Materiali polimerici per l'ottica. (4 ore)

Proprietà ottiche dei polimeri. Lenti in materiale polimerico. Proprietà ottiche non lineari in relazione con la struttura: polimeri per fibre ottiche. Display a cristalli liquidi.

Miscele e leghe polimeriche (4 ore)

Criteri di miscibilità tra materiali polimerici. Morfologia di miscele e dispersioni polimeriche. Additivi interfacciali. Esempi di blends industriali, proprietà ed impieghi.

Materiali polimerici e ambiente. (6 ore)

Tecnologie di riciclo e smaltimento dei rifiuti plastici. Riciclo meccanico e chimico. Pirolisi e impiego dei rifiuti polimerici come combustibile.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Sono previste sia esercitazioni in aula con esemplificazioni e applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione sia esercitazioni sperimentali di laboratorio con squadre a numero limitato di allievi. Si effettueranno visite ad impianti di trasformazione di materie plastiche e a laboratori di ricerca in settori specialistici dei materiali polimerici.

BIBLIOGRAFIA

D.W. Van Krevelen, *Properties of Polymers*, Elsevier Publ. Amsterdam, 3rd ed., 1990

L.E. Nielsen, *Mechanical properties of polymers and composites*, M. Dekker, New York, 1994

Appunti delle lezioni forniti dal docente.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale relativa a tutto il programma del corso.

E4780 SIDERURGIA

Anno: 4	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 5	esercitazioni/laboratori: 1	
	(ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni/laboratori: 15
Docente:	D. FIRRAO		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso ha lo scopo di affinare la preparazione dell'ingegnere in campo metallurgico, fornendo conoscenze specialistiche sulle leghe ferrose, con particolare riferimento ai processi ed impianti siderurgici, senza però trascurare un più approfondito studio delle proprietà strutturali, meccaniche e chimiche dei prodotti siderurgici e delle loro caratteristiche di impiego.

Per una buona preparazione nel campo specifico occorrono buone nozioni di base sulle metallurgia generale, la tecnologia dei materiali metallici (trattamenti termici e meccanici), e dei materiali refrattari, la teoria e la pratica dei fenomeni di combustione e di trasmissione del calore.

Il corso si svolgerà con lezioni, integrate da esami di schemi costruttivi di impianti ed apparecchiature specifiche con visite a stabilimenti siderurgici. Essendo un corso di tipo applicativo l'estensione degli argomenti potrà variare in modo significativo rispetto all'impegno previsto nel programma in dipendenza di opportuni aggiornamenti della tecnologia.

REQUISITI

Termodinamica dell'ingegneria chimica, Tecnologia dei materiali e chimica applicata, Metallurgia.

PROGRAMMA

Chimica fisica dei processi siderurgici. [20 ore]

Equilibri omogenei ed eterogenei in sistemi di interesse siderurgico. Bagni metallici. Equilibri metallo - scoria. Equilibri di riduzione degli ossidi. Termodinamica dei processi siderurgici.

Teoria e pratica dei processi ai riduzione. [30 ore]

Riducibilità degli ossidi. Sistemi costituiti da ossidi in progressiva riduzione. Equilibri di riduzione degli ossidi di ferro con riferimento all'effetto di ossidi estranei, in particolare dei componenti delle scorie siderurgiche. Riducenti. Riduzioni dirette e indirette. Combustibili. Preriscaldamento e ricupero di calore.

Classificazione e controllo di forni siderurgici.

Ghisa. [10 ore]

Preparazione del minerale. Altoforno ed impianti ausiliari. Altoforno elettrico e forni per ferrolighe. Seconda fusione. Inoculazione e colata. Sferoidizzazione e malleabilizzazione. Ghise legate. Caratteristiche di impiego delle ghise.

Acciaio. [10 ore]

Processi di preraffinazione ed affinazione. Disossidazione e colata. Fabbricazione di acciai speciali. Lavorazioni ed utilizzazione dell'acciaio. Trattamenti termici e caratteristiche strutturali e di impiego degli acciai. Comportamento in opera.

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Esame di schemi costruttivi e dimensionamento di apparecchiature ed impianti siderurgici. [15 ore]

BIBLIOGRAFIA

A. Burdese, *Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici*, UTET, Torino, 1992.

E5340 **STRUTTURA DELLA MATERIA**

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore sett.) lezioni/esercitazioni/laboratori: 8
Crediti: 11
Docente: **Piero MAZZETTI**

REQUISITI

Fisica I e II.

