



**POLITECNICO  
DI TORINO**

SOMMARIO

Corso di laurea in Ingegneria dei Materiali

Programmi degli insegnamenti del Vecchio Ordinamento

Programmi degli insegnamenti del Nuovo Ordinamento

Programmi degli insegnamenti delle Scienze Umane

# **INGEGNERIA DEI MATERIALI**

**VECCHIO E NUOVO ORDINAMENTO**

Guida  
ai programmi  
dei corsi  
2001/2002

## IL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI

La presente guida è parte integrante del Manifesto degli Studi.

Ai fini della consultazione si consiglia l'utilizzo dell'indice alfabetico stampato al fondo del volume.

Eventuali aggiornamenti ai programmi dei corsi sono consultabili all'indirizzo: <http://didattica.polito.it/guide>

### SOMMARIO

<b>Corso di laurea in Ingegneria dei Materiali</b>	pag.	7
<b>Programmi degli insegnamenti del Vecchio Ordinamento</b>	pag.	11
<b>Programmi degli insegnamenti del Nuovo Ordinamento</b>	pag.	73
<b>Programmi degli insegnamenti delle Scienze Umane</b>	pag.	111

## ■ CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI

### *Profilo professionale*

Il corso di laurea in Ingegneria dei Materiali è sorto per consentire di soddisfare crescenti richieste provenienti dal mondo industriale e delle tecnologie avanzate, sia in ambito nazionale che internazionale. 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'analogia caratteristica ai componenti.

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

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

Nell'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 conseguirci 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.

A partire dall'anno accademico 2001/2002 il Consiglio dell'area di Formazione in Ingegneria dei Materiali ha attivato l'orientamento "Materiali Polimerici per Tecnologie Avanzate" nel quadro dell'Università Franco - Italiana che coinvolge, oltre al Politecnico di Torino, l'Università di Torino, l'Institut National Polytechnique di Grenoble, l'Université J. Fourier di Grenoble e l'Università della Savoia in Chambéry. Tutte le istituzioni partecipanti insistono su un territorio in cui l'industria delle materie plastiche è particolarmente diffusa. L'obiettivo è di proporre ad alcuni studenti, particolarmente motivati, una formazione direttamente collegata con gli sviluppi recenti nel campo dei materiali polimerici, utilizzando insegnamenti complementari nel settore dei polimeri, messi a disposizione dalle istituzioni aderenti al progetto nelle rispettive sedi. I corsi potranno svolgersi in parte al Politecnico di Torino e in parte nelle altre Università aderenti al progetto. Gli studenti usufruiranno di apposite borse di studio per la mobilità verso altre sedi. I corsi avranno come argomento la progettazione, la caratterizzazione e la messa in forma dei materiali polimerici; comprenderanno esercitazioni di laboratorio e lavoro personale, oltre che stages presso industrie del settore.

Il secondo semestre sarà interamente dedicato alla preparazione della tesi sperimentale di Laurea che sarà svolta presso laboratori universitari o industriali qualificati.

Il conseguimento della Laurea darà diritto al titolo ulteriore di Mastaire in "Materiaux Polymeres pour Technologies Avancées", che sarà conferito dall'Università Franco - Italiana.

Periodo: 1  
 Crediti: 10  
 Proponente obbligatorio:  
 Docente: Enrica VERNE

### 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 mediche, correlandone la struttura e le proprietà con i possibili campi di utilizzo.

### Prerequisiti

Chimica, Scienze dei materiali. Durante il corso verranno inoltre trattati di Biologia, soprattutto l'argomento la

### Programma

#### ASPETTI GENERALI, L'INTERAZIONE MATERIALE/SISTEMA BIOLOGICO

Storia ed evoluzione della scienza e tecnologia dei biomateriali, problemi inerenti la progettazione e l'utilizzo di dispositivi medici per applicazioni nei settori cardiocircolatorio, ortopedico, dentale, oftalmologico, oncologico, zootecnologico dei tessuti molli, organi artificiali. Definizione di Tossicità, Biocompatibilità e Biattività: loro criteri di valutazione in vivo e in vitro - L'interazione fra i materiali protesici e i tessuti biologici - La risposta del tessuto vivente all'impianto di materiali estranei.

#### PRINCIPALI CLASSI DI BIOMATERIALI E RELATIVI SETTORI DI IMPIEGO

Metalli e leghe - Polimeri - Ceramiche bioattive - Ceramici bioattivi - 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.

#### PROBLEMI DI DEGRADO DEI BIOMATERIALI. CONCLUSIONI.

Fenomeni di degradazione in ambiente biologico: meccanismi e manifestazioni cliniche dovuti a fenomeni di corrosione, riassorbimento, degradazione chimica e meccanica. Metodologie di indagine finalite allo studio del degrado biologico. Metodi e trattamenti per migliorare le prestazioni degli attuali dispositivi bioattivi. Sviluppi e prospettive. Cenni sulle normative attualmente in vigore.

### Laboratori ed esercitazioni

#### ASPETTI GENERALI, L'INTERAZIONE MATERIALE/SISTEMA BIOLOGICO

- Intervento di un esperto di Interazioni fra materiali e organismi viventi.  
 - Analisi morfologica e strutturale di superfici di reazione con materiali bioattivi  
**PRINCIPALI CLASSI DI BIOMATERIALI E RELATIVI SETTORI DI IMPIEGO**

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

## PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

### VECCHIO ORDINAMENTO

## **E0440 BIOMATERIALI**

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	<b>Enrica VERNÉ</b>

---

### **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.

### **Prerequisiti**

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

### **Programma**

#### **ASPETTI GENERALI; L'INTERAZIONE MATERIALE/SISTEMA BIOLOGICO**

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.

#### **PRINCIPALI CLASSI DI BIOMATERIALI E RELATIVI SETTORI DI IMPIEGO**

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.

#### **PROBLEMI DI DEGRADO DEI BIOMATERIALI. CONCLUSIONI.**

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**

#### **ASPETTI GENERALI; L'INTERAZIONE MATERIALE/SISTEMA BIOLOGICO**

- Intervento di un esperto di interazioni fra materiali e organismi viventi.  
- Analisi morfologica e strutturale di strati superficiali di reazione su materiali bioattivi

#### **PRINCIPALI CLASSI DI BIOMATERIALI E RELATIVI SETTORI DI IMPIEGO**

- 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.

- 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.
- PROBLEMI DI DEGRADO DEI BIOMATERIALI. CONCLUSIONI.
- 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**

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	da nominare

---

### **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.

### **Prerequisiti**

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**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>P. SPINELLI</b>

---

### **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.

### **Prerequisiti**

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

### **Programma**

Introduzione. [8 ore]

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

Termodinamica elettrochimica. [8 ore]

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

Cinetica elettrochimica. [10 ore]

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

La isopolarizzazione dei metalli. [5 ore]

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

Coppie galvaniche in CC. [6 ore]

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

La morfologia della corrosione. [12 ore]

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

Materiali ed ambiente. [5 ore]

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

Prevenzione e protezione. [6 ore]  
Inibitori di corrosione (anodici e catodici), protezione catodica, rivestimenti metallici ed organici, criteri di progettazione.  
Prove di corrosione. [5 ore]  
Prove in camere a nebbia salina, prove elettrochimiche.  
La corrosione a secco. [5 ore]  
La teoria di Wagner, esempi caratteristici di ossidazione di metalli, corrosione lato fumi di caldaie e metodi di prevenzione.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

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

### **Bibliografia**

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

## **E1435      DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE /                  COSTRUZIONE DI MACCHINE**

Periodo:	3,4
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Francesco Antonino RAFFA</b> (Costruzione di Macchine), <b>Rita QUENDA</b> (Disegno Tecnico Industriale)

---

### ***Presentazione del corso***

Il modulo di Disegno Tecnico Industriale prevede l'insegnamento delle tecniche e delle convenzioni di rappresentazione nel disegno industriale, completo delle specifiche geometriche del prodotto come richiesto dalla normativa.

Il modulo di Costruzione di Macchine si articola nelle seguenti tre parti: Resistenza statica, Calcolo matriciale delle strutture, Elementi di dinamica delle macchine.

Sono affrontati alcuni dei problemi relativi al comportamento statico e dinamico delle strutture meccaniche, con l'obiettivo di trasmettere allo studente il linguaggio e le conoscenze di base necessarie per interagire positivamente con l'area della progettazione meccanica industriale.

Il ricevimento degli studenti avviene presso gli uffici dei docenti nell'orario comunicato all'inizio del corso.

### ***Prerequisiti***

#### **DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE**

Conoscenza delle tecniche del disegno geometrico, dei metodi di proiezione: proiezioni ortogonali, proiezioni assonometriche, prospettiche.

Inoltre, per lo svolgimento delle esercitazioni CAD, è richiesta la conoscenza di base del sistema Windows.

#### **COSTRUZIONE DI MACCHINE**

Elementi di teoria dell'elasticità, teoria delle travi, vibrazioni di sistemi a un grado di libertà.

### ***Programma***

#### **DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE**

Convenzioni del disegno tecnico nella rappresentazione di elementi, indicazione delle specifiche geometriche e dimensionali dei prodotti, esame e impiego di elementi unificati nel disegno di gruppi.

#### **COSTRUZIONI DI MACCHINE**

Resistenza statica (stato delle tensioni e delle deformazioni, ipotesi di rottura, calcolo di resistenza dei dischi rotanti), Calcolo matriciale delle strutture (elementi finiti monodimensionali), Elementi di dinamica delle macchine (vibrazioni libere e forzate di sistemi a n gradi di libertà, velocità critiche flessionali degli alberi rotanti, metodi di soluzione).

### ***Laboratori e/o esercitazioni***

#### **DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE**

Le esercitazioni sono tenute parte in aula, parte presso il Laboratorio Informatico di Base; queste ultime prevedono l'uso di software CAD. Oggetto delle esercitazioni sono particolari di impiego industriale rappresentati completi di specifiche geometriche e dimensionali.

## COSTRUZIONE DI MACCHINE

Le esercitazioni sono svolte in aula e consistono nell'applicazione dei vari metodi illustrati a lezione al calcolo della resistenza statica e della risposta dinamica, libera e forzata, di semplici strutture meccaniche (soprattutto alberi).

## Bibliografia

### DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

Manuale UNI M1, Norme per il disegno tecnico, voll. I -II, 2001- Centro Estero Camere Commercio Piemontesi, Via Ventimiglia 165 -10127 Torino.

Fascicolo fotocopie di modelli per esercitazioni, a disposizione degli allievi durante le lezioni.

### COSTRUZIONE DI MACCHINE

Sono disponibili fotocopie di appunti del docente per molti degli argomenti trattati; sono inoltre fornite specifiche indicazioni bibliografiche per ciascuna delle singole parti in cui il modulo risulta articolato.

## Esame

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

# 01APL    **DISPOSITIVI E TECNOLOGIE PER LA MICROELETTRONICA (R)**

Periodo:	4
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	02BOI
Docente:	<b>Carlo NALDI, Gianluca PICCININI</b>

---

## **Presentazione del corso**

Vengono descritti i fondamentali dispositivi a semiconduttore utilizzati nella microelettronica. Il corso inizia con l'esame delle tecnologie di fabbricazione dei circuiti integrati monolitici. Successivamente vengono studiati i principali dispositivi a semiconduttore derivandone le caratteristiche elettriche, sia dall'analisi della struttura fisica del dispositivo, sia dalla comprensione dei meccanismi di funzionamento. Vengono messe in luce le relazioni tra esigenze applicative e le caratteristiche di ogni singolo dispositivo. Il corso fornisce i fondamentali indispensabili sia per i successivi corsi obbligatori di elettronica sia per gli orientamenti di materiali, dispositivi e tecnologie elettroniche.

## **Prerequisiti**

Per una buona comprensione dei contenuti del corso risulta fondamentale l'aver acquisito piena padronanza sia delle tecniche fornite dall'elettrotecnica in termini di analisi di circuiti equivalenti sia degli strumenti di elettrostatica e di propagazione forniti dagli insegnamenti di fisica.

## **Programma**

Il modulo si svolge su 36 ore di lezione in aula e di 25 di esercitazione organizzate secondo il seguente programma:

- Tecnologia dei circuiti integrati:

Tecnologia planare: fasi del processo. Crescita del monocristallo. Ossidazione, litografia, attacco chimico. Impiantazione ionica e diffusione. Processi CVD: crescita epitassiale, deposizione di polisilicio, di ossidi e di strati metallici. Cenni sulla tecnologia dell'arseniuro di gallio. Interconnessioni packaging e testing. (6+4)

- Giunzione metallo semiconduttore:

Barriera Schottky; capacità differenziale. Tecnica di misura C(V) dei profili di drogaggio; diodi Schottky e contatti ohmici. (4+4)

- Giunzione p-n:

Giunzione all'equilibrio, capacità di transizione; correnti nel diodo; diodo reale: effetto della temperatura. Tecnologie dei diodi integrati. Modello a controllo di carica. Fenomeni di rottura: effetto Zener, effetto valanga. Diodi Zener e diodi Tunnel. (6+8)

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. Tempo di commutazione, modello a controllo di carica. Effetto della resistenza distribuita di base. Breakdown a valanga e perforazione diretta. Tecnologia dei transistori integrati. Transistore Schottky. (6+4)

- MOSFET:

Diodo MIS: inversione popolazione, tensione di soglia di diodi ideali e reali. Modelli analitici del MOSFET. MOSFET ad arricchimento e svuotamento. Tecniche di controllo della tensione di soglia. Tecnologia metal gate e silicon-gate. (10+6)

Uso del simulatore SPICE (0,6).

