



**POLITECNICO
DI TORINO**

SOMMARIO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE MANIFATTIERE

INDICE ALFABETICO PER INSEGNAMENTI

INGEGNERIA DEI MATERIALI

Guida
ai programmi
dei corsi

2000/2001

■ 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 a seguito delle verifiche delle proprie attitudini.

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 venga 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 dei piani di studio.

Ai fini della definizione del carico didattico e per la formazione delle graduatorie per l'accesso alle iniziative di sostegno al diritto allo studio è stato deciso di assegnare il valore di **10 crediti** a tutti i **corsi annuali** e di **5 crediti** a tutti i **corsi ridotti**.

Resta invariata la norma che prevede per conseguire la Laurea il superamento di 29 annualità indipendentemente dal numero di crediti raggiunto.

Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica

Direzione Generale dell'Università

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Via Salaria 101 - 00198 Roma

Stampato dalla M.I. - Roma nel mese di Luglio 1999

■ CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI

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 resisi 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 accomunino 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 conseguire 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.

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

Il corso di laurea in Ingegneria dei Materiali prevede come propedeutici specifici le tecniche presentate nei tre insegnamenti di Statistica, Fisica e Meccanica.

– Struttura della materia completa la formazione fisica fornendo alcuni corsi di meccanica quantitativa e di fisica dello stato solido con una particolare trattazione della struttura cristallina e delle proprietà di risposta.

– Scienza dei materiali costituisce il 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.

– L'attività formativa svolge il compito di completare le conoscenze dei materiali per quanto concerne gli aspetti della termodinamica, della termocinetica e della fluidodinamica.

■ 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*.

	CFU	Titolo
1	E5630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
1	E3110	Macchine
1	E1530	Economia ed organizzazione aziendale
2	E3180	Materiali metallici
2	E5670	Misure elettroniche
2	E1435	Disegnatecnico industriale (Costruzione di macchine II)

Quanto sono

C.D.	Dato
1	E2740 Impianti metallurgici
	Y (1)
	Y (2)
	Y (3)
	Y (4)
2	Y (5)
3	Y (6)

Totale dei crediti assegnati all'Espresso alla Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino: 120 crediti (60 per la laurea e 60 per il master). Il master è a tempo pieno e si svolge in 2 anni.

■ 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.

Questo è un sostanziale corso a cinque insegnamenti previsti per il primo anno di corso, comune agli altri corsi di laurea; nasce infatti l'originale campo di corso di base a questi studenti che, al termine del primo anno, si accingono ad aver operato una scelta non conforme alle proprie aspettative.

Il piano di studio 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, ripetersi edittativa e delle proprietà di trasporto.
- *Scienza dei materiali* costituisce la completamento dei principi chimico-fisici acquisiti dagli altri corsi, la base teorica delle discipline specialistiche a maggior contenuto ingegneristico del corso di laurea. In particolare tratta dei diagrammi di stato, dei fenomeni di diffusione, del processo di nucleazione, crescita e trasformazione delle fasi e infine dei meccanismi di rafforzamento.
- *Fisica tecnica* svolge il compito di ampliare la conoscenza del materiale per quanto concerne gli aspetti della termodinamica, della termostatica e della fluidodinamica.

Primo anno (non attivato)

P. D.		Titolo
1	E0231	Analisi matematica I
1	E0620	Chimica
2	E2300	Geometria
2	E1901	Fisica generale I
2	E2170	Fondamenti di informatica

Secondo anno

P. D.		Titolo
1	01CGI	Serie di funzioni (r) *
1	01AGH	Calcolo in più variabili (r) *
1	01ATC	Elettromagnetismo (r) *
1	01AWM	Fenomeni ondulatori (r) *
1	E1790	Elettrotecnica
2	E5340	Struttura della materia
2	EA240	Fondamenti di meccanica teorica e applicata
2	01ACJ	Analisi matematica III (r) *
2	01AGI	Calcolo numerico (r) *

Terzo anno

P. D.		Titolo
1	E4590	Scienza dei materiali
1	E4600	Scienza delle costruzioni
1	EA410	Elettronica
2	E4681	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici I
2	E2060	Fisica tecnica
2	01BOI	Materiali e dispositivi elettronici passivi I (r) *
2	01APL	Dispositivi e tecnologie per la microelettronica (r) *

Quarto anno

P. D.		Titolo
1	E4630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
1	E3110	Macchine
1	E1530	Economia ed organizzazione aziendale
2	E3180	Materiali metallici
2	E3670	Misure elettroniche
2	E1435	Disegno tecnico industriale/Costruzione di macchine (i)

Quinto anno

P. D.		Titolo
1	E2740	Impianti metallurgici
1		Y (1)
1		Y (2)
1		Y (5)
2		Y (3)
2		Y (4)
2		Y (5)

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

■ ORIENTAMENTI

Orientamento Materiali metallici e metallurgia

		Titolo
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

		Titolo
Y (1)	01CQT	Tecnologia dei dispositivi (r) *
Y (1)	01BYI	Processi tecnologici (r) *
Y (2)	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
Y (3)	E1445	Dispositivi elettronici II/Elettronica dello stato solido (i)
Y (4)	EA560	Fotonica °
Y (5)		Vedi Tabella A o B

Orientamento Materiali ceramici e polimerici

		Titolo
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)	01AXE	Fisica delle superfici (r) *
Y (5)		Vedi Tabella A o B

Orientamento Materiali per l'industria cartaria (1)

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

Tabella A (1° semestre)

	Titolo
E4780	Siderurgia
E3265	Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
01CQT	Tecnologia dei dispositivi (r) *
01BYI	Processi tecnologici (r) *
E0440	Biomateriali
EA720	Complementi di struttura della materia

(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.

° Per l'a.a. 2000/2001 il corso non viene attivato e può essere sostituito dai corsi 01CCC Proprietà e problematiche d'uso dei materiali (r) * e 01AWH Fasi cristalline e caratterizzazione dei materiali (r) * oppure dai corsi E5404 Superconduttività (r) e 01AXE Fisica delle superfici (r) *.

(i) Corso integrato

(r) Corso ridotto

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

Tabella B (2° semestre)

	Titolo
01CCG	Proprietà strutturali, elettroniche e fononiche dei materiali (r) *
01AGZ	Caratterizzazione di materiali per tecnologie avanzate (r) *
E3880	Optica
E4370	Proprietà termofisiche dei materiali
E1445	Dispositivi elettronici II/ Elettronica dello stato solido (i)
E0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici
E5404	Superconduttività (r)
01AXE	Fisica delle superfici (r) *
01CCC	Proprietà e problematiche d'uso dei materiali (r) *
01AWH	Fasi cristalline e caratterizzazione dei materiali (r) *
EA560	Fotonica
E5710	Tecnologie metallurgiche
E4682	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II

Oltre ai piani congruenti con i piani consigliati precedentemente esposti saranno automaticamente approvati i piani di studio in cui sia comunque esplicita la scelta di uno degli orientamenti:

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

e che comprendano complessivamente almeno 29 annualità.

Sono obbligatorie le seguenti 20 annualità:

Al primo anno

P. D.		Titolo
1	E0231	Analisi matematica I
1	E0620	Chimica
2	E2300	Geometria
2	E1901	Fisica generale I

Al secondo anno

1	01CGI	Serie di funzioni (r) *
1	01AGH	Calcolo in più variabili (r) *
1	01ATC	Elettromagnetismo (r) *
1	01AWM	Fenomeni ondulatori (r) *
1	E1790	Elettrotecnica
2	E5340	Struttura della materia
2	01ACJ	Analisi matematica III (r) *

Entro il quarto anno

1	E4590	Scienza dei materiali
1	E4600	Scienza delle costruzioni
1	EA410	Elettronica
1	E4630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici
2	E2170	Fondamenti di informatica

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

2	01AGI	Calcolo numerico (r) *
2	EA240	Fondamenti di meccanica teorica e applicata
2	E4681	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici I
2	E2060	Fisica tecnica
2	01BOI	Materiali e dispositivi elettronici passivi I (r) *
2	01APL	Dispositivi e tecnologie per la microelettronica (r) *
2	E3180	Materiali metallici
2	E3670	Misure elettroniche

È obbligatorio l'inserimento del corso di

1	E3110	Macchine
---	--------------	----------

con in alternativa, per i soli studenti dell'orientamento Materiali per l'elettronica e optoelettronica, i corsi di

1	01CQT	Tecnologia dei dispositivi (r) *
1	01BYI	Processi tecnologici (r) *

È altresì obbligatorio l'inserimento di

2	E1435	Disegno tecnico industriale/Costruzione di macchine (i)
---	--------------	---

con, in alternativa, un altro corso di Costruzione di macchine o, per i soli studenti dell'orientamento Materiali per l'elettronica e l'optoelettronica, il corso di

2	E1445	Dispositivi elettronici II/Elettronica dello stato solido (i)
---	--------------	---

È obbligatorio l'inserimento di un corso di economia a scelta tra:

1	E1530	Economia e organizzazione aziendale
2	R1460	Economia applicata all'ingegneria
2	M1560	Economia politica

3 corsi sono a scelta tra quelli offerti nell'orientamento (escluso Y5), di cui uno deve essere

2	E4640	Scienza e tecnologia dei materiali compositi
---	--------------	--

Infine, una annualità è da scegliersi nelle tabelle A e B

Tabella A (1° semestre)

	Titolo
E4780	Siderurgia
E3265	Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
01CQT	Tecnologia dei dispositivi (r) *
01BYI	Processi tecnologici (r) *
E0440	Biomateriali
EA720	Complementi di struttura della materia

Tabella B (2° semestre)

	Titolo
01CCG	Proprietà strutturali, elettroniche e foniche dei materiali (r) *
01AGZ	Caratterizzazione di materiali per tecnologie avanzate (r) *
E3880	Optica
E4370	Proprietà termofisiche dei materiali
E1445	Dispositivi elettronici II/Elettronica dello stato solido (i)
E0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici

Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

E5404	Superconduttività (r)
01AXE	Fisica delle superfici (r) *
01CCC	Proprietà e problematiche d'uso dei materiali (r) *
01AWH	Fasi cristalline e caratterizzazione dei materiali (r) *
EA560	Fotonica
E5710	Tecnologie metallurgiche
E4682	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II

Il completamento delle 29 annualità deve essere effettuato utilizzando corsi delle tabelle C e D.