PROGRAMMA

- *Introduzione alla meccanica quantistica.*

Meccanica classica lagrangiana, equazioni di Hamilton–Jacobi, parentesi di Poisson, passaggio alla meccanica ondulatoria, principio di indeterminazione, postulati fondamentali della teoria, equazione di Schrödinger, spazio di Hilbert e formulazione generale della meccanica quantistica in forma matriciale, teoria delle perturbazioni stazionaria e dipendente dal tempo.

- *Applicazioni della meccanica quantistica.*

Elettrone libero, elettrone come pacchetto d'onde, elettrone in una buca di potenziale, oscillatore armonico, atomo di idrogeno, modello a campo centrale dell'atomo, tavola periodica degli elementi.

- *Concetti fondamentali di meccanica statistica.*

Spazio delle fasi e teorema di Liouville, statistica di Boltzman–Gibbs, di Bose–Einstein e di Fermi–Dirac, teorema di equipartizione dell'energia e sue applicazioni, vacanze reticolari, ordine – disordine nelle leghe binarie e entropia di mescolamento, applicazioni della statistica di Fermi–Dirac al gas di elettroni.

- *Struttura dei solidi cristallini.*

Reticoli cristallini, vettori di base, spazio reciproco, reticolo reciproco e sue proprietà, diffrazione dei raggi X, concetto di momento cristallino e proprietà generali di conservazione per processi di interazione tra elettroni, fotoni, fononi nello spazio reciproco, invarianza traslazionale e teorema di Bloch.

- *Proprietà vibrazionali dei solidi.*

Approssimazione armonica, modi vibrazionali normali, legge di dispersione, catena di atomi unidimensionale, branca acustica e branca ottica in reticoli biatomici, quantizzazione dell'energia e concetto di fonone, calore specifico fononico nelle approssimazioni di Einstein e Debye, effetti anarmonici, conducibilità termica e dilatazione termica.

- *Proprietà elettroniche dei solidi.*

Elettroni liberi in un metallo ed elettroni perturbati da un potenziale periodico, nascita di una struttura a bande dell'energia, elettroni in un reticolo cristallino e onde di Bloch, zone di Brillouin, superficie di Fermi, metalli, semiconduttori, isolanti, calcolo della struttura a bande in metalli e isolanti, transizioni elettroniche in semiconduttori.

- *Teoria di Hartree e Hartree–Fock per gli elettroni in un cristallo.*

Spin elettronico, matrici di Pauli, stati di singoletto e di tripletto, equazioni di Hartree ed Hartree–Fock, calcolo dell'energia media, interazione di scambio ed energia di scambio, metodi autoconsistenti per il calcolo dell'energia di un gas di elettroni in interazione, applicazioni alla molecola di idrogeno.

- *Proprietà magnetiche dei solidi.*

Hamiltoniana di un gas di elettroni in campo magnetico, diamagnetismo di elettroni legati, diamagnetismo di Landau degli elettroni liberi, paramagnetismo, funzione di Brillouin, ferroma-

gnetismo nella teoria di Weiss e di Heisenberg, materiali ferromagnetici e teoria dei domini, applicazioni dei materiali ferromagnetici.

- *Difetti nei solidi.*

Vacanze reticolari in equilibrio termico in un cristallo, interstiziali, dislocazioni lineari ed a vite, moto e moltiplicazione delle dislocazioni e deformazione plastica dei cristalli.

- *Proprietà ottiche dei solidi.*

Risposta dielettrica, riflettività ed assorbimento ottico, transizioni interbanda, eccitoni, effetto Raman, centri di colore.

BIBLIOGRAFIA

Oltre alle dispense fornite dal docente, vengono consigliati testi diversi a seconda dell'argomento trattato.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale. È facoltativo svolgere una tesina su un argomento del corso. Tale tesina verrà poi discussa al momento dell'esame.

E5341 STRUTTURA DELLA MATERIA (SPERIMENTALE)

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 3	laboratori: 5	
	(ore totali)	lezioni: 42	laboratori: 70
Crediti: 9			
Docenti:	Enrica MEZZETTI / Renato GONNELLI		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'obiettivo del corso è quello di permettere agli studenti dell'ultimo anno di corso di laurea di seguire e partecipare ad esperimenti avanzati di fisica nel campo della struttura della materia e della fisica dello stato solido con particolare riguardo allo studio delle proprietà dei materiali metallici, semiconduttori e superconduttori. Ogni esperimento è introdotto da un esame teorico o da richiami agli aspetti fondamentali della struttura della materia che sono necessari per capire l'esperimento stesso.