### **Bibliografia**

Naldi, Piccinini, 'Dispositivi Elettronici', CELID, 1995.

Masera, Naldi, Piccinini, 'Introduzione all'analisi dei dispositivi elettronici', Hoepli, 1995.

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

Testi ausiliari:

R.S. Muller, T.I. Kamins, 'Dispositivi elettronici nei circuiti integrati' 2 edz. Bollati Boringhieri, Torino, 1993.

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

### **Controlli dell'apprendimento**

Nessuno.

### **Esame**

L'esame viene svolto in forma scritta con il quale si può conseguire un voto massimo di 27/30. L'esame scritto, su richiesta, viene integrato con una prova orale.

# **E1445    DISPOSITIVI ELETTRONICI II / ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO (I)**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Carlo NALDI - Giovanni GHIONE</b>

---

## **Presentazione del corso**

### **I MODULO**

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.

### **II MODULO**

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.

## **Prerequisiti**

Dispositivi elettronici I, consigliato Dispositivi Elettronici II.

## **Programma**

### **DISPOSITIVI ELETTRONICI II**

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

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]

ELETRONICA DELLO STATO SOLIDO (I)

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

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, tempovariante. Analisi speciali: analisi di rumore, analisi di sensitivity. Discretizzazione numerica di modelli idrodinamici.

## **Bibliografia**

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

Copie dei lucidi presentati a lezione vengono distribuite agli studenti.

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

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

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

## **E1530 ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE**

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>da nominare</b>

---

### **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

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Maurizio ZAMBONI</b>

---

## Prerequisiti

Elettrotecnica di base

## Programma

—ELETTRONICA DI BASE—

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

- 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.

—MICROELETTRONICA—

Impegno (ore totali) lezione: 28, esercitazione: 20, laboratorio: 8

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

—I MODULO—

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

—II MODULO—

#### 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)

### **Bibliografia**

Testo di riferimento:

- R. Jaeger, Microelettronica, McGraw-Hill 1998

Testi Ausiliari:

- T.F. Bogart, Electronic devices and circuits, Merril-Macmillan, 1993

- E. Cuniberti et al., Elettronica-Componenti e tecniche circuitali, Petrini Editore, 1993

- J. Millman - A. Grabel, Microelectronics, McGraw-Hill, 1987

### **Esame**

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

# 01AXE FISICA DELLE SUPERFICI (R)

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	01AWM
Docente:	Fausto ROSSI

---

## **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 ad esse collegati. La superficie viene presentata come una fase ben distinta della materia e ne vengono analizzate le principali proprietà chimiche, strutturali, elettroniche ed ottiche. L'obiettivo principale è di approfondire il legame fra aspetti teorici di base e vari metodi di analisi sperimentale.

## **Prerequisiti**

Struttura della Materia, Teoria dello Stato Solido

## **Programma**

- Considerazioni introduttive;
- La superficie dal punto di vista chimico;
- Forma e struttura di una superficie;
- Proprietà elettroniche di superfici ed interfacce;
- Proprietà vibrazionali di superfici ed interfacce;
- Proprietà ottiche: riflessione e rifrazione. Eccitazioni elementari: eccitoni, plasmoni, fononi di superficie;
- Applicazione al caso di eterostrutture a semiconduttore.

Sono inoltre previsti seminari, tenuti da esperti del settore, e visite guidate ad alcuni laboratori di ricerca.

## **Bibliografia**

- H. Luth, Surfaces and Interfaces physics, Springer
- A.Zangwill, Physics at surfaces, Cambridge Univ. Press.
- M. Prutton, Surfaces physics, Clarendon, Oxford.

## **Controlli dell'apprendimento**

Nessuno

## **Esame**

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

## E2060    FISICA TECNICA

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Emilio CAFARO

---

### Programma

#### TERMODINAMICA

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

##### Fondamenti della Termostatica

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

##### Fondamenti della Termodinamica in Tempo Finito

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

##### Fondamenti della Termodinamica dei Processi Irreversibili Lineari

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

#### TERMOFLUIDODINAMICA. T

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

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

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

##### Modelli di strato limite fluidodinamici e termici:

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

##### Metodo dell'analisi adimensionale:

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

##### Modelli ridotti ed analogie per i processi di scambio termico:

- transitorio di raffreddamento e/o riscaldamento di corpi tozzi;
- analogia di ReynoldsPrandtl 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 del 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.

## **EA560 FOTONICA**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
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.

### **Prerequisiti**

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 è orale.

## E2740 IMPIANTI METALLURGICI

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Mario ROSSO

---

### Programma

#### INGEGNERIA INDUSTRIALE E LOGISTICA

Studi di fattibilità, analisi e ricerche di mercato. Fabbricati industriali e plantlayout. 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.

#### TEORIA E TECNOLOGIA DEL TRASFERIMENTO DI MATERIA E DEL CALORE

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.

#### IMPIANTI DI PRODUZIONE E FORMATURA, SICUREZZA E PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

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**

### **INGEGNERIA INDUSTRIALE E LOGISTICA**

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

### **TEORIA E TECNOLOGIA DEL TRASFERIMENTO DI MATERIA E DEL CALORE**

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.

### **IMPIANTI DI PRODUZIONE E FORMATURA, SICUREZZA E PROTEZIONE DELL'AMBIENTE**

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**

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

## E3110      **MACCHINE**

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Matteo ANDRIANO</b>

### **Presentazione del corso**

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

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

### **Prerequisiti**

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

### **Programma**

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

## **Laboratori e/o esercitazioni**

Esercizi di richiamo dei concetti di termodinamica orientati alle problematiche delle macchine. Esempi di applicazione del 1° Principio alle trasformazioni di interesse.

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

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

Esercizi sulle turbine assiali e radiali, semplici e multiple.

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

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

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

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

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

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

## **Bibliografia**

### **TESTI CONSIGLIATI**

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

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

A. Beccari, Macchine, Clut, Torino, 1980

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

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

## **Esame**

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

## **01BOI MATERIALI E DISPOSITIVI ELETTRONICI PASSIVI (R)**

Periodo:	3
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	01AWM
Docente:	Carlo NALDI, Gianluca PICCININI

---

### **Presentazione del corso**

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 i principali componenti passivi e si termina il modulo con l'esame delle tecnologie dei circuiti integrati ibridi a film spesso e a film sottile. Il corso si propone inoltre di fornire gli strumenti per l'analisi dei materiali e dei dispositivi a semiconduttore (vedi il corso di Dispositivi e Tecnologie per la Microelettronica 01APL).

### **Prerequisiti**

Per una buona comprensione dei contenuti del corso risulta fondamentale l'aver acquisito piena padronanza sia delle tecniche fornite dall'elettrotecnica in termini di analisi di circuiti equivalenti sia degli strumenti di elettrostatica e di propagazione forniti dagli insegnamenti di fisica.

### **Programma**

L'impegno del modulo è in 32 ore di lezione e 20 di esercitazione. Le lezioni ed esercitazioni si svolgeranno secondo il seguente programma:

Cenni di fisica dei solidi:

Equazione di Schrödinger Effetto tunnel. Struttura cristallina, legami covalenti.

Semiconduttori IV e III-V. (7+6)

Fenomeni di trasporto:

Teoria delle bande di energia nei cristalli. Fenomeni di generazione e ricombinazione. Meccanismi della conduzione, massa efficace e fononi. Funzione distribuzione degli elettroni. Resistori reali. Tecnologia del film sottile e del film spesso. (9+6)

Materiali dielettrici:

Richiami sulle proprietà dielettriche. Materiali ferroelettronici e piezoelettrici. Isolanti inorganici: mica, quarzo, zaffiro, ceramiche. Polimeri dielettrici: polietilene, polipropilene, poliolefine, teflon e teflon 'caricato', poliammidi. Resine epossidiche.

Condensatori reali: condensatori ceramici, condensatori elettrolitici e al tantalio.

Condensatori a carta, a film plastico e a mica. Fibre ottiche. (4+0)

Tecnologia dei circuiti integrati ibridi:

Circuiti stampati. Substrati per circuiti ibridi. Circuiti a film sottile: deposizione e 'sputtering' e fotolitografia, componenti passivi. Circuiti a film spesso: serigrafia, resistori, interconnessioni 'bonding'. Circuiti integrati a microonde. (3+0)

Teoria elementare dei semiconduttori:

Semiconduttori intrinseci e semiconduttori drogati; fenomeni di diffusione. Equazione di continuità. Modello matematico dei semiconduttori. (9+8).

## Bibliografia

Naldi, Piccinini, 'Dispositivi Elettronici', CELID, 1995

Masera, Naldi, Piccinini, 'Introduzione all'analisi dei dispositivi elettronici', Hoepli, 1995.

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

## Controlli dell'apprendimento

Nessuno.

## Esame

L'esame consiste di una sola prova scritta.

## **E3180 MATERIALI METALLICI**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Bruno DEBENEDETTI, esercitatore: Giovanni MAIZZA</b>

---

### **Programma**

PRINCIPI GENERALI DI METALLURGIA E TRATTAMENTI TERMOCHIMICI

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

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 indurimentosuperficiale. Trattamento di protezione superficiale dei metalli.

PROGETTAZIONE DEI MATERIALI METALLICI E DEI PROCESSI

Impegno (ore totali) esercitazioni: 8, laboratori: 12

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.

CARATTERISTICHE ED IMPIEGO DI LEGHE FERROSE

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

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

Rame, ottoni, bronzi, bronzi speciali ed altre leghe a base di rame. Alluminio, leghe per getto 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 composti a matrice metallici. Aderenza tra lega base e materiale di rinforzo. Comportamento alle sollecitazioni. Accoppiamenti bimetallici.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

I MODULO

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.

#### II MODULO

##### 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.

#### III MODULO

##### 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)**

Periodo:	1,2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Massimo ROSSETTO, Donato FIRRAO</b>

---

### **Presentazione del corso**

Il corso si propone di fornire i concetti fondamentali e le principali applicazioni del comportamento meccanico dei materiali alle condizioni che portano alla frattura dei componenti strutturali sollecitati sia con carichi statici sia con carichi variabili. Vengono quindi affrontate le tematiche della meccanica della frattura e della fatica e sottolineati i possibili interventi progettuali sui componenti e sulla scelta dei materiali per evitare cedimenti in opera. Vengono inoltre analizzati vari metodi di controllo non distruttivo dei componenti.

### **Prerequisiti**

Conoscenze di base di Scienza delle Costruzioni e di Tecnologia dei Materiali Metallici.

### **Programma**

- Richiami sullo stato di tensione, di deformazione e sulle ipotesi di rottura, modalità di cedimento dei materiali, frattografia.
- Fattori di concentrazione delle tensioni in campo elastico e in campo plastico.
- 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 (K); tenacità alla frattura (GIc e KIc); deformazioni plastiche all'apice di una cricca, Competizione fra le modalità di cedimento.
- Prove di tenacità alla frattura secondo le normative.
- Fattori che influenzano la tenacità alla frattura; transizione duttile-fragile; tenacità alla frattura di diversi materiali anche in funzione dei trattamenti termici e delle tecnologie di produzione.
- Curve di resistenza alla propagazione di frattura (curve-R).
- Meccanica della frattura elasto-plastica, arrotondamento all'apice di una cricca: COD-CTOD e diagrammi di progetto, integrale-J.
- Cenni di meccanica della frattura in tenso-corrosione.
- Controlli non distruttivi e ricategorizzazione dei difetti.
- Approccio alla fatica con la meccanica della frattura; legge di Paris, il fenomeno del ritardo. Aspetti micro e macroscopici della fatica. Corrosione-fatica.
- 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.
- Fatica oligociclica e approcci a due stadi: Equazione di Manson Coffin.
- Fatica multiassiale: approcci classici e approcci tipo piano critico.

## Laboratori e/o esercitazioni

Esercizi svolti in aula in modo autonomo dagli studenti con l'ausilio del docente esercitatore.

Esperienze in laboratorio: Analisi di frattografie e analisi morfologica delle fratture  
Microscopia ottica e elettronica; determinazione della tenacità alla frattura (K<sub>IC</sub> e J<sub>IC</sub>); controlli non distruttivi.

## Bibliografia

M. Rossetto - Introduzione alla fatica dei materiali e dei componenti meccanici - Levrotto & Bella, Torino

Appunti forniti dai docenti

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

## Esame

L'esame consiste in una prova orale.

## **E3670 MISURE ELETTRONICHE**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Andrea FERRERO</b>

---

### **Presentazione del corso**

#### **I MODULO**

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

#### **II MODULO**

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

### **Prerequisiti**

Elettrotecnica elementare in c.c.

Introduzione alla misurazione e strumentazione di base

### **Programma**

#### **INTRODUZIONE ALLA MISURAZIONE E STRUMENTAZIONE DI BASE**

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

##### **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 la 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).

#### **STRUMENTI E METODI PER LE MISURE SUI MATERIALI**

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

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**

### **I MODULO**

#### **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

### **II MODULO**

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.

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Elio MIRALDI

---

### **Presentazione del corso**

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

### **Prerequisiti**

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

### **Programma**

#### **INTERFEROMETRIA**

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

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

#### **OLOGRAFIA E INTERFEROMETRIA OLOGRAFICA**

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

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

#### **INTERAZIONE LUCE-MATERIA**

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

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

### **Laboratori e/o esercitazioni**

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

#### **LABORATORIO**

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

## Bibliografia

Testi di riferimento:

Bruno Rossi, Ottica, Masson, 1988.