Tabella C (1° semestre)

	Titolo
B0050	Aerodinamica
B2140	Fluidodinamica sperimentale
B3960	Principi di aeroelasticità
B5330	Strutture aeronautiche
C0622	Chimica II
CA400	Elettrochimica applicata
C1700	Elettrometallurgia
C2661	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
C3980	Principi di ingegneria biochimica
C4030	Processi biologici industriali
C5610	Tecnologia del petrolio e petrolchimica
C5850	Teoria dello sviluppo dei processi chimici
C5970	Termodinamica dell'ingegneria chimica
D1070	Costruzioni idrauliche
DA650	Gestione ed esercizio dei sistemi di trasporto
D2190	Fotogrammetria
D3340	Meccanica delle rocce
D4330	Progetto di strutture
D5490	Tecnica ed economia dei trasporti
DA580	Tecniche di produzione e conservazione dei materiali edili
DA530	Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio
E2730	Impianti meccanici
E3265	Meccanica dei materiali/Metallurgia meccanica (i)
E4780	Siderurgia
01CQT	Tecnologia dei dispositivi (r) *
01BYI	Processi tecnologici (r) *
01CZX	Circuiti a parametri distribuiti (tlc) (r) *
01BEH	Guide d'onda metalliche e dielettriche (r) *
GA480	Riabilitazione strutturale
G1110	Costruzioni in zona sismica
G2400	Gestione del processo edilizio
G5360	Strutture prefabbricate
H1060	Costruzioni elettromeccaniche
H2780	Impianti per la cogenerazione e il risparmio energetico
H5450	Tecnica della sicurezza elettrica
01AVC	Equazioni alle derivate parziali (r) *

Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

01ACD	Analisi funzionale lineare (r) *
01AJQ	Componenti per ottica integrata (r) *
01CBW	Propagazione di fasci ottici (r) *
01BTI	Modelli matematici A (r) *
01BTJ	Modelli matematici B (r) *
01BKU	Laboratorio di fisica matematica (r) *
01BPR	Meccanica quantistica A (r) *
01BPS	Meccanica quantistica B (r) *
01CGG	Sensori ottici (r) *
01CGH	Sensoristica classica (r) *
01CTB	Telerilevamento e diagnostica ambientale (r) *
01CTE	Telerilevamento: fondamenti teorici (r) *
01CTQ	Teoria dei segnali a tempo continuo (eln) (r) *
01CTV	Teoria dei segnali numerici (eln) (r) *
01ANA	Descrizione dei sistemi (r) *
01CCF	Proprietà strutturali di sistemi (r) *
M1380	Disegno assistito dal calcolatore
M5020	Sistemi integrati di produzione
01CUD	Teoria dell'automazione industriale (r) *
01AEY	Aspetti applicativi e sviluppo di casi (r) *
01ATL	Elettronica dei sistemi di acquisizione dei dati (r) *
01ATM	Elettronica dei sistemi di interconnessione (r) *
02AAX	Algoritmi e strutture dati (r) *
02CBK	Programmazione avanzata in C (r) *
01ABU	Analisi dell'immagine (r) *
01CHE	Sintesi dell'immagine (r) *
01BTS	Modelli stocastici, identificazione ed applicazioni (r) *
01CUP	Teoria e metodi dell'approssimazione e del filtraggio (r) *
01AYN	Flusso su reti e elementi di programmazione intera (r) *
01CBU	Programmazione lineare e allocazione di risorse (r) *
P0350	Automazione a fluido
P0920	Costruzione di autoveicoli
P1165	Criogenia/Tecnica del freddo (i)
P2460	Gestione industriale della qualità
P3100	Logistica industriale
P3230	Meccanica dei fluidi
P3360	Meccanica delle vibrazioni
P3540	Metrologia generale meccanica
P3710	Misure termiche e regolazioni
P4020	Principi e metodologie della progettazione meccanica
P4090	Produzione assistita dal calcolatore
P4180	Progettazione di sistemi di trasporto
P5410	Tecnica del controllo ambientale
Q2775	Impianti nucleari/Ingegneria dei reattori nucleari a fusione (i)
Q3390	Meccanica statistica
Q4410	Protezione e sicurezza negli impianti nucleari
R0820	Consolidamento dei terreni

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

RA380	Ecologia applicata
R7070	Economia ed estimo ambientale
RA420	Fondamenti di geotecnica
R2490	Idraulica
R2900	Ingegneria degli acquiferi
R8150	Ingegneria sanitaria ambientale
R3090	Localizzazione dei sistemi energetici
R4000	Principi di ingegneria chimica ambientale
R4470	Recupero delle materie prime secondarie
RA215	Sicurezza del lavoro e difesa ambientale/Sicurezza e analisi di rischio (i)
R5000	Sistemi energetici
W1772	Caratteri distrib. degli edifici / Teoria della ricerca architett. contemp. (i) (r)
W2094	Storia dell'architettura contemporanea
W3732	Teoria e storia del restauro / Restauro architettonico (r)
W5701	Cultura tecnologica della progett. / Materiali e progett. di elem. costruttivi (i)
W7722	Valutazione economica dei progetti (r)

Tabella D (2° semestre)

	Titolo
B0090	Aeroelasticità applicata
B2220	Gasdinamica
C0661	Chimica industriale I
C2590	Impianti biochimici
C2601	Impianti chimici I
CA450	Impianti dell'industria alimentare
C3040	Istituzioni di economia
C3420	Metallurgia
C3430	Metallurgia fisica
C4070	Processi elettrochimici
C4450	Reattori chimici
C5440	Tecnica della sicurezza ambientale
D0930	Costruzione di gallerie
D2200	Fotogrammetria applicata
D2280	Geologia applicata
D2340	Geotecnica
D5150	Stabilità dei pendii
D5840	Teoria delle strutture
E0910	Corrosione e protezione dei materiali metallici
E1445	Dispositivi elettronici II / Elettronica dello stato solido
E1920	Fisica degli stati condensati
01AXE	Fisica delle superfici (r) *
E3880	Optica
E4080	Processi industriali della chimica fine
E4370	Proprietà termofisiche dei materiali
E4682	Scienza e tecnologia dei materiali polimerici II
01AGZ	Caratterizzazione di materiali per tecnologie avanzate (r) *
01CCG	Proprietà strutturali, elettroniche e fononiche dei materiali (r) *
E5404	Superconduttività (r)

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

01CCC	Proprietà e problematiche d'uso dei materiali (r) *
01AWH	Fasi cristalline e caratterizzazione dei materiali (r) *
01AGG	Calcolo delle probabilità (r) *
01BTR	Modelli probabilistici e statistici (r) *
G0560	Caratterizzazione tecnologica delle materie prime
G1860	Ergotecnica edile
G2560	Illuminotecnica
GA490	Progettazione urbanistica
G4480	Recupero e conservazione degli edifici
G5200	Storia dell'architettura
G5530	Tecniche della rappresentazione
G6022	Topografia B
H2370	Gestione dei progetti di impianto
H4980	Sistemi elettrici per l'energia
01AGG	Calcolo delle probabilità (r) *
01CXM	Trasmissioni numeriche e compressione dati (r) *
01CXL	Trasmissioni analogiche e pcm (r) *
01CYU	Analisi dei sistemi dinamici (eln) (r) *
01AZX	Fondamenti di progettazione (r) *
01ABE	Amplificazione, modulazione e rilev. Ottica (r) *
01BMB	Laser a semiconduttore (r) *
01CEL	Reti logiche A (r) *
01CEM	Reti logiche B (r) *
01AAY	Algoritmi fondamentali e loro programmazione in C (r) *
01ADU	Architettura dei microprocessori e reti di calcolatori (r) *
MA891	Analisi dei sistemi finanziari I
M1560	Economia politica
M2380	Gestione dei servizi energetici
MA255	Gestione dell'innovazione e dei progetti/Studi di fabbricazione
M2720	Impianti industriali
MA460	Metodi e modelli per il supporto alle decisioni
MA270	Nozioni giuridiche fondamentali
MA281	Programmazione e controllo della produzione I
M5175	Statistica aziendale/Marketing industriale (i)
01AZB	Fondamenti di controllo ottimo (r) *
01BNB	Localizzazione, scheduling e programmazione non lineare (r) *
P0030	Acustica applicata
P0450	Biomeccanica
P0846	Controlli automatici/Elettronica industriale (i)
P1040	Costruzioni biomeccaniche
P1530	Economia ed organizzazione aziendale
P2080	Fluidodinamica
P2820	Impianti termotecnici
P3290	Meccanica del veicolo
P3500	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici
P3850	Oleodinamica e pneumatica
P3910	Pianificazione dei trasporti

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

P3950	Plasticità e lavorazione per deformazione plastica
P6000	Termotecnica
Q4434	Radioattività (r)
Q5310	Strumentazione fisica
Q6050	Trasporto di particelle e di radiazione
R0346	Arte mineraria / Giacimenti minerali (i)
R1220	Dinamica degli inquinanti
R1460	Economia applicata all'ingegneria
R2090	Fluidodinamica ambientale
R2160	Fondamenti di chimica industriale
R2240	Geofisica applicata
R2500	Idraulica ambientale
R2910	Ingegneria degli scavi
R2920	Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi
R3080	Litologia e geologia
R3920	Pianificazione e gestione delle aree metropolitane
R4100	Produzione e trasporto degli idrocarburi
R4390	Prospezione geomineraria
R4560	Rilevamento geologico-tecnico
R5430	Tecnica della perforazione petrolifera
R5740	Telerilevamento
R6060	Trattamento dei solidi
W2712	Storia dell'architettura moderna
W4141	Statica
W6072	Fisica tecnica ambientale
W8241	Urbanistica
W8703	Analisi della città e del territorio (r)
W9721	Sociologia urbana (r)

* Trattandosi di insegnamenti afferenti alla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione lo studente deve fare riferimento anche al relativo Manifesto degli studi.

E' automaticamente approvato l'inserimento, in sostituzione di un insegnamento opzionale, di una delle sottoelencate discipline afferenti al settore delle Scienze Umane:

P. D.		Titolo
2	01DAO	Estetica A
	01DAP	Estetica B
2	01DAQ	Filosofia della scienza A
	01DAR	Filosofia della scienza B
1	01CCA	Introduzione alla filosofia (r)
1	01CJQ	Sociologia delle comunicazioni di massa A (r)
1	01CJR	Sociologia delle comunicazioni di massa B (r)
2	01DAS	Storia contemporanea A
	01DAT	Storia contemporanea B
2	01DAU	Storia della filosofia contemporanea A
	01DAV	Storia della filosofia contemporanea B
1	01CLW	Storia della tecnica A (Società ed economia) (r)
1	01CLX	Storia della tecnica B (Macchine e sistemi industriali) (r)

I corsi del secondo semestre costituiti da un corso base (A) seguito da un approfondimento tematico (B), i primi con valore di 3 crediti e i secondi con valore di 2 crediti, devono essere seguiti nella loro integrità ed equivalgono ad un corso ridotto. Inoltre tutti i corsi indicati con la lettera B presuppongono la frequenza dei corsi indicati con la lettera A.

SEDE DI MONDOVI

Primo anno (non attivato)

P. D.		Titolo
1-2	E2170	Fondamenti di informatica (annuale)
1	E0231	Analisi matematica I
1	E0620	Chimica
2	E2300	Geometria
2	E1901	Fisica generale I

Secondo anno

P. D.		Titolo
1	E0232	Analisi matematica II
1	E1902	Fisica generale II
1	E1790	Elettrotecnica
2	E1441	Dispositivi elettronici I *
2	EA240	Fondamenti di meccanica teorica e applicata
2	E0234	Analisi matematica III (r)
2	E0514	Calcolo numerico (r)

* Mutuato da 02APL Dispositivi e tecnol. per la microelettronica + 02BOI Materiali e dispositivi elettronici passivi

■ 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 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.