PROGRAMMA

MODULO 1 PROPRIETÀ STRUTTURALI, FONONICHE ED ELETTRONICHE DI METALLI, SUPERCONDUTTORI E SEMICONDUTTORI

(docente: R. Gonnelli)

Impegno (ore totali) lezioni: 22 laboratori: 34

PROGRAMMA

- A) Misure di topologia a risoluzione atomica delle superfici di materiali metallici e isolanti mediante microscopia a forze atomiche (AFM); microscopia e spettroscopia di materiali metallici mediante microscopio tunnel a scansione (STM) in aria e a temperatura ambiente.
- B) Microscopia SEM e analisi chimica di superficie mediante microsonda EDS (in collaborazione con il Dipartimento di Scienza dei Materiali ed Ing. Chimica).
- C) Spettroscopia Raman per la determinazione delle componenti ottiche dello spettro fononico.
- D) Misure di calore specifico mediante calorimetria differenziale a scansione (DSC) per la determinazione del calore specifico fononico, della temperatura di Debye e della componente elettronica del calore specifico in materiali metallici (tra -100°C e 500°C).
- E) Resistività di metalli, semiconduttori e superconduttori in funzione della temperatura tra 1.5K e 300K: studio della componente fononica della resistività.
- F) Misure relative alla transizione superconduttiva: misure di transizione resistiva e diamagnetica in superconduttori ad alta e bassa T_c tra 1.5 e 300K.
- G) Spettroscopia tunnel di quasiparticella e determinazione della densità degli stati elettronica in giunzioni planari, a punta di contatto, a rottura ed STM con elettrodi nello stato normale o in quello superconduttore (tra 1.5K e 300K).
- H) Misure di effetto Josephson in giunzioni planari, a punta di contatto o a rottura in superconduttori a bassa ed alta T_c tra 1.5 e 300K.

MODULO 2: CARATTERIZZAZIONE DI MATERIALI PER TECNOLOGIE AVANZATE

(docente: E. Mezzetti Coadiutori: R. Gerbaldo, G. Ghigo, L. Gozzelino)

Impegno (ore totali) lezioni: 20 laboratori: 36

PROGRAMMA

Il modulo comprende la descrizione degli strumenti e delle metodologie di caratterizzazione della "struttura della materia" in relazione all'impiego dei materiali in tecnologie avanzate.

Particolare enfasi viene data alla caratterizzazione sperimentale di film semiconduttori e superconduttori.

Le metodologie prevedono una suddivisione in base alle temperature e ai campi magnetici di utilizzo, dalle temperature criogeniche alla temperatura ambiente e alle temperature di "annealing" in campi magnetici fino ad alcuni Tesla. Le caratterizzazioni riguardano: proprieta' di trasporto, proprieta' strutturali, correlazione tra le precedenti per materiali bulk e film. Verra' data una breve descrizione dei metodi di crescita epitassiale di film semiconduttori e superconduttori. Si descriveranno i difetti indotti da radiazione su semiconduttore e superconduttore in relazione alla soglia di danneggiamento in ambiente ostile. Tutte le metodologie analizzate in dettaglio hanno riscontro nella sperimentazione e in laboratorio. Quest'ultimo ha carattere prevalente nel contesto generale.

Crediti

- A) Caratterizzazione di materiali in intervalli diversi della scala internazionale, dalle temperature criogeniche alla temperatura ambiente. Metodi di "annealing". Caratterizzazione in intervalli diversi di campo magnetico (magneti permanenti e magneti superconduttori, cryogen free o in bagno criogenico)
- B) Caratterizzazione per proprieta' di trasporto dalla temperatura dell'elio liquido alla temperatura ambiente, in campo magnetico dc e ac.
- C) Caratterizzazione per proprieta' magnetiche dc e ac dalla temperatura dell'elio liquido alla temperatura ambiente.
- D) Caratterizzazione strutturale (microscopia ottica, magneto-ottica, SEM, X-ray diffractometry) Tecnologie correlate alla crescita epitassiale. Radiation hardness di materiali.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Più del 50% del corso è costituito da avanzati esperimenti di laboratorio. Alcuni di essi hanno carattere dimostrativo in quanto sono condotti dal docente in presenza degli studenti. I dati acquisiti nella misura vengono quindi forniti agli studenti per una eventuale elaborazione successiva. Altri esperimenti vengono invece concepiti e realizzati direttamente dagli studenti divisi in gruppi sotto la supervisione e la guida del docente. Gli studenti curano anche la elaborazione dei dati e la presentazione dei risultati in forma di brevi relazioni.