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

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

Testi ausiliari:

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

K. Iizuka, Engineering optics, Springer, 1985.

## Esame

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

## **01ELR    POLIMERI PER APPLICAZIONI SPECIALI/ DEGRADAZIONE E RICICLO DEI POLIMERI (I)**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	Scienza e Tecnologia dei Materiali Polimerici I
Docente:	<b>ALDO PRIOLA, GIULIO MALUCELLI</b>

---

### ***Presentazione del corso***

Il corso si propone di approfondire le conoscenze sui materiali polimerici, con particolare riguardo alle applicazioni di tipo specialistico e alle problematiche ambientali e di riciclo. Per la parte dedicata ai materiali speciali verranno esaminate le correlazioni tra le proprietà e la struttura e la morfologia, nonché le tecnologie di trasformazione impiegate nei diversi settori applicativi. Per la parte di riciclo e durabilità, saranno presentati i fattori che determinano il ciclo di vita dei polimeri e le tecnologie adottate per il riutilizzo e la valorizzazione dei materiali plastici post-impiego.

### ***Prerequisiti***

Conoscenze di base sulla scienza dei materiali polimerici e tecnologia di trasformazione.

### ***Programma***

- Richiamo sulle proprietà fisiche e termo-meccaniche dei polimeri. Struttura e morfologia dei polimeri: strutture amorfe, mesomorfe e cristalline. Transizioni e rilassamenti. Fattori che influenzano Tg e Tf. 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. Esame dei principali tecnopolimeri industriali cristallini ed amorfi: poliacetali, nylons, poliesteri, policarbonati, polifenilenoossido. Tecnopolimeri avanzati: proprietà, tecnologie di trasformazione e principali settori applicativi. Polisolfoni, poliimmidi, polifenilensolfuro, polieterechetoni.
- Polimeri con alta resistenza chimica, all'ambiente e all'invecchiamento. 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. 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, elettronico, ottico. 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. 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.

- Durabilità dei polimeri industriali. Meccanismi di degradazione termica, fotochimica e ossidativa nei polimeri. Additivi per la stabilizzazione. Combustione e ritardo alla fiamma. Additivi ritardanti di fiamma.

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

- Tecnologie di riciclo e valorizzazione dei rifiuti plastici. Tecniche di separazione e di miscelazione. Biodegradazione: strutture polimeriche biodegradabili. Riciclo chimico: depolimerizzazione, degradazione chimica. Riciclo energetico: trattamenti in inceneritori. Rifiuti polimerici come combustibile. Pirolisi. Riciclo meccanico, blending reattivo e compounding: applicazioni industriali. Valutazioni economiche e aspetti normativi del riciclo.

### **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 e riciclo di materie plastiche e a laboratori di ricerca in settori specialistici di impiego 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

Fondamenti di Scienza dei Polimeri Pacini ed. Pisa 1998

Appunti delle lezioni forniti dai docenti.

### **Esame**

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

## 01BYI      PROCESSI TECNOLOGICI (R)

Periodo:	1
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Claudio PAPUZZA

---

### **Presentazione del corso**

Lo scopo del corso è quello di fornire allo studente una visione sufficientemente ampia, approfondita ed aggiornata delle attuali tecnologie di realizzazione di dispositivi elettronici ed optoelettronici di maggiore impiego (in silicio e semiconduttori composti). Visione che permetta un'analisi critica dell'intero flusso tecnologico e dei singoli passi di processo richiesti nella realizzazione dei vari dispositivi.

### **Prerequisiti**

Per la comprensione e la capacità di gestire i concetti tecnologici è necessaria una buona padronanza delle nozioni di base di Fisica I e II, di Chimica generale, di Dispositivi Elettronici e di Stato Solido.

### **Programma**

Materiali: Natura e proprietà e richiami di struttura a bande dei semiconduttori. Caratterizzazioni microanalitiche tramite microscopia elettronica (SEM.) Caratterizzazioni strutturali (parametro reticolare e dislocazioni) tramite diffrazione X. Caratterizzazione elettrica (resistività) ed ottica (fotoluminescenza) del Si e dei composti III V.

Processi tecnologici Tecnologia del vuoto e delle aree a contaminazione controllata. Processi di crescita di monocristalli di Si e GaAs per la realizzazione dei substrati. Principi e tecniche di crescita di strati sottili epitassiali (MBE, VPE, MOCVD). Scelta dei materiali e tecnologie di deposizione di strati metallici tramite evaporazione o sputtering. Deposizione di strati dielettrici per sputtering e CVD. Tecniche di ossidazione del Si. Fotolitografia ottica ed elettronica. Processi di incisione a secco ed a umido. Drogaggio per diffusione termica e per impiantazione ionica.

### **Bibliografia**

S.M.Sze, 'Dispositivi a semiconduttore' Biblioteca Scientifica HOEPLI, 1991  
S. P. Muraka, M. C. Peckerar 'Electronic Science and Technology' Academic Press, Inc.  
S.M.Sze, 'VLSI TECHNOLOGY' Mc Graw Hill Book Company  
Gary E McGuire 'Semiconductor Materials and Process Technology Handbook' Noyes Publications

### **Esame**

Esame orale basato su tre domande in cui è richiesto di descrivere e commentare i vari passi tecnologici evidenziando le correlazioni e le criticità tra scelte tecniche e i risultati ottenibili.

## E4370 PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEI MATERIALI

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
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.

### **Prerequisiti**

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]

Conduktività termica elettronica.  
 Conduktività termica fononica.  
 Resistività termica intrinseca e resistività termica residua.  
 La conduktività termica dei metalli reali.

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

Conduktività 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 conduktività 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 superconduktività.  
 Superconduttori di tipo I, II e III.  
 Temperatura di transizione, resistenza elettrica, persistent current, effetto Meissner.  
 Teoria di London. Quantizzazione del flusso, gap di energia, interazione fonone – elettrone e coppie di Cooper.  
 Cenni sulla teoria BCS. Stabilità e quench.  
 Parametri ingegneristici di rilievo e relativi metodi di misura.  
 Cenni ai superconduttori HTSC. Applicazioni.

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

Classificazione e caratteristiche generali delle interazioni gas metallo. Adsorbimento fisico. Chemisorzione. Assorbimento.  
 Interazione H<sub>2</sub> – metallo. Cenni alle teorie dell'orbitale molecolare e delle bande e legami di superficie.  
 Adsorbimento di molecole ed atomi. Processi superficiali. Calori di adsorbimento.

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

Modello classico, I e II legge di Fick, Cenni alle soluzioni della seconda legge Meccanismo delle vacanze. Meccanismo interstiziale. Meccanismo a catena. Effetto Soret.  
 Solubilità, legge di Sievert, legge di Henry, influenza della temperatura, legge di Arrhenius, metodi di misura ed esempi di installazioni sperimentali.  
 Teoria del trapping. Diffusione di idrogeno, deuterio e trizio in mono cristalli di Ni e Cu. Effetto dei gas disciolti sulle caratteristiche elettriche dei metalli.

- Teoria della dilatazione termica. [4 ore]
- Coefficienti di dilatazione cubica e lineare.
- Capacità termica a pressione e a volume costante. Compressibilità isoterma ed isoentropica.
- Determinazione quantica delle proprietà termofisiche di un cristallo. Cristalli metallici e cristalli non metallici.
- Relazione di Gruneisen.
- La dilatazione termica nei solidi. [4 ore]
- Non metalli per temperature maggiori della temperatura di Debye.
- Non metalli per temperature minori della temperatura di Debye.
- Metalli per temperature maggiori della temperatura di Debye.
- Metalli per temperature maggiori della temperatura di Debye.
- Quarzo e silicati.
- Materiali compositi in fibra di carbonio.
- Cenni sull'effetto del vapor d'acqua sui materiali in fibra. [2 ore]
- Dilatazione massica lineare e cubica.
- Swelling.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

1. Tecniche di misura della conduttività e delle diffusività termica. Misura della diffusività termica col metodo flash. Analisi dei risultati. [6 ore]
  2. Tecniche di misura delle proprietà radiative superficiali. Misure spettrali della riflettività e del coefficiente di assorbimento monocromatico di superfici metalliche e di vernici. Analisi dei risultati. [6 ore]
  3. Misure della riflettività e del coefficiente di assorbimento totale direzionale di superfici metalliche e di vernici. [4 ore] Analisi dei risultati. [4 ore]
  4. Tecniche di misura delle proprietà termottiche dei materiali semitrasparenti. Misure del coefficiente di estinzione e della trasmisività di materiali porosi. Analisi dei risultati. [4 ore]
  5. Misura delle conduttività col metodo della lastra piana su materiali isolanti in regime stazionario. Analisi dei risultati. [4 ore]
  6. Teoria dei problemi inversi e stima dei parametri. Applicazione alla misura delle conduttività con metodi transitori su materiali isolanti. [6 ore]
  7. Tecniche di misura del coefficiente di dilatazione dalla temperatura ambiente a temperature criogeniche. Misure capacitive e interferometriche su campioni metallici. Analisi dei risultati. [8 ore]
  8. Tecniche di misura del capacità termiche dei materiali. [2 ore]
- Sono previste visite ai laboratori del CNR, Istituto Metrologico 'G.Colonnetti' e IEN 'Galileo Ferraris'.

### **Bibliografia**

- Appunti delle lezioni e materiale didattico fornito durante il corso.
- Testi ausiliari, per approfondimenti:
- W.Z. Kresin, S.A. Wolf, Fundamentals of superconductivity, 1982.
  - E.M. Savitskii, Superconducting materials, Plenum, 1973.
  - E.M. Sparrow, R.D. Cess, Radiation heat transfer, McGraw-Hill, 1978.
  - Sherwmon, Diffusion in solids, McGraw-Hill, 1963.
  - R.P. Tye, Thermal conductivity. Vol. I, II, Academic Press, 1979.
  - R. Zemansky, Calore e termodinamica, Zanichelli, Bologna.

## Esame

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

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

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

## **E4590      SCIENZA DEI MATERIALI**

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Francesco MARINO</b>

---

### **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 chimicofisicomeccaniche 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

### **Prerequisiti**

Chimica, Fisica I, Analisi I.

### **Programma**

- Introduzione e generalità
  - Legame atomico e proprietà macroscopiche: curve di CondonMorse
  - 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 zeromonobitridimensionali: 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 vetroso e stato amorfo, trasformazione spinodale, martensitica, ordine disordine. Trasformazioni di non equilibrio. Cinetica delle trasformazioni, aspetti statici 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. Wulff. 'Struttura e Proprietà dei Materiali' Casa Editrice Ambrosiana, Milano

J.C. Anderson, K.D. Leaver, R.D. Rawlings, J.M. Alexander: 'Materials Science', 4 h Edition, Van Nostrand Reinhold (UK)

D.R. Askeland: 'The Science and Engineering of Materials', 3 d Edition, Chapman and Hall

D.A. Porter, K.E. Easterling: 'Phase Transformations in Metals and Alloys', Van Nostrand Reinhold (UK)

J.F. Shackelford: 'Introduction to Materials Science for Engineers', 4 th Edition, Prentice Hall International.

## Esame

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

## E4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Bernardino CHIAIA (coll. Pietro CORNETTI)</b>

---

### **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.

### **Prerequisiti**

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

### **Programma**

#### 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  $(E, G, \nu)$ .

- 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.

#### 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**

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Ignazio AMATO</b>

---

### **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.

### **Prerequisiti**

È 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)  
**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.

#### **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.

#### **CERAMICI INGEGNERISTICI**

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

### **Laboratori e/o esercitazioni**

#### **SCIENZA DEI MATERIALI CERAMICI**

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

## TECNOLOGIA DEI MATERIALI CERAMICI

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

### CERAMICI INGEGNERISTICI

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, I materiali ceramici* (in stampa).

J.S. Reed, *Introduction to principles of ceramic processing*, Pergamon press ed., 1995.

I. Amato e L. Montanaro: *Monografie varie*.

### Esame

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

# E4640 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI COMPOSITI

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
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.

## **Prerequisiti**

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

## **Programma**

### TECNOLOGIA DEI MATERIALI COMPOSITI

- 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

### SCIENZA E INGEGNERIA DEI MATERIALI COMPOSITI

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

- Meccanismi di frattura e di tenacizzazione: energia, stress locali, fenomeni all'apice della cricca, curvatura e deflessione della cricca, scollamento, estrazione, "bridging-zone".
- Tenacizzazione per microdifetti, trasformazioni di fase.
- Trattazione di casi importanti di progettazione e utilizzo

### **Laboratori e/o esercitazioni**

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

### **Bibliografia**

- F.L. Matthews, R.D. Rawlings: 'Composite Materials: Engineering and Science' ed. Chapman & Hall
- R. Naslain: 'Introduction aux 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**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Roberta BONGIOVANNI</b>

---

## **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.

## **Prerequisiti**

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.

## **E4780    SIDERURGIA**

Periodo:	1
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>D. FIRRAO</b>

---

### ***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.

### ***Prerequisiti***

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

### ***Programma***

Chimica fisica dei processi siderurgici. [20 ore]

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

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

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

Classificazione e controllo di forni siderurgici.

Ghisa. [10 ore]

Preparazione del minerale. Altoforno ed impianti ausiliari. Altoforno elettrico e forni per ferroleghes. 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.

## Laboratori 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.

## E5404 SUPERCONDUTTIVITÀ (R)

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
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



## 01CQT TECNOLOGIA DEI DISPOSITIVI (R)

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Claudio PAPUZZA

---

### **Presentazione del corso**

Lo scopo del corso è quello di far acquisire allo studente i principi fisici che sottendono la funzionalità di alcuni dispositivi elettronici ed optoelettronici e le loro prestazioni in termini dei rispettivi parametri elettrici ed elettro-ottici, legando prestazioni e funzionalità alle scelte di processi realizzativi. Vengono presentati egli esempi rappresentativi di dispositivi elettronici ed optoelettronici evidenziandone le modalità realizzative.