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

anno: 2	Periodo: I
credito (ore sett.):	lezioni: 6 esercitazioni: 4
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 del laureando in un ambito che riguarda il calcolo differenziale e integrale in più variabili, i sistemi differenziali, e i metodi di risoluzione.

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

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: 5 ore di lezione, 2 di esercitazione).
3. Serie di Taylor e serie di potenze (durata: 3 ore di lezione, 2 di esercitazione).
4. Serie di Fourier; convergenza puntuale, puntuale e uniforme (durata: 4 ore di lezione, 1 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: 5 ore di lezione, 4 di esercitazione).

SECONDO MODULO: CALCOLO IN PIÙ VARIABILI

1. Funzioni di più variabili: concavità, calcolo differenziale, formula di Taylor, massimi e minimi liberi (durata: 7 ore di lezione, 6 di esercitazione).
2. Calcolo differenziale su curve e superfici, funzioni implicite, massimi e minimi vincolati (durata: 5 ore di lezione, 4 di esercitazione).
3. Calcolo integrale in più variabili: natura degli integrali, integrali multipli (durata: 5 ore di lezione, 4 di esercitazione).
4. Integrali su curve e superfici, integrali di linea e di Riemann, campi vettoriali, Teoremi di Green, Gauss, Stokes (durata: 5 ore di lezione, 4 di esercitazione).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

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

BIBLIOGRAFIA**TESTO DI RIFERIMENTO:**

- Bacchiotti, E. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica 2*, Levrotti & Beda, Torino 1981.
- TESTI AUSILIARI**
- Calzavara, C. Sbordone, *Esercitazioni di Matematica*, volume secondo (parte prima e seconda), Zanichelli 1991.
- Calzavara, C. Sbordone, *Esercizi di Analisi Matematica 2* (parte prima, seconda e terza) Masson 1993.

E0232 ANALISI MATEMATICA II

Anno: 2	Periodo: 1
Impegno (ore sett.)	lezione: 6 esercitazioni: 4
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.

REQUISITI

Analisi Matematica I, Geometria

PROGRAMMA

PRIMO MODULO: SERIE DI FUNZIONI

- 1) Serie numeriche, convergenza assoluta (durata: 6 ore di lezione, 3 di esercitazioni).
- 2) Topologia dello spazio euclideo n -dimensionale; successioni; spazi vettoriali normati e serie di funzioni; convergenza uniforme (durata: 8 ore di lezione, 7 di esercitazioni).
- 3) Serie di Taylor e serie di potenze (durata: 6 ore di lezione, 6 di esercitazioni).
- 4) Serie di Fourier; convergenza puntuale e uniforme (durata: 6 ore di lezione, 4 di esercitazioni).
- 5) Sistemi differenziali; sistemi di equazioni differenziali e problemi di Cauchy (durata: 4 ore di lezione, 4 di esercitazioni).
- 6) Sistemi di equazioni e sistemi lineari a coefficienti costanti (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazioni).

SECONDO MODULO: CALCOLO IN FUNZIONI

- 6) Funzioni di più variabili; "differenziale", calcolo differenziale, formula di Taylor; massimi e minimi liberi (durata: 16 ore di lezione, 6 di esercitazioni).
- 7) Calcolo differenziale su curve e superfici; funzioni implicite, massimi e minimi vincolati (durata: 8 ore di lezione, 6 di esercitazioni).
- 8) Calcolo integrale in più variabili; misure degli insiemi, integrali multipli (durata: 8 ore di lezione, 4 di esercitazioni).
- 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 esercitazioni).

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Le esercitazioni seguiranno gli argomenti delle lezioni e saranno di due tipi:
a) svolte alla lavagna dal personale docente o volte a ripetitivi tavoli dagli allievi.

BIBLIOGRAFIA

TESTO DI RIFERIMENTO:

A. Bacciotti, E. Ricci, Lezioni di Analisi Matematica 2, Lovinola/Bella, Torino 1991

TESTI AUSILIARI

F. Marchionni, C. Spunatore, Esercizioni di Matematica, volume secondo (parte prima e seconda), Ligand, 1991

S. Zito, A. Spedini, Lezioni di Analisi Matematica 2 (parte prima, seconda e terza), Massari, 1992

E0234 ANALISI MATEMATICA III (r)

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore totali) lezioni: 48 esercitazioni: 12
Docente: **Giancarlo TEPPATI**

PROGRAMMA

FUNZIONI ANALITICHE

Derivabilità, condizioni di Cauchy-Riemann, integrabilità, punto all'infinito, piano di Gauss.
Teorema di Cauchy, teorema dei residui, formula integrale di Cauchy, calcolo dei residui in singularità polari, calcolo di integrali con il metodo dei residui, Lemma del grande arco di cerchio e di Jordan.
Sviluppabilità in serie di Taylor e di Laurent.
Scomposizione in fratti semplici e calcolo dei coefficienti

TEORIA DELLE DISTRIBUZIONI TRASFORMATE DI FOURIER E DI LAPLACE

Introduzione alle distribuzioni, funzionali integrali, distribuzioni δ , δ' , treno d'impulsi.
Prodotto di convoluzione per funzioni e distribuzioni.
Trasformazione e antitrasformazione di Fourier: teorema di simmetria. Proprietà dell'integrale
Proprietà della trasformata di Fourier di funzioni.
Distribuzioni a crescita lenta e trasformata di Fourier. Proprietà ed uso delle trasformate di Fourier di distribuzioni.
Trasformata di Fourier del treno di impulsi e di funzioni periodiche. Teorema del campionamento.
Trasformata di Laplace: dominio della trasformata di Laplace di funzioni e di distribuzioni. Proprietà della trasformata di Laplace. Trasformate di Laplace notevoli. Trasformate di Laplace di distribuzioni. Trasformata di Laplace di funzioni periodiche.

BIBLIOGRAFIA

Testi consigliati:

- 1) G. Teppati, Lezioni di Analisi Matematica 3. Levrotto e Bella, Torino, 1995
- 2) G. Teppati, Esercizi svolti di Analisi Matematica 3, Levrotto e Bella, Torino, 1996
- 3) G. Teppati, Esercitazioni di Analisi Matematica III, Esculapio, Bologna, 1996

ESAME

Prova scritta, prova orale.

E0440 BIOMATERIALI

Anno: 5	Periodo: 1	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 6	esercitazioni/laboratori: 2
(ore totali)	lezioni:70	esercitazioni: 16 laboratori: 10
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: 18 laboratori: 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.

EA720 **COMPLEMENTI DI STRUTTURA DELLA MATERIA**

Anno: 5 Periodo : 1

Impegno (ore sett.) lezioni : 6

Docente: **Tullio REGGE**

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è complementare al corso di Struttura della Materia del II anno e si propone di approfondire alcuni aspetti fondamentali delle proprietà fisiche dei solidi sviluppate a livello introduttivo nel corso di Struttura della Materia.

REQUISITI

Analisi matematica I e II, Fisica I e II, Struttura della Materia

PROGRAMMA:

1. *Proprietà vibrazionali dei solidi.* Vibrazioni reticolari, diffrazione da un cristallo ideale, fononi, fenomeni anarmonici, scattering fonone-fonone.
2. *Stati elettronici nei solidi.* Aspetti generali della struttura a bande, modelli per il calcolo della struttura a bande, interazione elettrone-elettrone e proprietà elettroniche statiche nei semiconduttori, dinamica degli elettroni, scattering da impurezze, interazione elettrone-fonone.
3. *Proprietà di trasporto.* Equazione di Boltzmann, conducibilità elettrica, scattering da impurezze, mobilità dei portatori, conducibilità termica, effetti termoelettrici, effetto Hall.
4. *Proprietà ottiche dei solidi.* Teoria semiclassica, dispersione ed assorbimento, transizioni interbanda dirette e indirette, interazione con gli elettroni di conduzione.
5. *Proprietà magnetiche dei solidi.* Richiami generali e sviluppo del modello di Ising.

BIBLIOGRAFIA

Il corso è basato per la maggior parte sul testo: *Principi della teoria dei solidi* di J.M.Ziman. Altri libri per argomenti specifici trattati durante il corso verranno indicati al momento.

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 camera 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

E1435 DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE/COSTRUZIONE DI MACCHINE

Anno: 4	periodo 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 5	esercitazioni: 3
(ore totali)	lezioni: 66	esercitazioni: 38
Docenti:	Rita QUENDA (Disegno Tecnico Industriale)	
	Francesco Antonino RAFFA (Costruzione di Macchine)	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Durante le lezioni di Disegno Tecnico Industriale sono espone 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 assonometriche 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.)

BIBLIOGRAFIA

R. 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.

E1441 **DISPOSITIVI ELETTRONICI I**

Anno: 3	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni:6	esercitazioni:4
Docente:	Carlo NALDI	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il 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

Impegno (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 dei circuiti integrati ibridi a film spesso e a film sottile.

REQUISITI

Elettrotecnica e Fisica Generale II

PROGRAMMA

Cenni 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 progetto). 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 transistorore; 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: transistorore planare npn; transistorore parassita, transistori pnp. Modello di processo; transistorore 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.

REQUISITI

Dispositivi elettronici I

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di far acquisire al candidato una solida preparazione teorica e pratica in merito alle caratteristiche e alle applicazioni dei dispositivi elettronici. Il corso è articolato in due moduli. Il primo modulo tratta della fisica dei semiconduttori e dei dispositivi a semiconduttore. Il secondo modulo tratta della fisica dei dispositivi a semiconduttore e dei dispositivi a semiconduttore. Il corso è articolato in due moduli. Il primo modulo tratta della fisica dei semiconduttori e dei dispositivi a semiconduttore. Il secondo modulo tratta della fisica dei dispositivi a semiconduttore e dei dispositivi a semiconduttore.

PROGRAMMA

Il corso è articolato in due moduli. Il primo modulo tratta della fisica dei semiconduttori e dei dispositivi a semiconduttore. Il secondo modulo tratta della fisica dei dispositivi a semiconduttore e dei dispositivi a semiconduttore.

Anno: 5

Periodo: 2

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: 68

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 concentrazione 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.

ELETRONICA 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, circuitale. 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
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 monoprodotta e prezzo di vendita costante;

impresa monoprodotta 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.