BIBLIOGRAFIA

- H. Ibach and H. Luth, "Solid-State Physics", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1995.
 - N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, "Solid State Physics", Saunders College, Philadelphia, 1976.
 - J.R. Waldram, "Superconductivity of Metals and Cuprates", IOP Publishing Ltd, 1996.
- Dispense del docente.

ESAME

L'esame consiste nella discussione accurata delle relazioni scaturite dagli esperimenti, sia quelli di tipo dimostrativo che quelli direttamente realizzati dagli studenti. A richiesta dello studente una parte dell'esame può consistere in una discussione orale su argomenti teorici sviluppati a lezione o su un particolare approfondimento di qualche argomento inerente alle esperienze di laboratorio.

E5404 SUPERCONDUTTIVITÀ

(Corso ridotto)

Anno: 5	Periodo: 2
Impegno (ore sett.)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 4
(ore totali)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 50
Crediti: 5	
Docente:	Mario RASETTI

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è inteso fornire una professionalità specifica a chi voglia affrontare professionalmente problemi avanzati nell'ambito dei nuovi materiali, anche non necessariamente superconduttori. Più in particolare, naturalmente, esso mira a fornire, a quegli studenti che fanno un uso applicativo esteso delle proprietà dei superconduttori, una comprensione profonda dei meccanismi fisici, dei fenomeni microscopici, dei metodi di misura e dei modelli concettuali di rappresentazione di tali materiali. Dato il livello alto di difficoltà e di aggiornamento, il corso è strumento professionale importante per chi intenda affrontare tali argomenti in un ambito di ricerca. Nel passato, dalla frequenza al corso sono spesso scaturite tesi di laurea interessanti (nell'ambito della scienza dei materiali, della fisica dello stato condensato, dello studio dei sistemi quantistici a molti corpi).

PROGRAMMA

Le tre parti del corso – che ha durata complessiva di 55/60 ore – hanno peso approssimativamente uguale (di circa 20 ore ciascuna). Le lezioni sono accompagnate da esercitazioni, che consistono essenzialmente nella visita a laboratori di ricerca, in cui gli studenti assistono alla esecuzione di esperimenti, per un totale di circa 8 ore. Sono prerequisiti essenziali i corsi di matematica e fisica generali e i complementi di matematica; raccomandabili uno o due corsi di “fisica moderna” (che diano allo studente le nozioni di base di meccanica quantistica di “prima quantizzazione” e di meccanica statistica). Tutti gli elementi concettuali non istituzionali necessari vengono esaurientemente forniti durante il corso stesso; esistono tuttavia buoni testi di riferimento, che vengono indicati.

- *La prima parte* è dedicata alla descrizione delle proprietà caratteristiche dei materiali superconduttori, della fenomenologia relativa e dei più importanti esperimenti che consentono di mettere in rilievo e caratterizzare tali proprietà. Vengono descritti la dipendenza della resistività dalla temperatura assoluta nella fase normale, nella fase superconduttrice e alla transizione; l'effetto Meissner – che corrisponde al passaggio, alla temperatura critica, da comportamento paramagnetico (ad alta temperatura) a diamagnetico (a bassa temperatura); il fenomeno delle correnti persistenti; la resistenza e le tecniche di misura del *gap* nello spettro energetico. Per i superconduttori ad alta temperatura critica viene discussa la complessa struttura chimica e cristallografica.

- *La seconda parte* del corso consiste di una accurata rassegna dei modelli e delle teorie fisiche che consentono di descrivere il fenomeno della superconduttività. Dopo lo studio delle teorie fenomenologiche di London e di Landau-Ginburg, viene affrontata la teoria microscopica BCS (Bardeen, Cooper, Schrieffer). Tale teoria è basata su concetti profondi e complessi di meccanica e meccanica statistica quantistiche, dei cui elementi fondamentali viene data una rassegna. Si discutono i principi della seconda quantizzazione, le proprietà statistiche collettive di sistemi di particelle di Fermi (in particolare come queste possano formare stati legati) e di Bose (con il fenomeno della condensazione a bassa temperatura). Si richiamano altresì elementi di fisica dello stato solido: il concetto di banda di energia, il teorema di Bloch, le relazioni di dispersione

dei fononi. Mediante tutti questi strumenti la teoria BCS viene descritta sia nella versione a temperatura zero (stato fondamentale) sia in quella a temperatura non-nulla, ricavandone tutte le proprietà termodinamiche, di equilibrio e non, interessanti. Per i superconduttori ad alta temperatura critica viene fatto un cenno alle più moderne teorie (modello di Hubbard e sue generalizzazioni) attualmente prese in considerazione.