### **Prerequisiti**

Per la comprensione e la capacità di gestire i concetti tecnologici è necessaria una buona padronanza delle nozioni di base di Fisica I e II, di Chimica generale, di Dispositivi Elettronici, di Stato Solido e dei Processi Tecnologici.

### **Programma**

Dispositivi elettronici e per la sensoristica: Principi di funzionamento e tecnologia realizzativa di Circuiti integrati CMOS e in GaAs. Dispositivi per elettronica veloce (HBT, HEMT,...). Tecniche di interconnessioni e di packaging.

Dispositivi Optoelettronici: Principi di comunicazioni con fibra ottica. Laser a semiconduttore, principi di funzionamento, tecnologia preparativa e caratterizzazioni elettro-ottiche.

Dispositivi a quantum well. Fotorivelatori PIN e APD.

Fibre ottiche e dispositivi in fibra. Processi per realizzazione di fibre ottiche e di cavi ottici. Packaging dei dispositivi optoelettronici e integrazione ottica.

Affidabilità e fisica dei guasti: Principi generali dell'affidabilità. Meccanismi fisici di degradazione su componenti elettronici a base Si e per dispositivi optoelettronici.

### **Bibliografia**

S.M.Sze, 'Dispositivi a semiconduttore' Biblioteca Scientifica HOEPLI, 1991

S. P. Muraka, M. C. Peckerar 'Electronic Materials Science and Technology' Academic Press, Inc.

S.M.Sze, 'VLSI TECHNOLOGY' Mc Graw Hill Book Company

Gary E McGuire 'Semiconductor Materials and Process Technology Handbook' Noyes Publications.

### **Esame**

Esame orale basato sull'analisi realizzativa di uno o due dispositivi elettronici ed optoelettronici in cui si evidenziano le relazioni tra le loro funzionali, prestazioni ed affidabilità e le scelte tecnologiche.

## **E5710    TECNOLOGIE METALLURGICHE**

Periodo:	2
Crediti:	10
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Mario ROSSO</b>

---

### **Programma**

#### **PROCESSI DI FORMATURA**

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

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

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

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

#### **TECNICHE DI GIUNZIONE E RIPORTI SUPERFICIALI. CRITERI DI SCELTA E ANALISI DEI COSTI**

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

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

### **Laboratori e/o esercitazioni**

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

strutturali 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.

PROGRAMMI  
DEGLI INSEGNAMENTI

NUOVO ORDINAMENTO

Primo	
Secondo	
Prerequisiti obbligatori	Matematica
Durata	da negoziare

**Descrizione del corso**

Questo ha lo scopo di introdurre gli studenti all'uso del calcolo differenziale e integrale per lo studio delle funzioni reali di una variabile reale. Si fanno le applicazioni in fisica e geometria. Si studiano le funzioni reali di una variabile reale, le funzioni continue, le funzioni differenziali, le funzioni integrali, le funzioni definite e definite integrali, le funzioni definite e definite integrali, le funzioni definite e definite integrali.

**Prerequisiti**

Logica elementare ed elementare algebra, geometria del piano, trigonometria, geometria.

**Programmi**

Funzioni e funzioni reali di variabile reale. Limiti e continuità. Derivate e integrali. Funzioni continue e serie funzioni. Formule di Taylor, approssimazioni. Funzioni definite e definite integrali. Funzioni definite e definite integrali.

**NUOVO ORDINAMENTO**

**Laboratori e/o esercitazioni**

Calcolo con Maple in aula.

**Integrale**

Integrale definito, proprietà del differenziale, teoremi di differenziale e serie integrali, integrali definiti e definite integrali.

**Controlli dell'apprendimento**

Testi di accertamento di verifica del primo semestre.

**Esame**

Scritto e orale.

# 11ACF ANALISI MATEMATICA I

Periodo:	1
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	nessuna
Docente:	da nominare

---

## **Presentazione del corso**

Il corso ha lo scopo di introdurre gli strumenti basilari del calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali di una variabile reale. Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori. Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

## **Prerequisiti**

Algebra elementare ed equazioni algebriche, sistemi lineari, trigonometria, coordinate cartesiane del piano, rette, ellissi, parabole.

## **Programma**

Numeri e funzioni reali di variabile reale. Limiti e continuità. Derivate. Teoremi sulle funzioni continue e sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor, infiniti e infinitesimi. Studi di funzione.

Integrale definito e indefinito, teorema fondamentale del calcolo.

## **Laboratori e/o esercitazioni**

Esercitazioni svolte in aula.

## **Bibliografia**

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso.

## **Controlli dell'apprendimento**

Prova di accertamento al termine del primo semestre.

## **Esame**

Scritto e orale.

## 09ACI ANALISI MATEMATICA II

Periodo:	3
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Analisi Matematica I e Istituzioni di Analisi e Geometria
Docente:	da nominare

---

### **Presentazione del corso**

Il corso ha per scopo l'introduzione dei principali strumenti del calcolo differenziale e integrale per le funzioni di più variabili reali (con particolare riferimento al caso delle funzioni di due variabili).

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori.

Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

### **Prerequisiti**

Contenuti del corso di Analisi Matematica I e di Istituzioni di Analisi e Geometria.

### **Programma**

Funzioni di più variabili, derivate parziali, derivata direzionale, gradiente, matrice jacobiana, divergenza, rotore. Estremi liberi per le funzioni di due variabili.

Integrali multipli e integrali curvilinei. Campi vettoriali conservativi.

Serie di potenze e serie di Fourier.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

Esercitazioni svolte in aula.

### **Bibliografia**

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso.

### **Controlli dell'apprendimento**

Prova di accertamento.

### **Esame**

Scritto e orale.

## 02AHV CHIMICA I

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Edoardo GARRONE

---

### **Presentazione del corso**

Il corso tratterà i concetti fondamentali della Chimica, le leggi che la governano e le conoscenze indirizzate alle applicazioni in campo ingegneristico.

### **Programma**

- LEGGI FONDAMENTALI E STRUTTURA DELL'ATOMO (10 ORE)  
Concetti fondamentali e leggi della chimica  
Modelli atomici e proprietà periodiche
- LEGAME CHIMICO (10 ORE)  
Legame ionico, covalente, dativo  
Ibridazione, risonanza  
Forze intermolecolari  
Legame metallico
- STATI DI AGGREGAZIONE DELLA MATERIA (10 ORE)  
Gas ideali, equazione di stato, teoria cinetica. Gas reali  
Liquidi, tensione di vapore  
Solidi, raggi X, equazione di Bragg, strutture cristalline
- CARATTERISTICHE DELLE REAZIONI CHIMICHE (10 ORE)  
Velocità di reazione e fattori influenzanti  
Termochimica (calore di reazione, legge di Hess)
- EQUILIBRIO CHIMICO (10 ORE)  
Legge di azione di massa, principio di Le Chatelier  
Equilibri in soluzione acquosa, pH, prodotto di solubilità, idrolisi
- CENNI DI ELETTROCHIMICA (5 ORE)  
Celle elettrolitiche e voltaiche  
Potenziali di elettrodo e legge di Nernst
- COMPOSTI E REAZIONI DEI PRINCIPALI ELEMENTI CHIMICI (5 ORE)

### **Laboratori e/o esercitazioni**

Le esercitazioni di calcolo relative agli argomenti svolti nel corso saranno tenute in aula dal docente durante le ore di lezione.

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

### **Bibliografia**

L. Calligaro, A. Mantovani, Fondamenti di Chimica per l'Ingegneria, Ed. Cortina (PD).  
Appunti forniti dal Docente.

### **Esame**

Scritto e orale.

## 01EAS CHIMICA C

Periodo: 3,4

Crediti: 5

Precedenze obbligatorie: -

Docente: Aldo PRIOLA

---

### **Presentazione del corso**

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base di Chimica Organica propedeutiche alla comprensione delle proprietà dei composti organici e in particolare dei materiali polimerici e del loro comportamento per impieghi in campo ingegneristico.

### **Programma**

La chimica del carbonio. Caratteristiche dei composti organici; tipi di legami; rottura omolitica ed eterolitica; teoria della risonanza; polarità dei legami; acidi e basi in chimica organica. Fenomeni di isomeria e stereoisomeria (Lezioni ore 6; Esercitazioni ore 4).

Gli idrocarburi, CH. Principali tipi di idrocarburi e loro nomenclatura. Proprietà chimiche e fisiche. Derivati funzionali. (Lezioni ore 6).

Principali tipi di reazioni organiche. Reazioni di sostituzione, di addizione, reazioni a catena, ioniche e radicaliche. (Lezioni ore 6; Esercitazioni ore 2).

Composti contenenti CHO. Nomenclatura, comportamento chimico e proprietà fisiche. (Lezioni ore 6).

Composti CHN e CHNO. Nomenclatura, comportamento chimico e proprietà fisiche. (Lezioni ore 3).

Proprietà dei composti organici: ottiche, colore, viscosità, tensione superficiale. (Lezioni ore 2)

Composti con caratteristiche tensioattive: principali classi di tensioattivi anionici, cationici e non ionici. Soluzioni di tensioattivi in acqua: detergenti. Interfacce e interfas. (Lezioni ore 4)

Tecniche di analisi dei composti organici. Analisi spettroscopica IR, UV-VIS, NMR. (Lezioni ore 3; Esercitazioni ore 4).

Combustibili. Reazione di combustione. Potere calorifico. Lubrificanti: struttura e proprietà (Lezioni ore 4; Esercitazioni ore 4).

Totale ore 54.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

Sono previste esercitazioni in aula relative agli argomenti svolti e esercitazioni di laboratorio sulle tecniche di identificazione dei composti organici.

### **Bibliografia**

Appunti forniti dal Docente.

A. Converti, M. Zilli, Chimica Organica: esercizi e teoria, Etas libri, Milano.

### **Esame**

Scritto e orale.

## 01AOD DIRITTO DELL'AMBIENTE

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Riccardo MONTANARO</b>

---

### **Presentazione 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.

### **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.

# 10APG DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

Periodo:	1, 2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Giovanni PODDA, Stefano TORNINCASA

---

## **Presentazione del corso**

Il linguaggio base di tutte le attività ingegneristiche è rappresentato, nella maggior parte dei casi, dal disegno che coinvolge l'ingegnere in due attività distinte: la modellazione e la comunicazione. Nell'attività di progettazione ed analisi di sistemi, processi ed impianti industriali, tipici dell'ingegneria industriale, l'ingegnere utilizza il disegno per la scelta della soluzione costruttiva, l'effettuazione dei calcoli di progetto, con le analisi tecnico-economiche comparate delle diverse soluzioni; in questo senso il disegno non si presenta solo come un'attività puramente grafica, ma come la sintesi dell'elevato patrimonio conoscitivo dell'ingegnere in un prodotto rispondente a delle specifiche funzionali, produttive ed economiche. Il modulo si propone pertanto di fornire agli allievi ingegneri le conoscenze e le metodologie necessarie alla modellazione ed alla rappresentazione grafica di elementi di macchine e loro insiemi, con particolare riferimento alla normativa nazionale ed internazionale.

Competenze attese: lo studente dovrà acquisire la capacità di rappresentare e quotare i più comuni organi di macchine, tenendo conto delle esigenze funzionali e produttive nonché di interpretare in modo univoco e corretto disegni di particolari e complessivi.

## **Prerequisiti**

Elementi essenziali di geometria euclidea piana e solida: proprietà delle rette dei triangoli, dei poligoni regolari, dei solidi, coni e cilindri. Nozioni di disegno tecnico affrontate nella Scuola media superiore, simbologia grafica, scale di rappresentazione, strumenti per il disegno, rappresentazione dei poligoni e dei solidi. Elementi di Geometria descrittiva: proiezioni ortografiche, assonometria.

## **Programma**

Introduzione al disegno tecnico

Il disegno come linguaggio grafico per la comunicazione di informazioni tecniche. Collocazione del disegno nel ciclo di vita del prodotto. Il prototipo digitale. Normazione ed unificazione nell'ambito del disegno tecnico: scale, formati dei fogli, linee e simbologia grafica.

Le proiezioni ortogonali

Le proiezione di punti, segmenti e figure piane. Le proiezioni ortografiche di solidi e loro compenetrazione. Le sezioni e relative norme di rappresentazione. Le proiezioni assonometriche.

La quotatura e la rappresentazione degli errori

La quotatura funzionale e tecnologica. La disposizione delle quote e relative normative. I sistemi di quotatura. Le tolleranze dimensionali. Il sistema di tolleranze secondo la normativa ISO. I collegamenti foro-base ed albero-base. Catene di tolleranze. Finitura superficiale, rugosità e sua indicazione a disegno. Le tolleranze geometriche. Prescrizione, scelta dei riferimenti funzionali.

Organi e collegamenti meccanici

Organi filettati: definizioni. Sistemi di filettature e relative norme di rappresentazione e quotatura. Viti, bulloni, ghiera filettate e dispositivi antisvitamento. Collegamenti albero-mozzo. Chiavette, linguette e profili scanalati. Rappresentazione di collegamenti saldati. Cuscinetti, cinghie, puleghe e ruote dentate.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

Le esercitazioni consistono nella rappresentazione grafica (in modo tradizionale e mediante software di disegno assistito 2D e 3D parametrico) in assonometria ed in proiezione ortogonale quotata di parti o organi presentati singolarmente, o estratti da complessivi.