EA410 ELETTRONICA

Anno: 4 periodo: 1
Impegno (ore totali) lezione: 50 esercitazione: 40 laboratorio: 12
Docente: **Maurizio ZAMBONI** (Dipartimento di Elettronica
Tel. 011 564 4079 fax 011 5644099
E-mail: ZAMBONI@POLITO.IT Ricevimento: Tutti i giorni)

MODULO 1: ELETTRONICA DI BASE

Impegno (ore totali) lezione: 22 esercitazione: 20 laboratorio: 4

REQUISITI:

Elettrotecnica di base

PROGRAMMA

- Richiami di elettrotecnica. Funzione di rete. Stabilità. Piano di Bode. Decibel. Diagrammi di Bode del modulo e della fase. Esempi di curva di risposta. Banda passante.
- Amplificatori ideali di tensione, corrente, transresistenza e transconduttanza. Cascata di doppi bipoli.
- Risposta al transitorio di reti RC. Uso dell'onda quadra per lo studio degli amplificatori.
- Introduzione ai semiconduttori. La giunzione pn. Caratteristica del diodo. Diodo Zener.
- Circuito del diodo per piccolo e grande segnale. Circuiti limitatori e formatori. Voltmetri di cresta. Raddrizzatori ad una e doppia semionda. Ponte di diodi. Regolatori con Zener.
- Comportamento termico dei dispositivi. Transistore bipolare. Funzionamento in linearità, saturazione e interdizione. SOA.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

ESERCITAZIONI

- Reti elettriche, funzioni di trasferimento
- Analisi del transitorio, risposta all'onda quadra
- Circuiti con diodi (limitatori, formatori, circuiti di protezione)
- Circuiti con diodi Zener (regolatori)

LABORATORIO

- Uso di alcune apparecchiature elettroniche (oscilloscopio, generatore di segnale, alimentatore)
- Comportamento di circuiti RC, rivelatori di cresta

MODULO 2: MICROELETTRONICA

Impegno (ore totali) lezione: 38 esercitazione: 20 laboratorio: 8

REQUISITI

Elettrotecnica di base, Elettronica di base (modulo 1)

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 Elettrotecnica

Anno: 2	Periodo: 1	
Impegno (ore totali)	lezioni: 80	esercitazioni: 40
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.

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. Dispersori. 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 sincrone. 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. O. Chua, C. A. Desoer, S. Kuh *Circuiti lineari e non lineari*, Gruppo ed. Jackson V. Daniele, R. Raglia, 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.

E1994 **FISICA DELLE SUPERFICI (r)**

Anno: 5	Periodo:2
Impegno (ore sett.)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 4
(ore totali)	lezioni, esercitazioni, laboratori: 50
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 I 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.

of solids

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.

E1902 FISICA GENERALE II

Anno: 2

Periodo: 1

Impegno (ore sett.)

lezioni: 6

esercitazioni: 2

laboratori: 2

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 strato 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 parallelepipeda. 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.

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.

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

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 piu' 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.

Vetri 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, monomodalita, 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 drogate con terre rare:

pompaggio 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.

E2740 IMPIANTI METALLURGICI

Anno: 5	Periodo: 1		
Impegno (ore totali)	lezioni: 70	esercitazioni: 40	visite ad industrie: 10
Docente:	Mario ROSSO		

UNITÀ DIDATTICA 1: INGEGNERIA INDUSTRIALE E LOGISTICA.

Impegno (ore totali) lezioni: 18 esercitazioni: 10

PROGRAMMA

Studi di fattibilità, analisi e ricerche di mercato. Fabbricati industriali e plant-layout. Caratteristiche dei fabbricati e criteri di scelta. Architettura industriale. Servizi generali e servizi ausiliari. Magazzini e modalità di immagazzinamento. Servomezzi: produzione e distribuzione dell'aria compressa, immagazzinamento e reti di distribuzione degli oli minerali, servomezzi gassosi. Impianti elettrici: normativa e schemi di distribuzione. Impianti di illuminazione: efficacia, progettazione e manutenzione. Logistica industriale, rete logistica e gestione di un sistema logistico. Tempistica ed intercorrelazione delle unità operative. Produttività e redditività degli investimenti impiantistici. Controllo qualità del processo. La manutenzione e le politiche di manutenzione, manutenzione preventiva.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Analisi e discussione di layout di impianti industriali, posizione geografica, vie di accesso, dislocazione reti di distribuzione fluidi ed energia elettrica.

UNITÀ DIDATTICA 2: TEORIA E TECNOLOGIA DEL TRASFERIMENTO DI MATERIA E DEL CALORE.

Impegno (ore totali) lezioni: 26 esercitazioni: 10

PROGRAMMA

Trasporto dei solidi, nastri trasportatori, coclee, elevatori a tazze, mezzi particolari, trasporto pneumatico e cicloni separatori. Alimentatori e chiusure di scarico. Macinazione: frantumazione, granitura e polverizzazione, frantoi e mulini. Vagliatura e tipi di vaglio. La mescolazione dei solidi e relativi impianti. Sistemi misti solido-liquido: impianti per classificazione, flottazione, decantazione, sedimentazione, filtrazione, centrifugazione. Essiccamento diretto ed indiretto, impianti di essiccamento. Sistemi di stoccaggio per solidi e fluidi. Impianti di distribuzione dei fluidi: tubazioni, giunti, raccordi, guarnizioni e valvole, loro montaggio e protezione. Trasmissione del calore, meccanismi di conduzione, convezione ed irraggiamento. Combustibili ed analisi del processo di combustione. Forni industriali: funzionamento e classificazione. Camini e tiraggio. Progettazione termotecnica. Perdite e recuperi di calore.

LABORATORI E/O ESERCITAZIONI

Progettazione di impianti di trasporto per materiali solidi e di reti di distribuzione di fluidi. Criteri di scelta di: pompe per vuoto, per liquidi e per sospensioni, ventilatori e compressori. Teoria della combustione e calcoli relativi alla combustione. Progettazione di forni.

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.

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

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 di leghe multifasi e materiali compositi a matrice metallica.

LABORATORI:

Utilizzazione di strumenti multimediali per l'approfondimento degli argomenti sviluppati ad 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 dei 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 e 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 metallici. 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 temprabilità.

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 trasformazioni di fase al riscaldamento. Determinazione delle modulo elastico e del modulo 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 (i)

Anno: 5

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni:66

esercitazioni: 28

laboratori 10

Docenti:

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}).

UNITÀ DIDATTICA 3: FATICA DEI MATERIALI E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

Impegno (ore totali) lezioni: 0 esercitazioni:10 laboratori: 4

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	Periodo 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	laboratori: 4 (ore ogni due settimane ogni squadra)
(ore totali)	lezioni: 52	laboratori: 36
Docente:	Andrea FERRERO	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso è suddiviso nei due moduli seguenti

MODULO 1: INTRODUZIONE ALLA MISURAZIONE E STRUMENTAZIONE DI BASE

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

PRESENTAZIONE DEL CORSO

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

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

Strumentazione di base

Oscilloscopio: Uso e caratteristiche principali

Voltmetri, amperometri in corrente continua ed alternata

Sistemi di misura programmabili

Sistemi di acquisizione dati

Generalità 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

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.

E4370 PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEI MATERIALI

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 4	esercitazioni/laboratori: 4
(ore totali)	lezioni: 60	esercitazioni/laboratori: 40
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 propedeutica 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 *quenches*.

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. Assorbimento.

Interazione H₂ - 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.

E4590 SCIENZA DEI MATERIALI

Anno: 3	Periodo: 1
Impegno (ore sett.) <	lezioni: 8
	(ore totali) lezioni: 100 esercitazioni: 6 laboratori: 6
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
- Diffrazione RX con risoluzioni di semplici strutture (Lab.)
- La microscopia: ottica, SEM, TEM (Lab)

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.

LABORATORIO E ESERCITAZIONI

1. Tecniche di misura della conduttività e della resistenza. Misura della conduttività e della resistenza in funzione della temperatura. Analisi del risultato.
2. Misura della conduttività col metodo della lettura prima su misura su misura e poi su misura su misura. Analisi del risultato.
3. Misura della conduttività e della resistenza in funzione della temperatura. Analisi del risultato.
4. Tecniche di misura della capacità capacitiva e della resistenza in funzione della temperatura. Analisi del risultato.
5. Tecniche di misura della capacità capacitiva e della resistenza in funzione della temperatura. Analisi del risultato.
6. Tecniche di misura della capacità capacitiva e della resistenza in funzione della temperatura. Analisi del risultato.
7. Tecniche di misura della capacità capacitiva e della resistenza in funzione della temperatura. Analisi del risultato.
8. Tecniche di misura della capacità capacitiva e della resistenza in funzione della temperatura. Analisi del risultato.

BIBLIOTECA

Appunti delle lezioni e materiale didattico fornito durante il corso.
W.D. Krause, "The Physics of Solids", McGraw-Hill, 1952.
E.M. Szwarc, "The Physics of Solids", McGraw-Hill, 1952.
Szwarc, "The Physics of Solids", McGraw-Hill, 1952.
R. Zemanek, "The Physics of Solids", McGraw-Hill, 1952.

E4590 SCIENZA DEI MATERIALI

Anno: 3	Periodo: 1		
Impegno (ore sett.)	lezioni: 8		
	(ore totali)	lezioni: 100	esercitazioni: 6 laboratori: 6
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
- Diffrazione RX con risoluzioni di semplici strutture (Lab.)
- La microscopia: ottica, SEM, TEM (Lab)

BIBLIOGRAFIA:

- W. G. Moffat, G.W. Pearsall, J. Wuiff. "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.

- PROGRAMMA:**
- Introduzione e Generalità
 - Legame atomico e proprietà macroscopiche: curve di Coulomb-Morse
 - Impacchettamento atomico: ordine a corto raggio. Poliedri di legame, il coordinazione e impacchettamento atomico. Sintassi delle strutture di impacchettamento locale
 - Strutture cristalline: sistemi cristallini e reticoli di Bravais, celle unitarie e primitive. Soluzioni solide ordinate e disordinate, superreticoli. Fattori di struttura, diffrazione a piano, funzione di struttura, fattori di impacchettamento, intensità, sistemi di estinzione. Dai reticoli alle strutture: descrizione delle strutture per le varie classi di materiali.
 - Difetti cristallini: Classificazione. Difetti zero-dimensionali (spazi interstiziali, vacanze, dislocazioni, difetti puntuali, difetti lineari, difetti superficiali, difetti volumici).
 - Soluzioni cristalline: leggi di Henry, leggi di Raoult, leggi di Vegard, leggi di Vegard e dilatazione termica. Diffusione: meccanismi e leggi che la regolano. Trattamenti di fase: diversi classi: cationi, anioni, metalli, non metalli, interdiffusione, ordine disordine. Trattamenti di non equilibrio. Cinetica delle trasformazioni, aspetti statici e curve TTT.
 - Legamenti di fase: linee. Legamenti del terzo tipo in funzione della temperatura. Solubilità completa e parziale, solubilità nei metalli, composti organici e inorganici. Regola della leva e di Gibbs. Diagrammi ternari. Sviluppo microstrutturale durante il raffreddamento lento.
 - Comportamento meccanico per le vari class di materiali. Origine del comportamento elastico. Deformazione elastica, plastica, anisotropia, viscosità. Fove meccaniche: trazione, compressione, flessione, torsione, fatica e creep. Fessure.
- LABORATORI E/O ESERCITAZIONI**
- Esercitazioni numeriche su strutture cristalline, difetti, diffusione
 - Letture dei diagrammi di fase
 - Diffrazione RX con rivelatori di semiconduttori (1 ed.)
 - La microscopia elettronica (SEM, TEM) (1 ed.)

Anno: 3

Periodo: 1

Impegno (ore totali)

lezioni:68

esercitazioni: 48

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
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. Essiccamento. 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.

MODULO 3

Impegno (ore totali) 30

Ceramici ingegneristici.