- La terza parte del corso è dedicata alle applicazioni. Vengono descritti e analizzati gli utilizzi nel trasporto di corrente elettrica, nell'accumulo di energia, nella meccanica (tramite la levitazione: trasporti, cuscinetti a levitazione magnetica). Si studia poi l'effetto Josephson e la sua applicazione negli SQUID (*Quantum Interference Superconductive Devices*) per usi metrologici, di diagnostica medica, ecc.

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è tenuto in un'aula con una proiezione di diapositive e un videoregistratore. La prima parte del corso è dedicata alla introduzione alla fisica dei superconduttori. Si parte dalla descrizione dei superconduttori in termini di stato fondamentale e si discute il ruolo dei fononi nella formazione dello stato condensato. Si discute anche il ruolo dei fononi nella dissipazione di energia nei superconduttori. La seconda parte del corso è dedicata alla descrizione dei superconduttori in termini di stato fondamentale e si discute il ruolo dei fononi nella formazione dello stato condensato. Si discute anche il ruolo dei fononi nella dissipazione di energia nei superconduttori. La terza parte del corso è dedicata alle applicazioni. Vengono descritti e analizzati gli utilizzi nel trasporto di corrente elettrica, nell'accumulo di energia, nella meccanica (tramite la levitazione: trasporti, cuscinetti a levitazione magnetica). Si studia poi l'effetto Josephson e la sua applicazione negli SQUID (*Quantum Interference Superconductive Devices*) per usi metrologici, di diagnostica medica, ecc.

La prima parte del corso è dedicata alla introduzione alla fisica dei superconduttori. Si parte dalla descrizione dei superconduttori in termini di stato fondamentale e si discute il ruolo dei fononi nella formazione dello stato condensato. Si discute anche il ruolo dei fononi nella dissipazione di energia nei superconduttori. La seconda parte del corso è dedicata alla descrizione dei superconduttori in termini di stato fondamentale e si discute il ruolo dei fononi nella formazione dello stato condensato. Si discute anche il ruolo dei fononi nella dissipazione di energia nei superconduttori. La terza parte del corso è dedicata alle applicazioni. Vengono descritti e analizzati gli utilizzi nel trasporto di corrente elettrica, nell'accumulo di energia, nella meccanica (tramite la levitazione: trasporti, cuscinetti a levitazione magnetica). Si studia poi l'effetto Josephson e la sua applicazione negli SQUID (*Quantum Interference Superconductive Devices*) per usi metrologici, di diagnostica medica, ecc.

La seconda parte del corso è dedicata alla descrizione dei superconduttori in termini di stato fondamentale e si discute il ruolo dei fononi nella formazione dello stato condensato. Si discute anche il ruolo dei fononi nella dissipazione di energia nei superconduttori. La terza parte del corso è dedicata alle applicazioni. Vengono descritti e analizzati gli utilizzi nel trasporto di corrente elettrica, nell'accumulo di energia, nella meccanica (tramite la levitazione: trasporti, cuscinetti a levitazione magnetica). Si studia poi l'effetto Josephson e la sua applicazione negli SQUID (*Quantum Interference Superconductive Devices*) per usi metrologici, di diagnostica medica, ecc.

E5691 TECNOLOGIE E MATERIALI PER L'ELETTRONICA I

Anno: 5	Periodo:1
Impegno (ore sett.)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 6
(ore totali)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 80
Crediti: 10	
Docente:	A. PAPUZZA

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Scopo del corso è di fornire una visione sufficientemente ampia, approfondita ed aggiornata delle attuali tecnologie di realizzazione dei dispositivi elettronici ed optoelettronici di maggiore impiego (in silicio e semiconduttori composti) e per la realizzazione delle fibre ottiche. Si introdurranno anche nozioni relative alla funzionalità ed alle prestazioni dei dispositivi, e indicazioni sulle linee di sviluppo che si prevedono nella realizzazione di dispositivi d'avanguardia, con cenni sulle tecnologie richieste e sulle prestazioni attese.