L'ultima tavola consiste in un elaborato (a scelta dell'allievo, da eseguire mediante software grafico 3D) da svolgere sui temi principali trattati nel corso e che verrà discusso durante la prova orale.

### **Bibliografia**

E. Chirone, S. Tornincasa, Disegno Tecnico Industriale, vol. I e II, ed. Il Capitello, 2000/01.

### **Controlli dell'apprendimento**

Le soluzioni delle tavole, i testi di verifica dell'apprendimento sono disponibili sul sito WEB del corso: <http://www.polito.it/servstud/matdid/disegno> E-mail: [tornin@polito.it](mailto:tornin@polito.it), [podda@polito.it](mailto:podda@polito.it)

### **Esame**

L'esame consiste in una prova grafica, una prova orale (facoltativa), ed una valutazione delle esercitazioni (tavole) svolte durante il corso. Alla prova orale potranno essere ammessi solo gli allievi che avranno conseguito un voto non inferiore a 15/30 nella prova scritta.

Non è possibile sostenere l'esame (nè ottenere la frequenza) senza aver consegnato almeno l'80% delle tavole.

## 02APN    **DISPOSITIVI ELETTRONICI I**

Periodo:	3
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Elettrotecnica e Fisica.
Docente:	<b>da nominare</b>

---

### **Presentazione del corso**

Dopo un richiamo dei principi della fisica dei solidi, si derivano da questi le caratteristiche dei materiali usati nei sistemi elettronici con particolare attenzione ai semiconduttori. Si studiano le tecnologie dei dispositivi circuiti integrati ibridi a film spesso e a film sottile e le tecnologie di fabbricazione dei circuiti integrati monolitici. Il corso si propone inoltre di fornire gli strumenti per l'analisi dei materiali e dei dispositivi a semiconduttore.

### **Prerequisiti**

Per una buona comprensione dei contenuti del corso risulta fondamentale l'aver acquisito piena padronanza sia delle tecniche fornite dall'elettrotecnica in termini di analisi di circuiti e degli strumenti elettromagnetismo e di struttura della materia forniti dagli insegnamenti di fisica.

### **Programma**

#### **CENNI DI FISICA DEI SOLIDI:**

Equazione di Schrödinger. Effetto tunnel. Semiconduttori IV e III-V. (6+4)

#### **FENOMENI DI TRASPORTO:**

Teoria delle bande d'energia nei cristalli. Fenomeni di generazione e ricombinazione. Meccanismi della conduzione, massa efficace e fononi. Funzione distribuzione degli elettroni. (8+4)

#### **MATERIALI DIELETTRICI:**

Richiami sulle proprietà dielettriche. Materiali ferroelettrici e piezoelettrici. Isolanti inorganici: mica, quarzo, zaffiro, ceramiche. Polimeri dielettrici: polietilene, polipropilene, poliolefine, teflon e teflon "caricato", poliammidi. Resine epossidiche. (3+0)

#### **TECNOLOGIA DEI CIRCUITI INTEGRATI IBRIDI:**

Tecnologia del film sottile e del film spesso. Circuiti stampati. Substrati per circuiti ibridi. Circuiti a film sottile: deposizione e "sputtering" e fotolitografia, componenti passivi. Circuiti a film spesso: serigrafia, resistori, interconnessioni "bonding". (2+0)

#### **TEORIA ELEMENTARE DEI SEMICONDUTTORI:**

Semiconduttori intrinseci e semiconduttori drogati; fenomeni di diffusione. Equazione di continuità. Modello matematico dei semiconduttori. (9+8)

#### **TECNOLOGIA DEI CIRCUITI INTEGRATI:**

Tecnologia planare: fasi del processo. Crescita del monocristallo. Ossidazione, litografia, attacco chimico. Impiantazione ionica e diffusione. Processi CVD: crescita epitassiale, deposizione di polisilicio, di ossidi e di strati metallici. Cenni sulla tecnologia dell'arseniuro di gallio. (8+4)

### **Bibliografia**

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

Masera, Naldi, Piccinini, "Introduzione all'analisi dei dispositivi elettronici", Hoepli, 1995.

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

### **Esame**

Esame scritto.

## 01APO    **DISPOSITIVI ELETTRONICI II**

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Dispositivi Elettronici I
Docente:	<b>da nominare</b>

---

### **Presentazione del corso**

Vengono descritti i principali dispositivi a semiconduttore utilizzati nella microelettronica e nella optoelettronica. I dispositivi vengono studiati derivandone le caratteristiche elettriche dall'analisi della struttura fisica e vengono messe in luce, per ognuno, le relazioni tra esigenze applicative e caratteristiche. Il corso fornisce i fondamenti indispensabili per i successivi corsi dell'orientamento di "Materiali, dispositivi e tecnologie elettroniche".

### **Prerequisiti**

Per una buona comprensione dei contenuti del corso risulta fondamentale l'aver acquisito piena padronanza sia delle proprietà dei semiconduttori e delle tecnologie ad essi corrispondenti.

### **Programma**

"Giunzione metallo semi-conduttore"

Barriera Schottky; capacità differenziale. Tecnica di misura C(V) dei profili di drogaggio; diodi Schottky e contatti ohmici. (4+2)

"Giunzione p-n"

Giunzione all'equilibrio, capacità di transizione; correnti nel diodo; diodo reale e tecnologie dei diodi integrati. Modello a controllo di carica. Fenomeni di rottura: effetto Zener, effetto valanga. Diodi Zener. (8+6)

"Eterostrutture"

Struttura a bande in equilibrio, tensione intrinseca e cenni sulle proprietà di trasporto. (2+0)

"Transistore a effetto di campo a giunzione JFET e metallo semiconduttore, MESFET" (4+0)

"Transistore bipolare"

Effetto transistorore; regioni di funzionamento; correnti di base e dimensionamento del transistorore. Tecnologia dei transistori integrati. (4+2)

"MOSFET"

Diodo MIS: inversione popolazione, tensione di soglia di diodi ideali e reali. Modelli analitici del MOSFET. MOSFET ad arricchimento e svuotamento. Tecnologia metal gate e silicon-gate. Tecnologia CMOS (8+4)

"Memorie"

Strutture delle memorie. Memorie non volatili: EPROM, Flash. (4+0)

"Dispositivi Optoelettronici"

Principi su LED, Laser e fotorivelatori. (6+0)

### **Bibliografia**

- Masera, Naldi, Piccinini, "Introduzione all'analisi dei dispositivi elettronici", Hoepli, 1995.

- "Tabelle e grafici dei materiali e componenti per l'Elettronica", CELID 1995.
- Testi ausiliari:
- R.S. Muller, T.I. Kamins, "Dispositivi elettronici nei circuiti integrati" 2 edz. Bollati Boringhieri, Torino, 1993.
- G. Ghione, "Dispositivi per la microelettronica", McGraw-Hill, Milano, 1998.

## Esame

Esame scritto e orale facoltativo.

## **03EJF    ELEMENTI DI STRUTTURA DELLA MATERIA**

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>da nominare</b>

---

### ***Presentazione del corso***

Il corso intende fornire un completamento delle conoscenze acquisite nei corsi di Fisica del I anno affrontando alcuni temi essenziali per la comprensione delle proprietà fisiche dei materiali, con particolare riguardo alle proprietà termiche, elettroniche, magnetiche ed ottiche dei materiali.

### ***Prerequisiti***

Tutti gli esami di Fisica e Matematica del I anno.

### ***Programma***

Fondamenti di Meccanica Quantistica. Equazione di Schroedinger e sue applicazioni di base. Fondamenti di Meccanica Statistica. Statistica di Bose Einstein e Fermi Dirac. Cristalli e reticolo reciproco. Proprietà termiche e vibrazionali dei solidi. Concetto di fonone. Proprietà elettroniche dei solidi, bande di energia, zone di Brillouin, teoria degli elettroni liberi, isolanti metalli e semiconduttori. Trasporto nei semiconduttori. Proprietà magnetiche dei solidi. Diamagnetismo paramagnetismo e ferromagnetismo. Caratterizzazione dei materiali ferromagnetici. Proprietà ottiche dei solidi. Aspetti fondamentali dell'interazione radiazione materianei metalli, isolanti e semiconduttori. Difetti nei metalli. Vacanze reticolari in equilibrio termodinamico. Cenni su dislocazioni e plasticità nei metalli.

### ***Laboratori e/o esercitazioni***

Alcune lezioni verranno integrate con visite a laboratori dove si studiano particolari proprietà fisiche dei materiali.

### ***Bibliografia***

Verranno fornite dispense riassuntive del corso e indicazioni bibliografiche per approfondimenti.

### ***Esame***

È previsto un esame orale. E' facoltativa la presentazione di una tesina sviluppata su un argomento concordato con il docente.

## 01EEK ELETTEOTECNICA A \*

Periodo:	1
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Marco GILLI

---

### **Obiettivi generali del corso**

Il corso si propone il duplice scopo di fornire agli studenti i fondamenti di teoria dei circuiti, propedeutici ai successivi corsi di elettronica, e le nozioni essenziali necessarie alla comprensione delle principali applicazioni dell'ingegneria elettrica. Entrambe le tematiche verranno approfondite nel successivo insegnamento di Elettrotecnica/Principi di Strumentazione.

### **Prerequisiti**

Corsi di base di analisi matematica, di geometria (algebra lineare) e di fisica.

### **Competenze attese**

Alla fine del corso lo studente avrà acquisito la capacità di analizzare semplici circuiti lineari (sia in regime stazionario, che sinusoidale) e di comprendere le principali applicazioni dell'ingegneria elettrica industriale.

### **Programma**

#### **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. Bipoli elementari e connessioni fondamentali.

#### **Reti resistive (adynamiche)**

Circuiti elementari. Metodi per il calcolo delle reti resistive lineari: principio di sovrapposizione degli effetti; teoremi di Thevenin e di Norton; principio di sostituzione; metodo dei nodi e dei nodi modificato. Doppi bipoli lineari. L'amplificatore operazionale.

#### **Reti dinamiche 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 ed ammettenza. Connessioni di impedenze. Estensione dei metodi elementari e generali al calcolo di reti fasoriali. Risonatori. Potenze in regime sinusoidale. Teorema di Boucherot. Rifasamento. Il doppio bipolo induttivo ed il trasformatore reale.

#### **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.

### **Programma delle esercitazioni**

Le esercitazioni consistono nello svolgimento in aula di esercizi e riguardano le 4 parti fondamentali del programma (leggi di Kirchhoff, reti resistive, reti in regime sinusoidale, sistemi trifasi). Alcuni esercizi maggiormente significativi riguarderanno applicazioni pratiche.

## Materiale didattico

Si suggerisce, sia per le lezioni che per le esercitazioni il seguente libro di testo:  
Alexander, Sadiku, Fundamentals of Electric circuits, Mc-Graw-Hill Publishers, 2001,  
ISBN 007-240136-2.

## Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta, che richiede lo svolgimento di alcuni semplici esercizi e di un esercizio complesso. Durante la prova scritta non si possono consultare appunti o testi a stampa; non si possono usare calcolatrici programmabili.

\* Corso non attivato nell'a.a. 2001/2002.

## 01EQT ELETTROTECHNICA / LAB. STRUMENTAZIONE

Periodo:	1
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Marco GILLI

---

### **Presentazione del corso**

Alla fine del corso lo studente avrà acquisito la capacità di analizzare semplici circuiti lineari dinamici; sarà in grado di comprendere le principali applicazioni dell'ingegneria elettrica industriale; conoscerà i principi di funzionamento e saprà utilizzare la strumentazione essenziale di laboratorio.

### **Prerequisiti**

Corsi di base di analisi matematica, di geometria (algebra lineare), di fisica e di Elettrotecnica A.

### **Programma**

#### COMPLEMENTI DI CIRCUITI

Circuiti lineari di ordine I. Circuiti lineari di ordine II. Scrittura e soluzione delle equazioni di stato. Circuiti lineari di ordine arbitrario. Scrittura e proprietà delle equazioni di stato.

Metodo della trasformata di Laplace. Calcolo di trasformate e di antitrasformate. Relazioni costitutive nel dominio delle Trasformate di Laplace. Calcolo simbolico con le trasformate di Laplace. Applicazioni.

#### ELEMENTI DI IMPIANTI E MACCHINE ELETTRICHE

Distribuzione dell'energia elettrica. Normativa sugli impianti elettrici (cenni). Effetti della corrente elettrica sul corpo umano (cenni). Interruttori automatici di massima corrente e differenziale. Dispensori. Introduzione alle macchine elettriche: generalità e classificazione. Trasformatore reale, trasformatori trifasi; macchine asincrone; macchine sincrone; macchine a corrente continua; principio di funzionamento dei motori passo-passo.

#### LABORATORIO DI STRUMENTAZIONE

Principi di strumentazione e calcolo delle incertezze. La strumentazione essenziale di laboratorio e la componentistica di base: generatori di segnale, voltmetri analogici e numerici. Oscilloscopi

#### PROGRAMMA DELLE ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nello svolgimento in aula di esercizi e riguardano essenzialmente la parte del corso relativa ai complementi di circuiti.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

I laboratori consisteranno nell'utilizzazione della strumentazione di base: generatori di segnale, voltmetri analogici e numerici; oscilloscopi.

## Bibliografia

Si suggerisce, per le lezioni e le esercitazioni il seguente libro di testo:

Alexander, Sadiku, Fundamentals of Electric circuits, Mc-Graw-Hill Publishers, 2001, ISBN 007-240136-2.