Confronto tra le caratteristiche delle varie classi di ceramiche. Ceramiche a base ossido. Vetro, fibre di vetro e vetroceramiche. Ceramiche a base carburi. Diamante policristallino. Ceramiche a base nitruro, boruri e siliciuri. Cermet ed utensili da taglio. Rinforzi ceramici (fibre, whiskers). 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 (in stampa). 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 di Scienza dei materiali ceramici e del 2° modulo di Tecnologia dei materiali ceramici ed infine esame orale sul 3° modulo sui Ceramiche 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
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 classe 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 rigidezza, 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 rigide
- Modelli micromeccanici per la resistenza e la rigidezza 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 materiaux 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: 5	esercitazioni: 26
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.

E4682 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI II

Anno: 5	Periodo: 2	
Impegno (ore sett.)	lezioni: 5	esercitazioni/laboratori: 2
(ore totali)	lezioni: 65	esercitazioni/laboratori: 26
Docente:	Aldo PRIOLA Dipartimento di scienza dei materiali e Ingegneria Chimica Tel. 5644656 - ricevimento studenti lunedì 14.30-16.30 E-Mail: Priola@fenice.polito.it	

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di approfondire le conoscenze sui materiali polimerici, con particolare riguardo ad applicazioni di tipo specialistico e in settori avanzati. Verranno esaminate le correlazioni tra le proprietà e la struttura molecolare e la morfologia di questi materiali, nonché le tecnologie di trasformazione impiegate nei diversi settori applicativi.

REQUISITI

Si richiede di avere superato l'esame di Scienza e Tecnologia dei Materiali Polimerici I

PROGRAMMA

Proprietà fisiche e termo-meccaniche dei polimeri. (12 ore).

Forze di coesione nei materiali polimerici, parametro di solubilità, metodi di calcolo.

Struttura e morfologia dei polimeri: strutture amorfe, mesomorfe e cristalline. Transizioni e rilassamenti nei polimeri. Fattori che influenzano T_g e T_f. Cristalli liquidi polimerici.

Comportamento dei polimeri a basse deformazioni: creep, rilassamento degli sforzi. Tecniche di analisi dinamo-meccanica. Proprietà viscoelastiche. Variazione delle proprietà meccaniche in funzione della temperatura e del tempo; equazione WLF.

Comportamento ad elevate deformazioni. Snervamento e frattura. Tecniche di antiurtizzazione dei polimeri.

Materiali polimerici con elevate proprietà termiche e meccaniche. (8 ore)

Esame delle strutture polimeriche aventi elevate proprietà termomeccaniche. Relazioni struttura-proprietà. Esame dei principali tecnopolimeri industriali cristallini ed amorfi: poliacetali, nylons, poliesteri, policarbonati, polifenilenossido.

Tecnopolimeri avanzati: proprietà, tecnologie di trasformazione e principali settori applicativi. Polisolfoni, poliimmidi, polifenilensolfuro, polieterchetoni.

Polimeri con alta resistenza chimica, all'ambiente e all'invecchiamento. (9 ore)

Meccanismi di degradazione termica, fotochimica e ossidativa nei polimeri. Additivi per la stabilizzazione. Combustione e ritardo alla fiamma. Additivi ritardanti di fiamma. Strutture polimeriche con elevata stabilità termica e chimica. Polimeri fluorurati: plastomeri, gomme, rivestimenti fluorurati. Polimeri siliconici: olii, gomme, resine siliconiche: tecniche di reticolazione. Elastomeri speciali.

Materiali polimerici per impiego nel campo delle vernici, dei film barriera e degli adesivi. (12 ore)

Proprietà dei polimeri per film, vernici e rivestimenti protettivi. Principali classi di polimeri per questi impieghi: resine acriliche, epossidiche, uretaniche. Tecnologie di applicazione e reticolazione. Polimeri per film barriera: permeazione di gas e di liquidi attraverso film polimerici e meccanismi di diffusione. Meccanismi di adesione dei polimeri con i diversi substrati. Adesivi reversibili e strutturali: tipi di polimeri e tecnologie d'impiego. Trattamenti superficiali sui materiali polimerici: fiamma, scarica corona, plasma.

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 esame 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 di 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 ferro-leghe. 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.

W. Nicodemi, R. Zoja, *Processi e impianti siderurgici*, Tamburini, Milano.

G. Violi, *Processi siderurgici*, ETAS Kompass, Milano.

ESAME

È previsto un solo accertamento finale tramite un colloquio orale. Il calendario viene stabilito in occasione di ogni appello in modo da favorire la massima flessibilità delle prove nel rispetto delle regole di Facoltà.

E5340 **STRUTTURA DELLA MATERIA**

Anno: 2 Periodo: 2
Impegno (ore sett.) lezioni/esercitazioni/laboratori: 8
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.*

Elettone libero, elettone 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
Docenti:	Enrica MEZZETTI / Renato GONNELLI		

PRESENTAZIONE DEL CORSO

L'obbiettivo 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 sonda 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: proprietà di trasporto, proprietà strutturali, correlazione tra le precedenti per materiali bulk e film. Verrà 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 proprietà di trasporto dalla temperatura dell'elio liquido alla temperatura ambiente, in campo magnetico dc e ac.
- C) Caratterizzazione per proprietà 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 (r)

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

LABORATORI E/O ESPERIMENTAZIONI

Le tre parti del corso - che in durata complessiva di 27/30 ore - hanno parte integrante il laboratorio. Gli esperimenti sono accompiuti da studenti di fisica e di ingegneria. La parte sperimentale del corso è articolata in tre parti: la prima, che riguarda la preparazione e la caratterizzazione dei materiali superconduttori, la seconda, che riguarda la misura delle proprietà termodinamiche e di trasporto dei superconduttori, e la terza, che riguarda la misura delle proprietà di trasporto dei superconduttori. Gli esperimenti sono accompagnati da lezioni teoriche e da discussioni con i docenti. La parte sperimentale del corso è articolata in tre parti: la prima, che riguarda la preparazione e la caratterizzazione dei materiali superconduttori, la seconda, che riguarda la misura delle proprietà termodinamiche e di trasporto dei superconduttori, e la terza, che riguarda la misura delle proprietà di trasporto dei superconduttori. Gli esperimenti sono accompagnati da lezioni teoriche e da discussioni con i docenti.

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
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 crescita 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.).

Anno: 5

Periodo: 2

Impegno (ore sett.)

lezione: 6

esercitazione:

Docenti:

F. TAIARIOL (Cselc, tel. 228.5510, e-mail fulvio.taiariol@cselc.it)**C. PAPUZZA** (Cselc, tel. 228.5477, e-mail claudio.papuzza@cselc.it)

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso di **TECNOLOGIA E MATERIALI PER ELETTRONICA II** è inserito nell'orientamento "Materiali per elettronica ed optoelettronica" nel corso di laurea in Ingegneria dei Materiali e nel corso di laurea in "Ingegneria Elettronica".

E' orientato essenzialmente allo studio delle proprietà, dei metodi di caratterizzazione più importanti, e delle problematiche d'uso dei materiali impiegati nell'industria elettronica e delle telecomunicazioni.

Il corso è suddiviso in due moduli:

- Proprietà e problematiche d'uso dei materiali (**5 crediti**);

- Fasi cristalline e caratterizzazioni dei materiali (**4 crediti**)

Il primo modulo denominato: "Proprietà e problematiche d'uso dei materiali", è orientato allo studio delle proprietà chimico fisiche e strutturali dei materiali ed alla presentazione dei problemi relativi a qualità, ambiente e sicurezza.

Nel secondo modulo denominato: "Fasi cristalline e caratterizzazioni dei materiali", oltre alla descrizione delle principali fasi, monocristallina e policristallina, vengono prese in considerazione le strutture vetrose e le eterostrutture. Vengono inoltre presentate un gran numero di tecniche di caratterizzazione dei materiali e loro applicazioni.

Le finalità che il corso completo si propone sono:

- Far acquisire allo studente una sufficiente conoscenza degli aspetti chimico-fisici che guidano la scelta dei materiali usati nell'industria elettronica e nella realizzazione di dispositivi elettronici.

- Illustrare le principali problematiche d'uso da un punto di vista funzionale di sicurezza ed ambientale.

- Fornire una panoramica significativa sulle tecniche di caratterizzazione più importanti utilizzate nel settore.

REQUISITI

Per una buona comprensione degli argomenti svolti occorre aver frequentato il corso di Tecnologia e materiali per l'elettronica I, almeno il primo modulo, e avere una buona padronanza degli argomenti svolti nei corsi di Chimica, Fisica I e II e Dispositivi elettronici.

PROGRAMMA

I MODULO: PROPRIETA' E PROBLEMATICHE D'USO DEI MATERIALI

LEGAME CHIMICO E STRUTTURA (14 ore)

Orbitali atomici, orbitali molecolare.

Teoria del legame chimico nei solidi cristallografici

Teoria delle simmetrie, gruppi punto e spazio

Piani cristallini, reticoli e strutture cristalline,

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, plasticità
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,
Proprietà non linea
Materiali diamagnetici, paramagnetici, ferro o ferrimagnetici. Proprietà di superconduzione.

PROPRIETA' DIFETTUALI (8 ore)

Classificazione e termodinamica dei difetti puntiformi
Difetti particolari, spettroscopia dei difetti punto.
Diffusione.
Richiami di teoria dell'elasticità, tipi di dislocazioni e proprietà, nascita e moto, reti di dislocazioni.
Dislocazioni di misfit, threading, stacking faults.

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

Controllo qualità 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.
Tossicità, infiammabilità, schede di sicurezza.

II MODULO: FASI CRISTALLINE E CARATTERIZZAZIONI DEI MATERIALI

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, proprietà, impiego stato vetroso, proprietà ottiche e meccaniche dei vetri, vari tipi di vetri per fibre ottiche
ETEROSTRUTTURE (4 ore)
Struttura a bande in QW, densità degli stati in strutture a dimensionalità 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)

Proprietà 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 calorimetria 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		
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 composti 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. 1 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.

Autore: Riccardo MONTANARD
Anno: 4
Crediti: 3

OGGETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di fornire una preparazione specialistica di base in materia di tutela dell'ambiente, di cui la prima parte verrà dedicata ai "fondamenti" delle competenze professionali, mentre la seconda parte di settore (inquinamento atmosferico, acustico, elettromagnetico, idrico ecc.). Un modulo specifico verrà dedicato alle discipline del rischio industriale.

PROGRAMMA

Argomenti generali, ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'Università in materia ambientale: gli avvicendamenti delle legislazioni e le fondazioni del diritto ambientale in sede comunitaria. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione, della gestione dei beni fondamentali, del "tutti inquinano paga". L'elenco delle competenze interne al Governo e al Ministero dell'Ambiente e Regioni, gli enti locali (Province, Comuni e Comuni intercomunali), gli organismi tecnico-consulenziali statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale (la pianificazione strategica, i Consumi, i supporti soggettivi e oggettivi il procedimento, criteri e prescrizioni), la procedura di condanna. Le discipline di settore: la Valutazione di Impatto Ambientale, il danno ambientale, l'inquinamento idrico e la gestione delle risorse idriche, l'inquinamento atmosferico, la gestione dei rifiuti, l'inquinamento acustico, l'inquinamento elettromagnetico, l'inquinamento idrico, prevenzione e riduzioni integrate dell'inquinamento (IPPC).