REQUISITI

Oltre alle nozioni fondamentali di *fisica* e *chimica*, le conoscenze di base sui *dispositivi elettronici*.

PROGRAMMA

- Strutture cristalline perfette e difettive; struttura a bande per materiali di volume, eterostrutture e strutture quantistiche. [8 ore]
- Caratterizzazione dei materiali semiconduttori: microscopia elettronica e microanalisi, caratterizzazioni strutturali, elettriche ed ottiche. [10 ore]
- Aspetti generali della tecnologia; tecnologia del vuoto e camere depolverizzate. [6 ore]
- Preparazione dei materiali monocristallini. Crescita dei substrati e crescite epitassiali con diverse tecnologie. [6 ore]
- Tecniche fotolitografiche: ottica, elettronica, ionica ed olografia. Tecniche di deposizione ed incisione; deposizione dei metalli e dei dielettrici, incisioni per via umida (chimica) e via secca (ionica). [10 ore]
- Drogaggio con tecniche di diffusione e di impiantazione ionica ed *annealing*. [6 ore]
- Tecnologia delle fibre ottiche. Tecniche di produzione di fibre, fibre attive, cavi ottici. [4 ore]
- Tecnologia dei dispositivi elettronici integrati al silicio; bipolari, MOS ed all'arseniuro di gallio. [10 ore]
- Tecnologia dei dispositivi optoelettronici; laser DFB, laser MQW, amplificatori ottici, dispositivi fotonici e fotorivelatori. [10 ore]
- *Packaging* dei dispositivi, accoppiamento fibra - dispositivo ed applicazione nei sistemi. Tecniche di interconnessione elettriche ed ottiche, *multi-chip module* e tecnologia dei circuiti stampati. [8 ore]
- Qualità ed affidabilità dei dispositivi elettronici ed optoelettronici e fisica dei guasti. [4 ore]

LABORATORIO E/O ESERCITAZIONI

Non sono previste esercitazioni di calcolo né di laboratorio. Di solito vengono effettuate due visite ai laboratori tecnologici dello CSELT.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Sono disponibili dispense che verranno distribuite durante il corso.
Testo ausiliario: S.M. Sze, *Dispositivi a semiconduttore*, Hoepli, 1991.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti sviluppati nel corso e tende ad accertare l'"aver acquisito una mentalità tecnologica" (non dimostrazioni, ecc.).

Reticolo reciproco.

Richiami del rapporto tra orbitali atomici e struttura a bande dei solidi cristallini

Classificazione per legame chimico, tipi di solidi.

PROPRIETA' FISICHE DEI MATERIALI (12 ore)

Modulo elastico, durezza, rottura fragile, plasticita'

Conduzione termica, coefficiente di dilatazione, temperature critiche.

Conduzione elettrica nei metalli, dielettrici, polimeri

Struttura a bande, natura e valore del gap

Indice di rifrazione, spettro di assorbimento,

Proprieta' non linea

Materiali diamagnetici, paramagnetici, ferro o ferrimagnetici. Proprieta' di superconduzione.

PROPRIETA' DIFETTUALI (8 ore)

Classificazione e termodinamica dei difetti puntiformi

Difetti particolari, spettroscopia dei difetti punto.

Diffusione.

Richiami di teoria dell'elasticita', tipi di dislocazioni e proprieta', nascita e moto, reti di dislocazioni.

Dislocazioni di misfit, threading, stacking faults.

PROBLEMATICHE DELLA QUALITA'/AMBIENTALI/SICUREZZA (6 ore)

Controllo qualita' materiali e prodotti, riferimenti normativi nazionali ed internazionali, problemi di degradamento, riciclaggio e smaltimento

Regole di ecoprogettazione, analisi del ciclo di vita dei prodotti (LCA). Etichette ecologiche.

Tossicita', infiammabilita', schede di sicurezza.

II MODULO: FASI CRISTALLINE E CARATTERIZZAZIONI DEI MATERIALI

Crediti: 4

STATO CRISTALLINO (12 ore)

Richiami di termodinamica, diagrammi di fase:

nucleazione 3D, mono, policristalli

nucleazione 2D epitassia, crescita di strati ad alto strain, crescita su superfici ad alti indici.

bordi di grano, proprieta', impiego stato vetroso, proprieta' ottiche e meccaniche dei vetri,

vari tipi di vetri per fibre ottiche

ETEROSTRUTTURE (4 ore)

Struttura a bande in QW, densita' degli stati in strutture a dimensionalita' ridotta, funzioni d'onda localizzate.