## Esame

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova pratica da svolgersi in laboratorio. Durante la prova scritta non si possono consultare appunti o testi a stampa; non si possono usare calcolatrici programmabili.

## 07AXO FISICA I

Periodo:	3
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	da nominare

### Programma

- 1) Grandezze, unità di misura ed equazioni dimensionali [Cap. 1] (2 h)
- 2) Misure ripetute, errori statistici, sistematici e strumentali. Valore medio. Enunciato del teorema del limite centrale. Errore relativo e percentuale. Grandezze funzioni di altre grandezze misurate. Propagazione dell'errore (4 h) Esercizi: (2 h)
- 3) Cinematica: vettore posizione, vettore velocità e vettore accelerazione. Traiettorie, velocità tangente alla traiettoria, e modulo della velocità. Moto dei gravi sulla superficie terrestre. (4h) [Cap. 2.6, 2.7, 2.8, 2.9] Esercizi (2h)
- 4) Moti in coordinate intrinseche e cilindriche. Moti rotatori (2h) [Cap. 2.12, 2.13, 2.14] Esercizi (2h)
- 5) Sistemi di riferimento in moto traslatorio ed esercizi (2h) [Cap. 3.1, 3.2, 3.3]
- 6) Dinamica del punto: definizione di massa, densità di massa e di forza. I 3 principi della dinamica del punto. (4h) [Cap. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6]
- 7) Forza gravitazionale e forza coulombiana; accelerazione sulla superficie terrestre ed esercizi (2h) [Cap. 4.7]
- 8) Forza elastica: moti armonici. ed esercizi (4h) [Cap. 4.12]
- 9) Forze di attrito dinamico, statico, viscoso; reazione vincolare ed esercizi (6h) [Cap. 5]
- 10) Tensione della fune: carrucole fisse e mobili ed esercizi (4h) [Cap. 4.12]
- 11) Quantità di moto, impulso e teorema dell'impulso ed esercizi (2h) [Cap 8.1, 8.2]
- 12) Lavoro, potenza, energia cinetica e teorema delle forze vive. ed esercizi (4h) [Cap. 8.3, 8.4]
- 13) Energia potenziale della forza peso, della forza coulombiana, della forza costante, della forza elastica. Campi conservativi e conservazione dell'energia meccanica. ed esercizi (4h) [Cap. 8.5, 8.6, 8.7].
- 14) Momento angolare e momento della forza. Teorema della variazione del momento angolare. Forze centrali. Energia potenziale di un campo centrale (4h). [Cap. 9.1, 9.2, 9.3, 9.4] Esercizi. (4h)
- 15) Dinamica dei sistemi: quantità di moto, energia cinetica, energia potenziale, momento angolare di un sistema di punti. Densità di massa. Centro di massa, quantità di moto del centro di massa. Forze interne e forze esterne. I equazione cardinale della dinamica dei sistemi. (4h) [Cap. 10.1, 10.2, 10.3, 10.4]
- 16) Momento delle forze agenti su un sistema. Lavoro delle forze agenti su di un sistema. II equazione della dinamica dei sistemi. Teorema del lavoro per i sistemi. (2h) [Cap. 10.5, 10.6]
- 17) Corpo rigido rotante attorno ad un asse fisso. Velocità angolare Momento di inerzia e teorema di Huyghens Steiner. Momento assiale. Energia cinetica di un solido rotante attorno ad un asse fisso. Teorema di Koenig per le rotazioni attorno ad assi non fissi ma mobili con direzione fissa. (4h). [Cap. 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5]. Esercizi (4h)

### Bibliografia

Libro di testo consigliato: S. Rosati, Fisica Generale, Vol. 1 (susceptibile di variazione)

## 06AXP FISICA II

Periodo:	4
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	da nominare

---

### Programma

#### TERMODINAMICA

- 1) Termometria, dilatazione dei corpi, temperatura assoluta. [Cap. 20.1,20.2,20.3,20.4,20.5] Esercizi ( 2 h)
- 2) Calorimetria: equilibrio termico, passaggi di stato. Propagazione del calore: conducibilità' interna ed esterna, irraggiamento. [Cap. 21] Esercizi: (4 h)
- 3) Trasformazioni termodinamiche reversibili ed irreversibili, piano di Clapeyron, trasformazioni adiabatiche, isocore, isobare ed isoterme. Lavoro della pressione su di un sistema termodinamico. (4h) [Cap. 22.] Esercizi (2h)
- 4) Equazione di stato dei gas perfetti e trasformazioni: lavoro nella trasformazione[Cap. 23] (2h). Esercizi (2h)
- 5) I principio della termodinamica: energia interna come funzione di stato [Cap. 26] (2h)
- 6) Applicazioni del I principio ai gas perfetti: calori specifici, relazione di Mayer, equazioni delle trasformazioni, ciclo di Carnot, rendimento. (4h).[Cap.27] Esercizi (2h)
- 7) Il II principio della termodinamica: equivalenza degli enunciati di Clausius e Kelvin, teorema di Carnot dei rendimenti. (2h)[ Cap. 28.1, 28.2, 28.3]

#### ELETTROSTATICA

- 8) Campo elettrico di una distribuzione di cariche: additivita' e principio di sovrapposizione. Potenziale elettrostatico. [Cap. 1.1,1.2,1.3,1.4] (4h)
- 9) Applicazioni di base: anelli, dischi, sfere uniformemente carichi. (4h) [Cap. 1.5]
- 10) Teorema di Gauss.(2h) [Cap. 6.1
- 11) Applicazioni alle distribuzioni piu' elementari, quali piano, sfera, cilindro cavo e pieno, uniformemente carichi (4h) [Cap. 6.2].
- 12) Applicazioni del teorema di Gauss ai conduttori: gabbia di Faraday. Capacita' di un conduttore. Condensatori: definizione e proprieta', energia di un condensatore carico, forze tra le armature di un condensatore piano carico.(4h) [Cap. 6.3,6.4,6.7,6.8, 6.10,6.11] Esercizi (2h)

#### ELETTROMAGNETISMO

- 13) La corrente nei conduttori: legge di Ohm e densita' di corrente. Effetto Joule Conservazione della carica nel regime stazionario [Cap. 3.1,3.2,3.3,4] (2h)
- 14) Cenni sul magnetismo naturale e dipoli magnetici.: campo magnetico di una calamita. Forza esercitata da un campo magnetico su di un filo percorso da corrente, II legge di Laplace. (2h) [Cap. 7.1,7.2] Esercizi. (2h)
- 15) Campo di induzione magnetica generato da un filo percorso da corrente: I legge di Laplace. Applicazioni: fili rettilinei infiniti e finiti, spire quadrate e circolari, solenoide (6h).[Cap. 7.3,7.4,7.5, 7.6]
- 16) Forza di Lorentz: applicazioni negli acceleratori di particelle, tubi catodici. [Cap. 7.7] Esercizi (4h)
- 17) Teorema di Ampere [Cap.7.8] Esercizi (2h)

18) Induzione elettromagnetica: flusso magnetico concatenato ad un circuito, legge di Faraday. (2h) [Cap.8.1]

19) Applicazioni della legge di Faraday: tachimetri, fornaci ad induzione, alternatori (4h) [Cap. 8.2,8.4,8.6]

20) Concetto di autoinduzione e di mutua induzione (2h) [Cap. 8.7,8.9]

## **Bibliografia**

S. Rosati, Fisica Generale, Vol. 1 (susceptibile di variazione)

L. Lovitch-S. Rosati, Fisica Generale, Vol. 2 (susceptibile di variazione).

## 03BCJ GEOMETRIA I

Periodo:	4
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Istituzioni di Analisi e Geometria
Docente:	da nominare

---

### **Presentazione del corso**

Scopo del corso è la presentazione dei principi fondamentali dell'algebra lineare e delle sue applicazioni allo studio della geometria.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori.

Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

### **Prerequisiti**

Contenuti del corso di Istituzioni di Analisi e Geometria.

### **Programma**

Applicazioni lineari, autovalori e autovettori, cambi di base e diagonalizzazioni.

Cambiamenti di riferimento e coniche.

Geometria analitica nello spazio: piani e rette, angoli e distanze, sfere e circonferenze, curve e superficie nello spazio (coni, cilindri, superficie di rotazione), cenni sulle quadriche.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

Esercitazioni svolte in aula.

### **Bibliografia**

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso.

### **Esame**

Scritto e orale.

## 03ECM INFORMATICA I

Periodo:	1,2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	da nominare

---

### Obiettivi generali del corso

Il corso si propone di fornire gli elementi di base dell'informatica nell'ottica di chiarire i principi teorici e le possibilità applicative degli elaboratori elettronici. Si propone inoltre di far acquisire agli allievi una discreta "manualità" nell'uso degli elaboratori.

### Programma

#### Modulo 1 (3 crediti)

- Introduzione all'informatica e cenni storici.
- Rappresentazione dei numeri e aritmetica degli elaboratori.
- Algebra Booleana e circuiti logici.
- Architettura di un sistema di elaborazione.
- Principi di funzionamento di un sistema di elaborazione.
- Il software ed i sistemi operativi.
- Le reti di calcolatori.

#### Modulo 2 (2 crediti)

- Introduzione alla programmazione degli elaboratori.
- Algoritmi e programmi.
- Principi di programmazione strutturata.
- Diagrammi di flusso.
- Il linguaggio di programmazione "C":
  - Tipi, variabili, costanti, l'istruzione di assegnazione.
  - I/O formattato.
  - I costrutti di condizione.
  - I costrutti di ciclo.
  - Variabili multidimensionali. Strutture. Stringhe di caratteri.
  - Funzioni e sottoprogrammi. Variabili globali. Passaggio dei parametri.
  - I file sequenziali e loro gestione.

# 01EMC ISTITUZIONI DI ANALISI E GEOMETRIA

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Analisi Matematica I
Docente:	da nominare

---

## **Presentazione del corso**

Il corso fornisce le prime applicazioni del calcolo differenziale e integrale: in particolare, vengono trattate le equazioni differenziali di primo e secondo ordine. Il corso fornisce inoltre i primi elementi di geometria, in particolare quelli che saranno utilizzati nei successivi corsi di Fisica.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori.

Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

## **Prerequisiti**

Contenuti del corso di Analisi Matematica I.

## **Programma**

Coordinate polari.

Numeri complessi, equazioni differenziali del primo ordine e del secondo ordine lineari. Vettori del piano e dello spazio.

Spazi vettoriali di dimensione finita.

Matrici e determinanti.

Sistemi lineari.

Geometria analitica del piano: rappresentazione della retta, angoli e distanze, circonferenza.

## **Laboratori e/o esercitazioni**

Esercitazioni svolte in aula.

## **Bibliografia**

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso.

## **Esame**

Scritto e orale.

## 06BOS MECCANICA APPLICATA

Periodo:	1,2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	da nominare

---

### **Presentazione del corso**

Il corso fornisce i principali elementi teorici e applicativi della meccanica. La parte introduttiva riguarda l'analisi cinematica e dinamica applicata a tipici dispositivi meccanici, e tratta di cinematica del corpo rigido, di accoppiamenti, di statica, di dinamica, con particolare riferimento alle equazioni di equilibrio dinamico del corpo. Nella seconda parte vengono analizzati tipici componenti meccanici, quali i dispositivi ad attrito e gli organi di trasmissione.

### **Prerequisiti**

Contenuti dei corsi di Analisi e di Fisica 1.

### **Programma**

Introduzione sugli organi costitutivi delle macchine; esempi di sistemi meccanici con elementi di trasmissione rigidi e flessibili. Cinematica del corpo rigido.

Accoppiamenti tra corpi rigidi: rotoidale, prismatico, incastro. Soluzioni applicative: cuscinetti, boccole, vite-madrevite, guide lineari. Applicazioni a sistemi di movimentazione e trasformazione del moto.

Cinematica dei moti relativi. Meccanismi articolati. Camme. Dinamica: forze e momenti, equazioni cardinali, diagramma del corpo libero; teorema dell'energia; quantità di moto e momento della quantità di moto; sistemi giroscopici; urti; sistemi vibranti (oscillazioni libere e forzate, trasmissibilità, sospensioni).

Componenti meccanici ad attrito. Freni: tipologie costruttive, tipi di accostamento, freni a pattino piano, a ceppi, a disco, a nastro. Innesti a frizione: piani, multidisco, conici. La trasmissione del moto: giunti, cinghie, catene, funi, paranchi di sollevamento; ruote dentate; rotismi ad assi fissi, rotismi epicicloidali semplici e composti; differenziale; vite e madrevite; vite senza fine e ruote elicoidali; vite a circolazione di sfere.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

Nel corso delle esercitazioni vengono svolti esempi illustrativi degli argomenti delle lezioni, con particolare riferimento ad applicazioni pratiche. Sono previste attività di laboratorio con sperimentazione su tipici componenti quali riduttori e freni.

### **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

Compatibilmente con il numero di allievi e con la collocazione nel periodo didattico, sono previsti accertamenti in itinere in forma scritta, oppure un esame finale in forma orale o scritta.

### Programma del corso

Funzioni di più variabili reali, differenziali, integrali, equazioni differenziali ordinarie e sistemi lineari.

Calcolo differenziale e integrale, calcolo differenziale e integrale, equazioni differenziali ordinarie e sistemi lineari.

Calcolo differenziale e integrale, calcolo differenziale e integrale, equazioni differenziali ordinarie e sistemi lineari.

Trasformate di Laplace.

Trasformate di Laplace e applicazioni.

### Esercitazioni

Esercitazioni svolte in aula.

### Bibliografia

Materiale didattico preparato dal docente.