La disciplina dei rischi industriali, le direttive comunitarie, la normativa italiana (definizione, ambito di applicazione, evoluzione, contenuti, criticità).

BIBLIOGRAFIA

R. Ferrara - F. Fracchia - N. Olivetti Raschi, *Diritto dell'ambiente*, Laterza, Bari, 1999
R. Ferrara - K. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedam, Padova, 2002
Altri testi e appunti dottrinali e giurisprudenziali verranno indicati dal docente su testi specifici.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame consisterà in una verifica orale delle conoscenze acquisite, sulle tematiche di ordine generale e specifico. Nell'ambito del corso potrà essere assegnata agli studenti la redazione di elaborati scritti su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

PROGRAMMI DELLE DISCIPLINE DELLE SCIENZE UMANISTICHE

Docente:	Riccardo MONTANARO
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si propone di fornire una preparazione giuridica di base sulla normativa comunitaria e interna in materia di tutela dell'ambiente, di lotta agli inquinamenti e di rischi industriali. Una prima parte verrà dedicata ai profili istituzionali, alle fonti del diritto ambientale e all'assetto delle competenze; particolare attenzione verrà dedicata alla illustrazione, in termini generali, delle procedure pianificatorie e autorizzatorie. Seguirà una trattazione sistematica delle discipline di settore (inquinamento idrico, atmosferico, da rifiuti, elettromagnetico, luminoso). Un ambito specifico verrà dedicato alla disciplina dei rischi industriali.

PROGRAMMA

Nozioni generali: ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'intervento in materia ambientale: dal ravvicinamento delle legislazioni alla fondazione del diritto ambientale in sede comunitaria. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione, della protezione dei beni fondamentali, del "chi inquina paga". L'assetto delle competenze interne: il Governo e il Ministero dell'Ambiente; le Regioni; gli enti locali (Province, Comuni e Consorzi intercomunali); gli organismi tecnico- consultivi statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale: la pianificazione; le autorizzazioni (presupposti soggettivi e oggettivi; il procedimento; criteri e prescrizioni); le procedure di controllo. Le discipline di settore: la Valutazione di Impatto Ambientale; il danno ambientale; l'inquinamento idrico e la gestione delle risorse idriche; l'inquinamento atmosferico; la gestione dei rifiuti; l'inquinamento acustico; l'inquinamento elettromagnetico; l'inquinamento luminoso; prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie; la normativa interna (definizioni, ambito di applicazione, evoluzione, contenuto, criticità).

BIBLIOGRAFIA

R. Ferrara – F. Fracchia – N. Olivetti Rason, *Diritto dell'ambiente*, Laterza, Bari, 1999

R Ferrara – R. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedam, Padova, 2000

Altri testi e apporti dottrinari e giurisprudenziali verranno indicati dal docente su temi specifici

MODALITÀ D'ESAME

L'esame consisterà in una verifica orale delle conoscenze acquisite, sulle tematiche di ordine generale e specifico. Nell'ambito del corso potrà essere assegnata agli studenti la redazione di relazioni scritte su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

Docente:	Roberto SALIZZONI
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI 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).

Esercitazioni

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia

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

T. W. Adorno, *Teoria estetica*, Torino, Einaudi

M. Heidegger, *Saggi e discorsi*, Milano, Mursia

MODALITÀ D'ESAME

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

01DAP ESTETICA B

Docente:	Roberto SALIZZONI
Periodo:	4
N. crediti:	2

OBIETTIVI GENERALI 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

In particolare il modulo B propone sviluppi del modulo A attraverso temi e problemi più vicini alla prassi artistica ed estetica in generale

L'arte astratta e le sue interpretazioni. Museo, collezione, esposizione. Il paesaggio come problema estetico.

Esercitazioni

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia

BIBLIOGRAFIA

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; e dello stesso autore *Strade*, Torino, Bollati

MODALITÀ D'ESAME

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

BIBLIOGRAFIA

testo di riferimento

Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della storia*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996

testi di consultazione

M. Sabetti, *Marcelo Craxi*, La Nuova Italia, Firenze 1997

R. Landolfi, *Introduzione alla filosofia della storia*, La Nuova Italia, Firenze 1998

MODALITÀ D'ESAME

Esame precedente a quello della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

Docente:	Paolo Vineis
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Secondo una diffusa interpretazione la descrizione della natura avviene tramite proposizioni osservative il cui significato non cambia col mutare delle teorie; e le teorie devono il loro valore di verità alla possibilità di tradurle, secondo regole univoche di corrispondenza, in proposizioni osservative. Anche nell'etica troviamo un analogo programma consistente nel derivare decisioni certe da premesse universali associate a regole deduttive (il cosiddetto "principlismo"). Tutti e due i modelli sono entrati in crisi negli ultimi decenni. Esistono però soluzioni alternative. Comune alle proposte di soluzione è la transizione da una concezione basata su leggi univoche e universali ad una concezione più debole fondata su "fuzzy sets". Nelle scienze la teoria dei fuzzy sets si applica per esempio nella classificazione delle specie animali, o delle malattie umane: essa trae essenzialmente origine dalla idea wittgensteiniana delle classificazioni politecniche (l'appartenenza alla stessa classe non avviene sulla base di un unico criterio ma di più criteri embricati, come in una corda formata di tanti fili nessuno dei quali è lungo quanto la corda stessa). Anche in campo etico la teoria dei fuzzy sets sembra di una certa utilità: perfino principi categorici come "non uccidere" perdono la loro assolutezza in contesti particolari. La teoria dei fuzzy sets può consentire di risolvere intricati problemi etici e di tener conto del contesto nel formulare un giudizio etico.

PROGRAMMA

L'etica ambientale: le diverse correnti contemporanee. Il paradigma di Georgetown. La tradizione americana e quella europea. Le difficoltà della teoria etica in rapporto con l'evoluzione delle tecnologie. Esempi: la riproduzione assistita, i cibi geneticamente modificati, i tests genetici. Il concetto di fuzzy set applicato alle scienze. Teoria della classificazione. Il concetto di fuzzy set applicato all'etica.

BIBLIOGRAFIA

- S. Bartolommei: *Etica e natura*. Laterza, 1995
P. Dworkin: *Il dominio della vita*. Edizioni di Comunità, 1994
P. Vineis: *Nel crepuscolo della probabilità*. Einaudi Editore, 1999
Mark Johnson: *Moral Imagination*. University Chicago Press, 1993

MODALITÀ D'ESAME

Si baserà sulla discussione di un caso presentato dallo studente.

01DAQ **FILOSOFIA DELLA MENTE A (MENTE, CERVELLO E COMPUTER)**

Docente:	Alberto VOLTOLINI
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione 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. Attraverso l'analisi di queste prospettive, 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. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

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').

BIBLIOGRAFIA

testo di riferimento:

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.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

Docente:	Alberto VOLTOLINI
Periodo:	4
N. crediti:	2

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione 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 fornisce la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di queste prospettive, 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. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

PROGRAMMA

- Il rapporto mente-corpo: sono gli stati mentali causalmente efficaci?
- Il carattere qualitativo del mentale: che cos'è per uno stato mentale l'apparire al suo soggetto come dotato di certe qualità soggettive?
- 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.
- La questione della 'naturalizzazione dell'intenzionalità': il vertere di uno stato mentale su un certo oggetto è una proprietà che appartiene all'ordine naturale del mondo?

BIBLIOGRAFIA

testo di riferimento:

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.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

01DAY **FILOSOFIA E SCIENZA DEL NOVECENTO**

Docente:	Franca D'AGOSTINI
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Obiiettivo del corso è fornire un'immagine chiara e sintetica della situazione della filosofia nel secolo appena trascorso, utilizzando il filo conduttore dei rapporti tra filosofia e scienza. In particolare, sono distinte tre linee orientative nello sviluppo del pensiero del Novecento: a) una filosofia scientifica, ossia rigorosa e orientata al dialogo con la scienza; b) una filosofia che si presenta come alternativa alla scienza e che ritiene di essere in grado di criticare la razionalità scientifica; c) una scienza tendente a ereditare le domande fondamentali della filosofia (ad esempio quali la sociologia, la biologia o la psicoanalisi, che tendono a presentarsi come equivalente moderno di quel che era la filosofia nell'Ottocento).

Il corso intende fornire, di ciascuna delle tre impostazioni, alcuni esempi particolarmente indicativi per comprendere i problemi, le condizioni e le opportunità dei rapporti attuali tra filosofia e scienza.

PROGRAMMA

- Due filosofi-scienziati: Freud e Frege (premessa: la filosofia e le scienze del pensiero nei primi anni del Novecento)
- Neopositivismo e filosofia analitica (premessa: l'uso della logica formale in filosofia negli anni trenta-cinquanta)
- Esistenzialismo ed ermeneutica (premessa: la filosofia e il problema dell'essere)

MODALITÀ D'ESAME

Si prevedono esercitazioni orali di commento ai testi e di analisi dei problemi.

BIBLIOGRAFIA

Testo d'esame:

F. D'Agostini, *Breve storia della filosofia nel Novecento. L'anomalia paradigmatica*, Einaudi, Torino 1999, capp.: 2, 3, 7, 8, 9, 11

Un testo a scelta tra i seguenti:

G. Frege, "Il pensiero", in *Ricerche logiche*, Guerini, Milano;

S. Freud, un breve testo a scelta da concordare;

R. Carnap, Introduzione a *La costruzione scientifica del mondo*, Utet, Torino;

R. Carnap, "Oltrepassamento della metafisica", in A. Pasquinelli, *Il neoempirismo*, Utet, Torino;

K. Mulligan, "Metaphysique et ontologie", in P. Engel, *Précis de philosophie analytique*, P. U. F.

M. Heidegger, Introduzione a *Essere e tempo*, Longanesi, Milano.

MODALITÀ D'ESAME

Per sostenere l'esame, il candidato dovrà aver partecipato alle esercitazioni scritte e orali svolte durante il corso. L'esame finale prevede una prova orale articolata in due parti: nella prima il candidato dovrà dimostrare la conoscenza dei testi previsti; nella seconda dovrà illustrare documentatamente e criticamente le ragioni di ciascuna delle tre impostazioni studiate (questa seconda parte della prova può essere sostituita con una relazione scritta).

01CCA INTRODUZIONE AL PENSIERO CONTEMPORANEO

Docente:	Marilena ANDRONICO
Periodo:	1
N. crediti:	5

PRESENTAZIONE DEL CORSO

Il corso si propone di presentare, ad un livello elementare, concetti, metodi, ed esempi della ricerca filosofica classica e attuale, in vari campi (metafisica, epistemologia, filosofia della mente, filosofia morale, filosofia del linguaggio, filosofia politica). 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

Che cos'è la filosofia? Alcune concezioni della filosofia in: Aristotele, Stoicismo, Locke, Cartesio, Hegel, Wittgenstein; la distinzione tra filosofia analitica e filosofia continentale

La conoscenza del mondo esterno e il punto di vista scettico

La conoscenza scientifica (concezione ingenua della scienza – induzione – falsificazionismo)

Verità: definizioni di verità e criteri di verità; corrispondenza e coerenza, giustificazione, verifica; realismo e antirealismo

Linguaggio e significato (la teoria di Frege – la teoria di Kripke – le idee di Wittgenstein)

Il problema mente-corpo (dualismo - riduzionismo - funzionalismo)

L'esistenza di Dio (argomenti per l'esistenza di Dio; Dio e il male)

Libero arbitrio e determinismo

Giusto e sbagliato in senso morale (ci sono argomenti per l'altruismo? I principi e i valori morali sono universali?).