Cenni di teoria dello strain, strutture epitassiali strained e relaxed, QW strained.

CARATTERIZZAZIONI COMPOSIZIONALI (6 ore)

Richiami di microscopia elettroni secondari (SEM), microanalisi X, Spettroscopia Auger (AES), spettroscopia di massa di ioni secondari (SIMS), FTIR, gas cromatografia

Spettrometria di massa, assorbimento atomico

CARATTERIZZAZIONI STRUTTURALI (4 ore)

Proprieta' dei raggi X, teoria geometrica e dinamica della diffrazione (HRXRD), diffrattometria delle polveri, e ad alta risoluzione.

Topografia X, TAD, TEM, catodoluminescenza integrale (CL), Channelling.

CARATTERIZZAZIONI ELETTRICHE E OTTICHE (4 ore)

Effetto Hall, Hall in temperatura, Spreading Resistance, DLTS Fotoluminescenza,

Assorbimento, Ellissometria.

CARATTERIZZAZIONI MORFOLOGICHE (4 ore)

Microscopio ottico metallografico, microscopio interferenziale, Nomarski, tecniche a stylus.

Microscopia ad effetto tunnel e forza atomica

CARATTERIZZAZIONE TERMOANALITICHE (4 ore)

Analisi calorimetrica differenziale a scansione DSC

Analisi termogravimetrica TGA e termomeccanica TMA

Utilizzo delle analisi termiche e spettroscopiche su materiali per elettronica.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Non sono previste esercitazioni di calcolo e di laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento

All'inizio di ciascun tema verranno consegnate agli studenti copie delle trasparenze presentate a lezione. La bibliografia generale verrà fornita all'inizio del corso, e quella specializzata alla conclusione di ogni tema.

Testi ausiliari

Miller and Mullin Electronic materials - from silicon to organics - Plenum press 1991

ESAME

L'esame viene sostenuto in due parti: la prima in una breve prova orale sugli argomenti sviluppati nel corso volta ad accertare la capacità di gestire concetti multidisciplinari (fisica, chimica, elettronica, impiantistica) per orientare la scelta di materiali appropriati a svolgere determinate funzioni e per l'individuazione della tecnica analitica più idonea.

La seconda nella redazione scritta e presentazione orale con slides di una tesina su argomenti pertinenti al corso e concordati tra docente e studenti.

E5710 TECNOLOGIE METALLURGICHE

Anno: 5	Periodo: 2		
Impegno (ore totali):	lezioni: 60	esercitazioni: 20	laboratori: 14
	Visite ad industrie 16		
Crediti: 9			
Docente:	Mario ROSSO		

UNITÀ DIDATTICA 1: PROCESSI DI FORMATURA

Impegno (ore totali) lezioni: 40 esercitazioni: 10 visite ad industrie: 12

DEFORMAZIONE: a caldo, in semicaldo ed a freddo, richiami dei fondamenti teorici. Fucinatura, stampaggio, estrusione diretta ed inversa, trafilatura, laminazione, formatura delle lamiere sottili. Tensioni residue e difetti più comuni dopo lavorazione, leghe assoggettabili ai processi di deformazione plastica, proprietà e caratteristiche dei pezzi ottenuti, controllo qualità.

FONDERIA: richiami ai principi di solidificazione delle leghe. Diagramma di flusso e ciclo di lavorazione tipico di una fonderia. Modelli, forme ed anime, modalità di formatura e processi speciali di formatura. Colata in gravità e centrifuga, pressocolata. Formatura di leghe e compositi allo stato semisolido: processi tipo Rheocasting e Thixoforming. Lavorazioni di finitura e controllo dei getti, leghe tipiche da fonderia e loro settori di impiego, assicurazione della qualità.

METALLURGIA DELLA POLVERI: analisi del ciclo completo di produzione dei sinterizzati. Polveri, produzione, miscelazione, compattazione e forme limiti ottenibili. Aspetti termodinamici del processo di sinterizzazione, forni e atmosfere di sinterizzazione. Processi particolari di compattazione, pressatura isostatica a freddo ed a caldo, powder injection molding. Lavorazioni secondarie dei sinterizzati: trattamenti termici, calibrazione, infiltrazione e impregnazione. Metalli e leghe idonei al processo, loro caratteristiche ed applicazioni. controllo qualità e finitura.