### Esame

Scritto e orale.

# 01EOJ METODI DI APPRENDIMENTO

Esame

Periodo:	3
Crediti:	2
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	da nominare

---

## PROGRAMMA NON PERVENUTO.

Il corso fornisce i principali elementi teorici e applicativi della meccanica. La parte introduttiva riguarda i metodi cinematici e cinematici e cinematici applicati a tipi diversi di test cinematici e tratta di cinematica del corpo rigido, di cinematica di un sistema di punti materiali, con particolare riferimento alle equazioni di equilibrio dinamico del corpo. Nella seconda parte vengono analizzati i tipi di trasmissione meccanica, quali i dispositivi di avviamento e gli organi di trasmissione.

### Prerequisiti

Conoscenza del corso di Analisi e di Fisica I.

### Programma

Introduzione sugli organi costitutivi delle macchine, esempi di sistemi meccanici con elementi di trasmissione rigidi e flessibili. Cinematica del corpo rigido.

Accoppiamenti tra corpi rigidi: rotule, prismi, incastri. Soluzioni applicative: cuscinetti, boccole, vite-madri, guide lineari. Applicazioni a sistemi di movimento: guide e trasmissione del moto.

Governance del moto: ruote, meccanismi strutturali. Caratteristiche cinematiche, forze e momenti, equazioni cardinali, legge di conservazione del corpo libero; momento dell'angolo, legge di conservazione del momento della quantità di moto, metodi grafologici, organi di trasmissione: ruote, guide e boccole, trasmissione sospese.

Componenti meccanici ed organi. Funzioni cinematiche costruttive, tipi di accoppiamento: freni a pignone piano, a cinghia, a disco, a nervi, innesti a frizione piani, molli, a cinghia. Le trasmissioni del moto: giunti, cinghie, corone, fusi, pignoni di accoppiamento, ruote dentate, rotelle di avviamento, organi di trasmissione: ingranaggi e composti, bielle, aste, viti e madri, vite senza fine e ruote elicoidali, vite a circolazione di sfere.

### Laboratori ed esercitazioni

Nel corso delle esercitazioni vengono svolti esempi illustrati degli argomenti delle lezioni, con particolare riferimento ad applicazioni pratiche. Sono previste attività di laboratorio con sperimentazione sui tipici componenti quali riduttori e freni.

### Bibliografia

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

Jacquot, Pouchon, "Meccanica applicata alle macchine" vol. I e vol. II, Ed. Loescher & Belfer, Torino.

Jacquot, Pouchon, "Esercizi di meccanica applicata alle macchine" Ed. Loescher & Belfer, Torino.

# 01BQX METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA

Periodo: 1  
Crediti: 5  
Precedenze obbligatorie: -  
Docente: M.T. GALIZIA

---

## Programma del corso

Funzioni di più variabili: dominio, limiti, derivate; formula di Taylor, massimi e minimi relativi.

Integrali in più variabili: integrali doppi e tripli, cambiamento di coordinate, trasformazioni di integrali multipli.

Funzioni di variabile complessa: derivazione e integrazione in campo complesso, serie di Taylor e di Laurent.

Trasformate di Fourier.

Trasformate di Laplace e applicazioni.

## Esercitazioni

Esercitazioni svolte in aula.

## Bibliografia

Materiale didattico preparato dal docente.

## Esame

Scritto e orale.

Periodo:	1
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Francesco MARINO</b>

---

### **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.

### **Prerequisiti**

Chimica, Fisica I, Analisi I.

### **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: Diffusione: meccanismi e leggi che la regolano. Trasformazioni di fase: Nucleazione e crescita nei metalli puri, transizione vetroso e stato amorfo, martensitica, ordine-disordine. Trasformazioni di non equilibrio. Cinetica delle trasformazioni, curve TTT.

Diagrammi di fase binari: 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
- La microscopia: ottica, SEM, TEM.

## Bibliografia

- W. G. Moffat, G.W. Pearsall, J. Wulff: "Struttura e Proprietà dei Materiali", Casa Editrice Ambrosiana, Milano
- J.C. Anderson, K.D. Leaver, R.D. Rawlings, J.M. Alexander: "Materials Science", 4th Edition, Van Nostrand Reinhold (UK)
- D.R. Askeland: "The Science and Engineering of Materials", 3rd 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", 4th Edition, Prentice Hall International.

## Esame

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

# SCIENZA DELLE COSTRUZIONI I

Periodo:	1
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Istituzioni di Matematica I e II, Fisica Generale I.
Docente:	da nominare

## Presentazione del corso

Scopo del corso è quello di introdurre la Meccanica dei Solidi e delle Strutture con le equazioni di equilibrio, di congruenza e di legame costitutivo (elasticità). Viene approfondita la teoria dei corpi elastici monodimensionali, attraverso la trattazione di Saint Venant, e vengono descritti i principali criteri di resistenza per la verifica dello stato di tensione. Viene trattata quindi 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 accennata mediante il metodo delle forze. Vengono infine accennati i fenomeni di collasso più frequenti nell'ingegneria strutturale.

## Prerequisiti

Statica nel piano e nello spazio, geometria delle aree, analisi matematica, calcolo numerico.

## Programma

- Geometria delle aree

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

- Analisi della deformazione e della tensione

Tensore di deformazione, tensore di tensione, direzioni principali, stati piani, equazioni indefinite di equilibrio e di congruenza, principio dei lavori virtuali.

- Legame costitutivo elastico

Potenziale elastico, elasticità lineare e nonlineare, teorema di Clapeyron, teorema di Maxwell-Betti, isotropia, moduli tecnici ( $E$ ,  $G$ ,  $n$ ), cenni sui legami anisotropi.

- Comportamento meccanico dei materiali e criteri di sicurezza

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

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.

- Fenomeni di collasso strutturale

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

- Cinematica e statica dei sistemi rigidi di travi

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

- Sistemi di travi isostatiche

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

- Cenni sui sistemi di travi iperstatiche
- Equazioni di congruenza, metodo delle forze, soluzione mediante il principio dei lavori virtuali (eq. di Müller-Breslau).
- Teoria tecnica della trave
- Travi inflesse, legame momento-curvatura, equazione della linea elastica, equazioni statiche e cinematiche per la trave retta.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

Sono previste esercitazioni riguardanti la soluzione dei sistemi di travi e la verifica di resistenza delle sezioni.

### **Bibliografia**

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

### **Controlli dell'apprendimento**

Non sono previsti accertamenti intermedi.

### **Esame**

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale. La prova scritta propedeutica riguarda la soluzione dei sistemi di travi e la verifica di resistenza delle sezioni. La prova orale verte invece su tutti gli argomenti teorici affrontati nel Corso.

# 01CFZ SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI I

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Nessuna
Docente:	Roberta BONGIOVANNI

---

## **Presentazione del corso**

Scopo del corso è di fornire le conoscenze di base sulla struttura dei materiali polimerici e le loro proprietà. Sono trattati i polimeri di uso generale, termoplastici e termoidurenti, considerando la loro preparazione e le loro principali proprietà in relazione con la struttura.

## **Prerequisiti**

Si richiedono conoscenze di chimica e di scienza dei materiali.

## **Programma**

Generalità sui polimeri. Strutture lineari, ramificate, reticolate. Pesì molecolari e loro distribuzione: influenza sulle proprietà.

### PROCESSI DI POLIMERIZZAZIONE

Polimeri di policondensazione: schema del processo e controllo del peso molecolare (P.M.) Polimeri di poliaddizione radicalica: cinetica della reazione e controllo del P.M. Polimeri di poliaddizione ionica. Polimerizzazione stereospecifica Ziegler-Natta. Reazioni di copolimerizzazione. Tecniche industriali di polimerizzazione.

### STRUTTURA E PROPRIETA' DEI POLIMERI

Pesì 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. Proprietà termiche, temperatura di transizione vetrosa. 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.

## **Laboratori e/o esercitazioni**

Sono previste esercitazioni in aula con applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione e sei 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 fondamentali: al termine di tali attività sarà richiesta la stesura di una breve relazione.

## **Bibliografia**

Fondamenti di Scienza dei Polimeri, Pacini Ed., Pisa, 1998.

## Controlli dell'apprendimento

Durante il corso verranno fatti dei test scritti riguardanti alcuni argomenti trattati.

## Esame

Si svolgeranno esoneri riguardanti le reazioni di polimerizzazione e le proprietà dei materiali. L'esame finale consisterà in una prova orale relativa a tutto il programma del corso.

## **01CGA SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI II**

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	Scienza e Tecnologia dei Materiali Polimerici I.
Docente:	<b>Roberta BONGIOVANNI</b>

---

### ***Presentazione del corso***

Scopo del corso è di fornire le conoscenze di base sul compounding e sulle tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici. Sono trattati i polimeri di uso generale, termoplastici e termoindurenti.

### ***Prerequisiti***

Si richiede conoscenza di scienza dei materiali polimerici.

### ***Programma***

Produzione di plastomeri di impiego generale: poliolefine, polietilene, polivinilcloruro e polistirene, poliesteri, poliammidi, policarbonati. Produzione di gomme sintetiche. Principali tipi di additivi e cariche; tecniche di compounding. Tecnologie di iniezione, estrusione, calandratura, termoformatura, stampaggio rotazionale, spalmatura. Tecnologie degli elastomeri. Processi di vulcanizzazione. Produzione di poliuretani, poliesteri insaturi, resine epossidiche, resine fenoliche e altre principali classi di resine termoindurenti. Tecnologie di trasformazione dei polimeri termoindurenti e applicazioni. Tecnologie di produzione e proprietà di materiali espansi.

### ***Laboratori e/o esercitazioni***

Sono previste esercitazioni in aula con applicazioni di calcolo sugli argomenti di lezione. Si effettueranno inoltre visite ad impianti di produzione o trasformazione di materie plastiche.

### ***Bibliografia***

Fondamenti di Scienza dei Polimeri, Pacini Ed., Pisa, 1998.

### ***Controlli dell'apprendimento***

Durante il corso verranno fatti dei test scritti riguardanti alcuni argomenti trattati.

### ***Esame***

Si svolgeranno esoneri riguardanti le reazioni di polimerizzazione e le proprietà dei materiali. L'esame finale consisterà in una prova orale relativa a tutto il programma del corso.

## 01DAZ TECNICHE DI SCRITTURA

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	Marina BELTRAMO

---

### **Presentazione 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

### **Laboratori e/o esercitazioni**

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.

### **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.

## **03CVQ    TERMODINAMICA APPLICATA**

Periodo:	3
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	-
Docente:	<b>Emilio CAFARO</b>

---

### ***Presentazione del corso***

Il corso si propone di illustrare la fenomenologia della termodinamica e la termodinamica dei processi irreversibili.

### ***Programma***

#### **TERMODINAMICA FENOMENOLOGICA:**

Stato di un sistema termodinamico e variabili di stato. Equazioni di stato per sistemi termodinamici semplici e complessi: sostanze pure, materiali ferro-elettrici, magnetici, polimerici, ceramici e semiconduttori. Principio di conservazione dell'energia formulato secondo l'approccio a massa di controllo e volume di controllo in forma integrale e differenziale. Principio di evoluzione per l'entropia: enunciato di Clausius, enunciato di Kelvin - Planck, teorema di Carnot e corollari; scala termodinamica delle temperature, rendimento delle macchine termiche, espressioni differenziali ed integrali della seconda legge della Termodinamica. Diagrammi di stato per fluidi condensabili e cambiamenti di stato di prima e seconda specie. Termodinamica analitica: trasformazioni termodinamiche semplici, coefficienti calorimetrici, coefficienti termoelastici, potenziali termodinamici, relazioni di Maxwell, trasformate di Legendre, criteri di equilibrio e di stabilità di un sistema termodinamico.

#### **TERMODINAMICA DEI PROCESSI IRREVERSIBILI:**

Creazione di entropia nei processi di trasporto dell'energia termica per conduzione, per convezione, per irraggiamento. Scambiatori di calore. Creazione di entropia nelle reazioni chimiche.

Formulazione di Gibbs - Onsager - Prigogine: flussi termodinamici e forze generalizzate, relazioni di reciprocità di Onsager, teorema di Glansdorff - Prigogine e stati stazionari di non-equilibrio.

### ***Laboratori e/o esercitazioni***

Esercizi svolti in aula su temi trattati a lezione e sviluppo di monografie su argomenti di interesse da concordare con gli allievi.

### ***Bibliografia***

Appunti del docente.

### ***Esame***

L'esame consiste in una prova scritta concernente gli argomenti sviluppati a lezione durante la quale si richiede di svolgere esercizi numerici e rispondere a quesiti teorici ed in un colloquio orale durante il quale gli allievi sono tenuti a presentare e discutere le monografie svolte.

# 01A00 DIRITTO DELL'AMBIENTE

Periodo: 4  
Credito: 3  
Precedenze obbligatorie:  
Docente: Riccardo MONTABARO

---

## Presentazione 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 ai rischi industriali. Una prima parte verrà dedicata ai profili istituzionali, alle fonti del diritto ambientale e all'ambito delle competenze; particolare attenzione verrà dedicata alla Costituzione, in termini generali, delle procedure pianificatorie e autorizzatorie. Seguirà una trattazione sistematica delle discipline di settore: inquinamento atmosferico, da rifiuti, elettromagnetico, acustico. Un'analisi sarà dedicata alla disciplina dei rischi industriali.