Giustizia, uguaglianza e libertà: nozioni di filosofia politica.

BIBLIOGRAFIA

N. Warburton, Il primo libro di filosofia, Einaudi, Torino 1999 e T. Nagel, Una brevissima introduzione alla filosofia, Il Saggiatore, Milano 1989, saranno i testi base.

Saranno inoltre usati parti di: r. popkin, a. stroll, filosofia per tutti, il saggiatore, milano 1997; a.f. chalmers, che cos'è questa scienza? - la sua natura e i suoi metodi, il mulino, bologna 1992; a.c. grayling, an introduction to philosophical logic, the harvest press, sussex, 1982.

ESAME

L'esame prevederà la presentazione di una relazione scritta su un testo filosofico concordato col docente, e un compito scritto finale.

Docente:	Chiara OTTAVIANO
Periodo:	1
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI 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.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

Docente:	Chiara OTTAVIANO
Periodo:	2
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI 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 aspetti 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.

PREREQUISITI

Aver superato l'esame del Modulo di Sociologia delle comunicazioni di massa A

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

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

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.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

01DAS STORIA CONTEMPORANEA A

Docente:	Gian Carlo JOCTEAU
Periodo:	4
Crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI 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

MODALITÀ D'ESAME

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

- Alcuni maestri di L'Occidente, la produzione del bene e gli strumenti economici (mercato, diacque, borse, alcuni paesi del continente del mondo) e le voci in-gene-ogico-antropologiche nel più importanti dizionari del vocabolario e il concetto europeo.
- Il ruolo dell'innovazione nella rivoluzione industriale e nella relazione-scienza-tecnica.
- Banca e prima industria del pianificare: i privilegi reali. L'Accademia delle Scienze di Torino, Cantile, Cavour e Carlo Felice.
- L'innovazione messa in mostra: le grandi esposizioni del XIX secolo.
- I grandi mutamenti dell'ottocento e del novecento: il caso americano.
- L'innovazione in guerra: le fabbriche, le industrie, la scienza tecnologica nelle due guerre mondiali.
- L'innovazione e la religione: il rapporto tra la cultura e il rinascente dal rinascimento ad oggi.
- Le innovazioni nella cultura: alcuni casi di innovazioni e ricerca.
- Innovazioni ed industria nel dopoguerra.
- Letture e commento di testi fondamentali per la cultura e affrontate nella relazione orale come a titolo di esempio, alcuni passi delle opere di Schumpeter, il privilegio dell'educazione e il Capitale di Marx.

Docente:	Gian Carlo JOCTEAU
Periodo:	4
Crediti:	2

OBIETTIVI GENERALI 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

Approfondimenti del Modulo A; in particolare su:

Nazione e nazionalismo

Persistenza ai mutamenti nell'Europa fra Otto e Novecento

Lo sviluppo economico italiano

BIBLIOGRAFIA

F. Tuccari, *La nazione*, Laterza, Bari, 2000

C. Geertz, *Mondo globale, mondi locali*, Il Mulino, Bologna, 1999

A.J.Mayer, *Il potere dell'ancien régime fino alla prima guerra mondiale*, Roma-Bari, Laterza, 1982

I.Cafagna, *Dualismo e sviluppo nella storia d'Italia*, Marsilio, Venezia, 1989

G.Tomolo, *Storia economica dell'Italia liberale, 1850-1918*. Il Mulino, Bologna, 1988

MODALITÀ D'ESAME

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

BIBLIOGRAFIA

C. Geertz, *Mondo globale, mondi locali*, Il Mulino, Bologna, 1999

A.J.Mayer, *Il potere dell'ancien régime fino alla prima guerra mondiale*, Roma-Bari, Laterza, 1982

I.Cafagna, *Dualismo e sviluppo nella storia d'Italia*, Marsilio, Venezia, 1989

G.Tomolo, *Storia economica dell'Italia liberale, 1850-1918*. Il Mulino, Bologna, 1988

MODALITÀ D'ESAME

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

Docente:	Luisa DOLZA
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende fornire agli studenti una riflessione sul concetto di innovazione tecnologica in una prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse metodologiche e dal significato storico, economico e sociale della parola stessa: innovazione. le valenze economiche e morali, i segni e i metodi di riconoscimento dell'innovazione si sono modificati nel corso dei secoli. dal mondo antico al rinascimento l'innovazione non è solo cambiamento, e sul significato di "nuovo" e "utile" si soffermano tecnologi, scienziati, studiosi e politici anche prima della rivoluzione industriale. da questo momento chiave per la storia della tecnica e dell'innovazione, cambierà l'ampiezza e l'importanza del dibattito, ma i temi rimarranno pressoché invariati. il corso, articolato su alcuni momenti fondamentali o altamente significativi per l'innovazione tecnologica, prende in esame in parallelo i momenti della storia dell'economia e del pensiero scientifico che hanno modificato o arricchito il significato di innovazione.

PROGRAMMA:

La storia dell'innovazione tecnologica nel mondo moderno e contemporaneo:

- Presentazione del corso: introduzione metodologica e presentazione dei testi di riferimento.
- Il concetto di *innovazione*: lessico, storia ed economia.
- *L'innovazione* del rinascimento: da leonardo da vinci agli ingegneri del cinquecento.
- Il seicento e *l'innovazione*: l'importanza dei gesuiti e le grandi opere idrauliche.
- I bisogni delle corti e *l'innovazione* nelle prime accademie tecnico scientifiche: gli accademici meccanici e i privilegi reali.
- Lettura e commento di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Cfr. Alcuni manoscritti di Leonardo, la prefazione del *Teatro degli strumenti meccanici e matematici* di Jacques Besson, alcuni passi del *Trattato dell'ingegno* di tesio, le voci in-genio-engine-innovazione nei più importanti dizionari del cinquecento e seicento europeo.
- Il ruolo dell'*innovazione* nella rivoluzione industriale inglese: la relazione scienza-tecnica.
- Politica e proto-industria nel piemonte preunitario: i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Torino, Camillo Cavour e Carlo Ignazio Giulio.
- *L'innovazione* messa in mostra: le grandi esposizioni dell'ottocento.
- I grandi innovatori dell'ottocento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- *L'innovazione* e la guerra: le fabbriche, le donne e la ricerca tecnologica nelle due guerre mondiali.
- *L'innovazione* e la religione: il rapporto con le religioni monoteiste dal rinascimento ad oggi.
- Le *innovazioni* fallite: alcuni casi di innovazioni mancate.
- *Innovazione* ed industria nel dopoguerra italiano.
- Lettura e commento di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso come, a titolo di esempio, alcuni passi delle opere di Schumpeter, qualche pratica di privilegio dell'ottocento e il Capitale di Marx.

BIBLIOGRAFIA

I testi di base:

C.M. Cipolla, *Uomini, tecniche, economie*, (Feltrinelli), Milano 1998.

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.

N. Rosenberg, *Dentro la scatola nera*, (Il mulino), Bologna 1991.

Per ogni singola tematica saranno indicati, all'inizio del corso, una serie di riferimenti bibliografici specifici.

MODALITÀ D'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.

- La storia dell'innovazione tecnologica nel mondo moderno e contemporaneo.
- Presentazione dell'innovazione tecnologica e i suoi rapporti con l'economia.
- Il concetto di innovazione: storia ed economia.
- L'innovazione del management: da Leonardo da Vinci agli ingegneri del dopoguerra.
- Il concetto e l'innovazione: l'importanza dei geni e la grande opera tecnologica.
- I padri delle arti e l'innovazione nelle prime academie scientifiche: gli scienziati meccanici e i primi ingegneri.
- L'attesa e il momento di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Gli alcuni manoscritti di Leonardo da Vinci degli ultimi decenni e i manoscritti di Jacques Bresson, alcuni paesi del Basso Reno del periodo di testo, le voci in primo ordine vanno in: più importanti documenti del movimento e scienza europea.
- Il ruolo dell'innovazione nella rivoluzione industriale inglese: la relazione scienza-tecnica.
- *Follia e proto-industria nel Piemonte piemontese: i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Torino, Camillo Cavour e Carlo Garati Gallo.*
- L'innovazione messa in mostra: le grandi esposizioni dell'ottocento.
- I grandi innovatori dell'ottocento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- L'innovazione e la guerra: le fabbriche in donne e la ricerca tecnologica nelle due guerre mondiali.
- L'innovazione e la religione: il rapporto con le religioni monoteiste del rinascente ad oggi.
- Le innovazioni italiane: alcuni casi di innovazioni magnetiche.
- L'innovazione ed industria nel dopoguerra italiano.
- L'attesa e il momento di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso come a titolo di esempio, alcuni paesi delle opere di Schumpeter, qualche paragrafo di privilegio dell'ottocento e il Capitale di Marx.

Docente:	Alberta REBAGLIA
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso intende offrire un panorama quanto più possibile articolato del susseguirsi delle idee che -come presupposti o come conseguenze dirette- risultano essere alla base dello sviluppo tecnologico e scientifico, che ha fortemente improntato il Novecento. I caratteri dell'impresa scientifica contemporanea, tanto nei suoi aspetti 'teorici' (di elaborazione di ipotesi fisiche e di modelli matematici) quanto in quelli 'pratici' (di sperimentazione e di ricerca di laboratorio), sono strettamente connessi ai destini dell'industrializzazione e in generale delle applicazioni di tipo tecnologico. Nel corso verrà posto in evidenza come sia i processi di fabbricazione manifatturiera sia gli attuali sistemi di produzione integrati e globali non sono l'esito di un semplice accumularsi di saperi tecnici. Verrà sottolineato come queste stesse conoscenze di base sono il risultato dell'intrecciarsi e dello stratificarsi di sollecitazioni provenienti da un più vasto ambito di suggestioni e di influenze complessivamente culturali. Colui che svolge un'attività scientifica o tecnologica deve infatti essere pienamente consapevole di operare all'interno di tale sistema dinamico, in un orizzonte collettivo in cui strategie e finalizzazioni dei programmi di ricerca e dei piani di innovazione sono significativamente correlati, e danno luogo a sviluppi coordinati e congruenti, proprio (e soprattutto) in quanto sono collocati all'interno di un tessuto organico di idee, concetti, ragioni che nel loro insieme rappresentano il "clima" culturale di ogni specifica epoca storica.

PROGRAMMA

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- L'idea di ragione e la nascita della scienza moderna
- L'idea di progresso e il passaggio dall'ambito della tecnica a quello della tecnologia
- L'osservazione empirica nell'epoca dei laboratori scientifici e della ricerca industriale
- Possibilità e limiti della tecnoscienza come impresa collettiva.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

BIBLIOGRAFIA

G. Vattimo, *Tecnica ed esistenza. Una mappa filosofica del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997

A. Rebaglia, *Scienza e verità. Introduzione all'epistemologia del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997

Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari.