UNITÀ DIDATTICA 2: TECNICHE DI GIUNZIONE E RIPORTI SUPERFICIALI. CRITERI DI SCELTA E ANALISI DEI COSTI

Impegno (ore totali) lezioni: 20 esercitazioni: 10 visite ad industrie :4

Processi di saldatura e metallurgia della saldatura. Brasatura. Giunzione mediante collanti. Verifica e controllo delle giunzioni. Riporti superficiali: mediante proiezione a fiamma, a plasma e HVOF, riparazione di componenti e rivestimento di componenti per migliorare le resistenze a corrosione e ad usura. Progetto di un processo di formatura, progetto degli utensili, fattori di forma, confronti tra le differenti tecnologie, alternative e criteri di scelta. Ottimizzazione tecnico economica ed indici di costo.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Durante il corso sarà svolta una esercitazione monografica, frazionabile in funzione dei crediti relativi alle due unità didattiche in cui è divisibile il corso. L'argomento dell'esercitazione riguarda l'esame di un componente funzionale con analisi delle singole parti componenti, individuazione dei materiali più appropriati per la loro fabbricazione, scelta del processo di formatura e progettazione del ciclo di produzione. I tradizionali calcoli di progetto riferiti ai singoli processi, saranno supportati anche da modellizzazioni stessi e saranno svolte analisi economiche, con valutazione dei costi e confronti tecnico-economici tra diverse ipotesi alternative. Le

prove in laboratorio riguardano le caratteristiche di formabilità, l'esame delle proprietà e delle caratteristiche microstrutturali dei materiali assoggettati alle diverse tecnologie, osservazione e analisi di pezzi finiti.

Il corso sarà integrato con visite ad industrie operanti nei settori delle lavorazioni per deformazione plastica, a caldo ed a freddo, della fonderia, della sinterizzazione e dei rivestimenti.

BIBLIOGRAFIA

G. Dieter, *Mechanical Metallurgy*, McGraw.Hill, Tokio, 1988. R.A. Higgins, *Engineering Metallurgy*, Vol 1 e 11, ELBS, Kent, 1986. E. Mosca, *Metallurgia delle polveri*, AMMA, Torino, 1983. Appunti del corso.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale nella quale si considerano e si discutono i procedimenti industriali ritenuti più appropriati per la produzione industriale di particolari specifici.

Periodo : 2

Impegno (ore)

lezione: 30 (6 ore settimanali)

Crediti : 5

Docente:

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 "prammatica 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.

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, *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.

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 con il 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.

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 apparati 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.

BIBLIOGRAFIA

P. 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.

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

Nichilismo: 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 scritte 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.

UM028 **STORIA DELLA TECNICA B (SOCIETA' ED ECONOMIA) (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.

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.S. 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.

EA751	Carico meccanico	30
EA221	Chimica	31
EA752	Complementi di struttura della Materia	31
EA910	Corrosione e protezione dei materiali metallici	34
EA453	Disegno Tecnico Industriale/Costruzione di Meccanismi	36
EA451	Dispositivi elettronici I	37
EA452	Dispositivi elettronici II/Elettronica dello stato solido	40
EA330	Trasmissione ed apparazione scientifica	40
EA410	Elettronica	41
EA770	Elettrotecnica	42
EA901	Fisica Generale I	44
EA902	Fisica generale II	47
EA994	Fisica delle superfici	52
EA260	Fisica Tecnica	54
EA270	Fondamenti di informatica	56
EA240	Fondamenti di meccanica teorica e applicata	56
EA350	Poterica	60
EA300	Geometria	60
EA740	Impianti metalmeccanici	60
EA110	Macchine	60
EA130	Metallografia	62
EA265	Macchine dei Materiali / Metallurgia Meccanica	64
EA570	Misure elettriche	71
EA580	Optica	72
EA370	Proprietà termofisiche dei materiali	75
EA380	Scienza dei materiali	79
EA200	Scienza delle Costruzioni	81
EA630	Scienza e tecnologia dei materiali compositi	81
EA640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi	85
EA650	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici I	87
EA660	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II	89
EA730	Siderurgia	91
EA340	Struttura della materia	93
EA940	Struttura della materia (sperimentale)	98
EA941	Superconduttività	97
EA591	Tecnologie e materiali per l'elettronica I	99
EA592	Tecnologie e materiali per l'elettronica II	100
EA710	Tecnologie metalmeccaniche	100
PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE		100
UM076	Applicazioni finche della teoria dei gruppi	101
UM090	Estetica III	105
UM010	Storia della scienza	106