**SCIENZE UMANE**

## Programma

Tematici generali: ambiente e diritto; principi costituzionali in materia ambientale; l'Unione Europea e l'intervento in materia ambientale; dal ravvicinamento delle legislazioni alla fu-ndazione 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 tra il Governo e il Ministero dell'Ambiente; le Regioni; gli enti locali (Province, Comuni e Consorzi intercomunali); gli organismi tecnico-consulenti statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale: la pianificazione; le autorizzazioni; i presupposti oggettivi e oggettivi; i procedimenti; criteri e prescrizioni; le procedure di controllo.

Le discipline di settore: la Valutazione di Impatto Ambientale; il danno ambientale; l'inquinamento acustico e la gestione delle risorse silenziose; l'inquinamento atmosferico; la gestione dei rifiuti; l'inquinamento elettromagnetico; l'inquinamento idrico; prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (PRIR).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie; la normativa interna (leggi, decreti, ordini di applicazione, circolari, note, commenti, critica).

## Bibliografia

R. Ferrara - F. Fracchia - N. Olivetti-Kason, *Diritto dell'ambiente*, Laterza, Bari, 1999  
R. Ferrara - R. Lombardi, *Codice dell'ambiente*, Cedrus, Padova, 2008  
Altri testi e appesi dottrinali e giurisprudenziali verranno indicati dal docente su base specifica.

## 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.

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	<b>Riccardo MONTANARO</b>

---

### **Presentazione 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.

### **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.

Periodo: 4  
Crediti: 3  
Precedenze obbligatorie:  
Docente: Roberto SALIZZONI

### **Presentazione del corso**

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. È 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).

### **Laboratori e/o 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.

### **Esame**

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

Periodo:	4
Crediti:	2
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	<b>Roberto SALIZZONI</b>

### **Presentazione del corso**

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. È 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.

### **Laboratori e/o 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.

### **Esame**

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

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	<b>Paolo VINEIS</b>

---

### **Presentazione 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 "principalismo"). 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 politetiche (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
- R. 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.

### **Esame**

Si baserà sulla discussione di un caso presentato dallo studente.

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

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	Alberto VOLTOLINI

---

## *Presentazione 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 causalizzazione 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.

## Esame

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

### Presentazione del corso

Il corso si inserisce in due parti. In un primo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo esterno. In un secondo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo interno. Il corso si divide in due parti. In un primo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo esterno. In un secondo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo interno.

Il corso si divide in due parti. In un primo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo esterno. In un secondo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo interno.

Il corso si divide in due parti. In un primo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo esterno. In un secondo momento si affronta il problema della mente e del corpo, con particolare riferimento alla concezione di una mente che si rapporta al mondo interno.

# 01DAR    **FILOSOFIA DELLA MENTE B** **(MENTE CERVELLO E COMPUTER)**

Periodo:	4
Crediti:	2
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	<b>Alberto VOLTOLINI</b>

---

## **Presentazione 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 causalità 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.

## Esame

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

Il corso si incentra in due parti. In prima parte si affronta la seconda di approfon-  
dimento teorico (II). Nella prima parte saranno presentate alcune problematiche (ma-  
teriali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione  
di che cosa sia stato mentale: la prospettiva filosofica, quella computazionale,  
quella naturalista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista sotto la veste  
del *mind-body*, come funzionalismo mentale, quanto alla sua versione più solida,  
come il funzionalismo computazionale. Questa versione presuppone di dedurre per  
inferenza la funzione ad un problema che il verificarsi regolare delle sue caratteristiche  
da un lato e dall'altro lato dell'intelligenza artificiale dell'ente che si studia, ossia se il  
problema può la mente e il computer formare la classe per comprendere che cosa  
diventa la mente o sia soltanto una struttura che per capire il suo funzionamento.  
Attraverso l'analisi di queste prospettive, si capisce di distinguere le due fondamentali  
visioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione natu-  
ralista, per cui tutto ciò che è mentale risulta dall'ordine naturale del mondo e può  
dunque in linea di principio essere spiegato dalle scienze naturali, e quella anti-  
naturalista, 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 riveduti alla luce della presenza di che cosa sia coscienza  
e il problema della mente - corpo (cervello) e il problema della loro inter-  
relazione. In questa parte si vedranno alla testimonianza di un programma di naturalista  
versione della mente: il carattere quantitativo e soggettivo degli stati mentali, l'es-  
istenza del contenuto mentale e dell'intenzionalità, così del fatto che gli stati mentali  
verano su cose ed eventi del mondo.

## Programma

- Il rapporto mente-corpo: stati mentali coscienti ed altri.
- Il carattere quantitativo del mentale: che cosa può uno stato mentale rapporto al suo  
oggetto come dotato di certe qualità oggettive?
- Il problema del contenuto mentale: l'oggettività del contenuto per l'individuazione  
di uno stato mentale; l'intenzionalità e natura della proprietà di avere un contenuto per  
uno stato mentale.
- La questione della naturalizzazione dell'intenzionalità: il fatto di uno stato men-  
tale se un certo oggetto e una proprietà che appartiene all'ordine naturale del mondo?

## Bibliografia

- *Forme di riferimento*
- M. Salucci, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.
- Roma 1998.

## 01DAY FILOSOFIA E SCIENZA DEL NOVECENTO

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	Franca D'AGOSTINI

---

### **Presentazione del corso**

Obiettivo 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).

### **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 neoeempirismo, 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.

### **Esame**

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

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).

### Presentazione del corso

Questo corso è formato da tre parti: la prima parte è dedicata alla storia della filosofia nel secolo scorso, in particolare al pensiero di Hegel, Schopenhauer, Nietzsche e Wittgenstein. La seconda parte è dedicata alla filosofia analitica, in particolare al pensiero di Frege, Carnap, Popper e Kuhn. La terza parte è dedicata alla filosofia continentale, in particolare al pensiero di Heidegger, Merleau-Ponty e Sartre. Il corso è tenuto in lingua italiana e prevede lezioni, seminari e esercitazioni scritte e orali.

Il corso intende fornire ai partecipanti le conoscenze e le competenze necessarie per comprendere i problemi, le condizioni e le opportunità del rapporto tra filosofia e scienza.

### Programma

- La filosofia e la scienza: la filosofia e le scienze del pensiero nel primo anni del Novecento.
- Neopositivismo e filosofia analitica (Frege, Carnap, Popper, Kuhn).
- Esistenzialismo ed ermetismo (Heidegger, Merleau-Ponty, Sartre).

### Bibliografia

- Tomo 5, corso.
- F. D'Agostini, *Breve storia della filosofia nel Novecento*, L'Asinara, Pisa, 1998.
- Emmanuel, *Levi-Strauss*, coll. "L'Espresso", n. 11.
- Un testo a scelta tra i seguenti:
- G. Frege, *Il linguaggio, la logica e la filosofia*, Garzanti, Milano.
- S. Carnap, *Logica e probabilità*, Garzanti, Milano.
- R. Carnap, *Introduzione alla filosofia scientifica del mondo*, Utet, Torino.
- R. Carnap, *Il fondamento della logica scientifica*, in A. Papineau, *Il neopositivismo*, Utet, Torino.
- K. Popper, *La conoscenza oggettiva*, in F. Bacci, *Lezioni di filosofia analitica*, R. U. R.
- M. Heidegger, *Introduzione a Essere e tempo*, Longanesi, Milano.

### Esame

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

# 01CCA INTRODUZIONE AL PENSIERO CONTEMPORANEO

Periodo: 1  
Crediti: 5  
Precedenze obbligatorie:  
Docente:

Marilena ANDRONICO

---

## 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, verificaione; 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.

## 01CJQ SOCIOLOGIA DELLE COMUNICAZIONI DI MASSA A

Periodo: 1  
Crediti: 5  
Precedenze obbligatorie:  
Docente:

Chiara OTTAVIANO

---

### **Presentazione del corso**

Il corso mira a fornire strumenti di conoscenza utili per orientarsi all'interno della società contemporanea, oggi in profonda trasformazione anche rispetto alle innovazioni in corso nei modi e sistemi di comunicazioni. Non si tratta però solo di capire cosa ha implicato in tempi recenti la cosiddetta rivoluzione digitale, ma di comprendere come, sin dalle sue origini, i modi di produzione delle società industriali siano stati profondamente condizionati dai modi di comunicazione e trasmissione delle informazioni. Il corso avrà pertanto carattere interdisciplinare con punti di vista sociologici, economici, storici, culturali. Un'attenzione particolare sarà dedicata alle professioni e alle istituzioni coinvolte, nell'industria e nel mercato, ma anche al ruolo degli utenti finali, i consumatori, che possono o meno adottare le opportunità tecnologiche offerte. L'analisi di alcuni casi relativi all'introduzione di ormai "vecchi" mezzi di comunicazione sarà di ausilio per un approccio critico alla lettura di alcune ipotesi, oggi diffuse, intorno agli effetti e alle conseguenze delle cosiddette nuove tecnologie della comunicazione.

La stessa definizione di comunicazione di massa, coniata negli anni trenta, appare oggi non del tutto adeguata, giacché non comprende le innovazioni, tecniche e sociali, introdotte dalla telematica e dai mezzi che consentono interattività (in particolare Internet).

### **Laboratori e/o esercitazioni**

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

### **Programma**

La cosiddetta "società dell'informazione": definizioni e quadro teorico

Le tesi di J. Beniger sulla "rivoluzione del controllo", in riferimento all'origine della società dell'informazione.

Cenni sulla storia e l'evoluzione dei mezzi e dei modi di comunicazione

Il tema della negoziazione sociale a proposito dell'introduzione di vecchie e nuove tecnologie della comunicazione: analisi di casi.

### **Bibliografia**

C.Ottaviano, Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem, Torino, Paravia, 1997

J. Meyrowitz, Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale, Bologna, Baskerville 1993

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

## Esame

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

## **01CJR    SOCIOLOGIA DELLE COMUNICAZIONI DI MASSA B**

Periodo: 2

Crediti: 5

Precedenze obbligatorie:

Docente: Chiara OTTAVIANO

---

### ***Presentazione del corso***

Il corso è da intendersi come un approfondimento del modulo I.

Al centro dell'attenzione saranno i mezzi di comunicazione di massa, e in particolare la radio, il cinema e la televisione, "agenti di socializzazione" fra i più significativi nella società contemporanea.

L'attenzione sarà rivolta alla tradizione degli studi sociologici sul tema, ma anche agli aspetti relativi al carattere industriale e agli apparati del broadcasting, alle professioni coinvolte, agli aspetti legislativi.

Specifiche esercitazioni saranno dedicate all'analisi del linguaggio audiovisivo con esempi tratti da fonti d'archivio come i cinegiornali, e da fonti coeve, come i telegiornali.

### ***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.

### ***Esame***

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

## 01DAS STORIA CONTEMPORANEA A

Periodo: 4  
Crediti: 3  
Precedenze obbligatorie:  
Docente: Gian Carlo JOCTEAU

---

### **Presentazione del corso**

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

### **Programma**

La storia contemporanea e le sue periodizzazioni.  
Lo sviluppo economico moderno.  
Il progresso tecnico.  
La rivoluzione industriale inglese e le vie di trasmissione dell'industrializzazione.  
Le vie nazionali all'industrializzazione.  
La crisi delle società di ancien régime.  
L'andamento demografico.  
Classi, ceti e gruppi sociali.  
Lo stato moderno.  
Gli stati liberali.  
Democrazia, socialismo e totalitarismo.  
Gli equilibri geopolitici ed i loro mutamenti.

### **Bibliografia**

P. Macry, La società contemporanea. Un'introduzione storica, Il Mulino, Bologna, 1995  
S. Pollard, La conquista pacifica. L'industrializzazione in Europa dal 1760 al 1970, Il Mulino, Bologna, 1989.

### **Esame**

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

Periodo:	4	Periodo:
Crediti:	2	Crediti:
Precedenze obbligatorie:		Precedenze obbligatorie:
Docente:	<b>Gian Carlo JOCTEAU</b>	Docente:

---

### **Presentazione del corso**

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

### **Programma**

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.

### **Esame**

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

### **Esame**

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

# 01DAX STORIA DELL'INNOVAZIONE (L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA PRIMA E DOPO LA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE)

Periodo: 4

Crediti: 3

Precedenze obbligatorie:

Docente: Luisa DOLZA

---

## ***Presentazione 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 Desargues, 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 (Noscenze 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.

## 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.

## 01DAU STORIA DELLA FILOSOFIA CONTEMPORANEA A

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	Alberta REBAGLIA

---

### **Presentazione 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.

### **Esame**

È 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.

# 01DAV STORIA DELLA FILOSOFIA CONTEMPORANEA B

Periodo:	4
Crediti:	2
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	Alberta REBAGLIA

---

## Presentazione 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'informatizzazione 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.

## Esame

È 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)

Periodo:	1
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	Vittorio MARCHIS

---

## **Presentazione del corso**

Il corso vuole fornire agli studenti la capacità di inquadrare gli oggetti e i sistemi tecnici nella loro prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse sul concetto di storia, sul ruolo e sulle finalità della ricerca storica, e specificamente sul significato della storia della tecnologia. In parallelo 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.

## Laboratori e/o esercitazioni

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.

## 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.

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

Periodo:	2
Crediti:	5
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	Vittorio MARCHIS

---

## **Presentazione 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 socio-culturali 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.

## **Laboratori e/o esercitazioni**

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.

## 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.

## 01DAZ    TECNICHE DI SCRITTURA

Periodo:	4
Crediti:	3
Precedenze obbligatorie:	
Docente:	<b>Marina BELTRAMO</b>

---

### **Presentazione 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
- Usò delle risorse tipografiche
- Simboli
- Illustrazioni.

### **Laboratori e/o esercitazioni**

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.

### **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.