MODALITÀ D'ESAME

E' richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

BIBLIOGRAFIA

G. Vattimo, *L'umanesimo e la tecnica. La terza rivoluzione industriale*, (Bollati Boringhieri), Torino 1992.

CM Cipolla, *Uomini, acciaio, macchine*, (Boringhieri), Torino 1958

Docente:	Alberta REBAGLIA
Periodo:	4
N. crediti:	2

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Nel corso verranno analizzate le tematiche che si sono sviluppate intorno all'idea centrale di *artefatto*, avendo quale obiettivo il chiarimento delle profonde trasformazioni subite nell'ambito del pensiero del Novecento da tale concetto, e da quelli a esso correlati di *agire*, *intervenire*, *inventare*. Il rapporto tra 'prodotto artificiale' e 'fatto naturale' ha subito cambiamenti rilevanti; e altrettanto radicalmente modificato risulta essere il nesso tra *artefice* e *oggetto* del suo lavoro. Questi mutamenti saranno seguiti a partire da quanto esposto nel modulo A circa l'impostazione concettuale che è alla base della pratica artigianale e dello svolgersi dell'indagine scientifica (entrambe premesse indispensabili all'evoluzione tecnologica e industriale). Si esamineranno, quindi, le molte e significative implicazioni derivanti dai processi di produzione di serie, caratteristici della fase di industrializzazione che ha segnato l'inizio del secolo, e dal successivo sviluppo dell'automazione e degli odierni sistemi di produzione integrati, nei quali l'informaticizzazione assume un ruolo sempre più pervasivo che conduce all'affermarsi delle discipline "meccatroniche".

In quest'ultimo contesto -dove si assiste a una crescente "virtualizzazione" dei processi di apprendimento, di progettazione, di produzione, con una conseguente "smaterializzazione" dei beni e dei servizi- l'imporre dell'inedita categoria del *virtuale* sarà valutata con attenzione particolare, poiché essa eredita l'idea tradizionale di "artificiale" e la trasforma profondamente, ampliandone i confini all'ambito di una nuova concezione della "realtà": non più sostanziale, ma ricca di una concretezza nuova, dinamica, flessibile.

PROGRAMMA

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- Il concetto di artificiale nella civiltà industriale novecentesca
- La rivoluzione cibernetica e il suo impatto culturale
- Il concetto di virtuale nella odierna civiltà dell'informazione.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

BIBLIOGRAFIA

A. Rebaglia, *Artificiale e virtuale. Tematiche di filosofia della tecnologia*, Paravia Scriptorium, Torino in preparazione Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari.

MODALITÀ D'ESAME

E' richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

01CLW STORIA DELLA TECNICA A (SOCIETÀ, ECONOMIA, SCIENZA)

Docente:	Vittorio MARCHIS
Periodo:	1
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI 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 sono presi in esame i momenti salienti della storia dell'economia e del pensiero scientifico.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica B (UM028) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, come il suo seguito. Non è richiesto alcun corso propedeutico.

PROGRAMMA

La storia della tecnica nel mondo moderno e contemporaneo:

- *La storia come scienza.* Le scritture come fondamento della storia: il documento. La ricerca storica. I temi e le idee della storia. Cronologia e storia. La storia e "le storie". La rivoluzione agricola e la rivoluzione industriale.
- *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.
- *I contesti economici nella società industriale.* Le interpretazioni dei fenomeni economici. (A.Smith, D.Ricardo, K.Marx, J.Schumpeter, J.M.Keynes, G.Friedman, N.Rosenberg).
- *La macchina tra utopie e realtà.* Le utopie tecnologiche, l'idea di progresso e lo sviluppo della società industriale.

Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il primo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratorio:

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio 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.

C.M. Cipolla, *Uomini, tecniche, economie*, (Feltrinelli), Milano 1998.

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. Nacci, La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935, (Guerini e Associati), Milano 1994.

MODALITÀ D'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.

BIBLIOGRAFIA
G. Adami, L'uomo è antigato. La terza rivoluzione industriale, (Bollati Boringhieri), Torino 1991.
C.M. Cipolla, L'uomo, le macchine, le tecniche, (Einaudi), Milano 1988.

01CLX STORIA DELLA TECNICA B (L'ETÀ DELLA TECNICA: IL XX SECOLO E LO SPAZIO)

Docente:	Vittorio MARCHIS
Periodo:	2
N. crediti:	5

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Il corso vuole fornire agli studenti gli strumenti dell'indagine storica per inquadrare gli sviluppi della tecnologia e dell'industria nel XX secolo, in relazione ai contesti socioculturali in cui hanno subito la loro evoluzione.

Il corso, è composto da una prima serie di lezioni sui criteri interpretativi e valutativi dei fenomeni specifici dello sviluppo tecnologico e industriale del XX secolo a cui segue un approfondimento monografico su un particolare settore. Per l'anno accademico in corso viene presa in esame *la scienza e l'industria aerospaziale* dal 1930 sino al 1970.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica A (UM027) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, la sua premessa generale. Non è richiesto alcun corso propedeutico.

PROGRAMMA

- *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.
- *La storia della tecnica*. Una storia di contesti socioeconomici.
- *La storia della scienza e la storia del pensiero scientifico*. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La società dell'informazione.
- Le origini dell'industria missilistica.
- L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale.
- La corsa USA-URSS allo spazio.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti aerospaziali europei.

Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il secondo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratorio:

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio 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

- 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, Wernher von Braun, *(Le Scienze)*, Milano 2000.
- 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.

MODALITÀ D'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.

Il corso vuole fornire agli studenti gli strumenti dell'indagine storica per individuare in che modo la storia tecnologica e dell'industria nel XX secolo, in relazione ai contesti socio-culturali in cui hanno agito, la loro evoluzione.

Il corso è composto da una prima parte di lezioni sul criteri interpretativi e valutativi del fenomeno storico della sviluppo tecnologico industriale dal XX secolo e sul ruolo un'opinione di merito metodologico su un particolare settore. Per l'anno accademico in corso viene posta in esame la scienza e l'industria contemporanea dal 1950 sino al 1970.

Il corso è articolato in due parti: la prima parte (LUMUS) che può essere considerata un corso di base e la seconda parte (LUMUS+) che è riservata a studenti con particolari interessi e conoscenze in materia.

PROGRAMMA

- Gli inizi del XX secolo. La nascita dell'industria. Il sistema industriale e il modello fordista. I grandi sistemi tecnici: elettrico, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo per la rivoluzione informatica. La Dig Science e i Large Systems.
- La statistica storica. Una storia di contesti socio-economici.
- La storia della tecnica e la storia del pensiero scientifico. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alle società industriali contemporanee. La società dell'informazione.
- Le origini dell'industria metallurgica.
- L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale.
- La crisi USA-URSS alla guerra.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti socio-economici europei.

Modalità di svolgimento delle lezioni:
 Il corso è svolto durante il secondo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e convegni tematici da esperti.

L'esame:
 Durante il corso, gli studenti affrontano la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verrà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

BIBLIOGRAFIA

- J. R. Bergin, *La storia della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo*, (Utet), Torino 1997.
- 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. Marchisio, *Wirtschaft von Keaton*, (L.E. Scienza), Milano 2000.
- V. Marchisio (a cura di), *Storia delle scienze. Vol. V. Conoscenza scientifica e trasferimento tecnologico*, (Il Mulino), Torino 1997.

01DAZ **TECNICHE DI SCRITTURA**

Docente:	Marina BELTRAMO
Periodo:	4
N. crediti:	3

OBIETTIVI GENERALI DEL CORSO

Negli ultimi anni la scrittura ha assunto una nuova centralità nell'ambito della comunicazione sia personale sia professionale. La quantità di testi scritti che ognuno di noi deve leggere e produrre è notevolmente aumentata (si pensi ad esempio alla diffusione della posta elettronica), e sono aumentate le aspettative circa la qualità del prodotto scritto. Lo scrivere bene non è più prerogativa esclusiva di quei letterati che sanno maneggiare una lingua alta impiegando sottili artifici retorici: con l'espressione scrivere bene oggi si intende piuttosto l'abilità di comunicare i concetti in modo efficace, chiaro e accurato, producendo il tipo di testo che meglio si adatta alla situazione comunicativa. Scrivere, e scrivere bene, è un'abilità richiesta pressoché a tutti: ci si aspetta la produzione di buoni documenti scritti da chiunque svolga una professione all'interno di una struttura organizzativa anche molto semplice, o sia impegnato in compiti che implicano attività di progetto, comunicazione di dati, notizie, risultati.

Questo corso si propone di avvicinare gli studenti alla scrittura, in particolare a quella tecnico-scientifica, offrendo loro gli strumenti teorici e pratici per familiarizzare con un mezzo di comunicazione spesso sottovalutato e spesso origine di dubbi e difficoltà. Saranno presentati principi, tecniche, procedure e strumenti per ottenere un buon testo scritto che esibisca quegli aspetti di organizzazione concettuale e di accuratezza formale per i quali si possa parlare di prodotto professionale.

PROGRAMMA

La comunicazione

- Modelli
- Applicazioni
- La comunicazione orale e la comunicazione scritta

I testi

- Che cosa fa di un insieme di parole un testo?
- Tipi e generi testuali
- Testi con vincoli

Il testo come processo

- Pianificazione
- Stesura
- Revisione

I testi tecnico-scientifici: principi di technical writing

- Aspetti di pianificazione

La situazione comunicativa

Scalette standard

- Aspetti linguistici

I linguaggi settoriali

Strutture sintattiche

Elementi di coesione

- Convenzioni

Uso delle risorse tipografiche

Simboli

Illustrazioni

Il corso prevede esercitazioni con l'impiego di strumenti informatici.

BIBLIOGRAFIA

A inizio corso saranno disponibili delle dispense che costituiranno il testo di riferimento principale. Eventuali integrazioni saranno indicate durante il corso e rese disponibili in forma di fotocopia.

MODALITÀ D'ESAME

L'esame è costituito da un test sui contenuti affrontati durante il corso e da una relazione scritta.

Durante il corso, gli studenti possono sostenere alcune prove brevi, nelle quali sono chiamati ad applicare quanto discusso a lezione. Il superamento di queste sostituisce la relazione scritta conclusiva.

PROGRAMMA

La comunicazione

• Modelli

• Applicazioni

• La comunicazione orale e la comunicazione scritta

I testi

• Che cosa fa di un insieme di parole un testo?

• Tipi e generi testuali

• Testi con variabili

Il testo come processo

• Pianificazione

• Stesura

• Revisione

I testi tecnico-scientifici: tecniche di technical writing

• Aspetti di pianificazione

• La struttura comunicativa

Scienze standard

• Aspetti linguistici

I linguaggi settoriali

Strutture sintattiche

Elementi di coesione

• Connettivi

Uso delle risorse ipertestuali

Simboli

Illustrazioni

Il come prevede esercitazioni con l'impiego di strumenti informatici.