

# Scienza e Tecnologia dei Materiali

## Finalità

La Laurea Specialistica in Scienza e Tecnologia dei Materiali ha la finalità di formare professionisti in grado di inserirsi nelle attività produttive e nei centri di ricerca dedicati allo studio dei Nuovi Materiali. Il Laureato Specializzato deve avere le conoscenze scientifiche necessarie alla produzione e alla caratterizzazione dei materiali innovativi e di frontiera. Inoltre dovrà aver maturato le capacità di coordinare progetti complessi in ambito interdisciplinare e sviluppare le attitudini necessarie al lavoro di gruppo.

## Obiettivi formativi

Obiettivi di questo corso sono: acquisire le conoscenze di Fisica e di Chimica, nonché le competenze sperimentali utili allo sviluppo di nuovi materiali partendo dalla conoscenza degli atomi e delle molecole che li compongono; le conoscenze di base della Matematica e dell'Informatica necessarie ad elaborare modelli e a trattare i dati derivanti dallo studio dei materiali innovativi; possedere la metodologia ingegneristica necessaria a prefigurare processi complessi che richiedano alte capacità organizzative; essere capaci di progettare, gestire e coordinare esperimenti che coinvolgono discipline diverse; infine acquisire una sufficiente cultura d'impresa e la capacità di comunicare per iscritto e verbalmente in una seconda lingua della comunità europea.

## Attività formative

Il curriculum della Laurea Specialistica comprende: corsi di Matematica; corsi di Fisica moderna, finalizzati alla comprensione della correlazione proprietà-struttura, all'uso di tecniche fisiche per il trattamento e la caratterizzazione dei materiali; corsi di Chimica mirati alla sintesi e alla caratterizzazione composizionale di materiali funzionali; corsi di Ingegneria mirati alla progettazione e allo studio delle proprietà funzionali di nuovi materiali per dispositivi elettronici basati sullo sviluppo delle nanostrutture e dei biomateriali.

Infine il conseguimento della Laurea Specialistica prevede una approfondita conoscenza delle metodiche sperimentali e una attività esterna presso industrie o centri di ricerca specializzati nella progettazione e/o nella realizzazione di Nuovi Materiali.

## Sbocchi professionali

Il conseguimento della Laurea Specialistica in Scienza e Tecnologia dei Materiali consente l'inserimento, con alta qualificazione professionale, presso industrie elettroniche, optoelettroniche, dei polimeri e del riciclo dei materiali. Certificazione di qualità nei settori commerciali dell'alta tecnologia. Attività professionale nel settore dei Beni Culturali ed Ambientali. Attività di ricerca presso enti pubblici e privati. Inoltre questa Laurea Specialistica afferendo alla classe di Scienza e Ingegneria dei Materiali 61/S permette l'accesso al dottorato di ricerca in Scienza dei Materiali e al dottorato di ricerca in Ingegneria dei Materiali.

## Ordinamento degli Studi

### ► PRIMO ANNO

#### I Semestre

Complementi di Analisi Matematica	5 CFU
Metodi sperimentali per la caratterizzazione dei Materiali	5 CFU
Teoria dello Stato Solido	6 CFU
Biomateriali	5 CFU

Biochimica introduttiva alla bioelettronica	4 CFU
Inglese II	4 CFU

### II Semestre

Probabilità e Statistica	5 CFU
Scienza e Tecnologia dei Materiali 2	5 CFU
Metallurgia 2	5 CFU
Optoelettronica	5 CFU
Sensori e Rivelatori	5 CFU
Corso Libero	5 CFU

## ►► SECONDO ANNO

### I Semestre

Chimica dei Solidi 2	6 CFU
Elettronica Biologica e Molecolare	5 CFU
Materiali per Protesi Mediche	6 CFU
Corsi Liberi	6 CFU
Inizio Tesi	7 CFU

### II Semestre

Materiali Nanostrutturati per l'elettronica	4 CFU
Ecologia applicata	3 CFU

Completamento tesi ed esame finale	23 CFU
------------------------------------	--------

## PROGRAMMI DEI CORSI

### ► PRIMO ANNO• I Semestre

#### COMPLEMENTI DI ANALISI MATEMATICA

<b>Prof. A Schiaffino</b>	5 CFU
Programma da concordare.	

#### TEORIA DELLO STATO SOLIDO

<b>Dr.ssa O. Pulci</b>	6 CFU
------------------------	-------

##### PROGRAMMA

L'approssimazione di Born-Oppenheimer. Richiami: Reticolo di Bravais, Reticolo Reciproco, Diffrazione raggi x (Von Laue). Teoria delle bande nei solidi: Teorema di Bloch, L'elettrone quasi libero (elettrone in potenziale debole), Tight binding, Hartree, Hartree-Fock, La teoria del Funzionale Densità, Esempi e applicazioni a solidi infiniti, superfici, clusters. Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo: Regola d'oro di Fermi, Calcolo della funzione dielettrica, Relazioni di Kramers Kronig, Calcolo della riflettività. Teoria della massa efficace. Gli eccitoni. Proprietà vibrazionali nei solidi: I fononi, Calcoli di bande fononiche nella approssimazione del Funzionale Densità.

#### BIOMATERIALI

<b>Prof. G. Paradossi</b>	5 CFU
---------------------------	-------

##### PROGRAMMA

Biomateriali soffici: definizioni, polimeri funzionalizzati, colloidali. Microstrutture e mesostrutture. Caratterizzazione di equilibrio e dinamica dei componenti in fase gel: metodi reologici, spettroscopici, calorimetrici e di scattering. Teorie della gelazione. Applicazioni: sostituti tissu-

tali, agenti di contrasto per ultrasuoni, veicolatori per rilascio controllato di farmaci.

## **BIOCHIMICA INTRODUTTIVA ALLA BIOELETTRONICA**

**Prof. M. Paci**

4 CFU

### **PROGRAMMA**

Cenni generali sulla cellula, cellule mesofile ed estremofile. La biosintesi delle proteine. La struttura del legame peptidico. Strutture primaria, secondaria e terziaria. Cenni sulle strutture quaternarie. Le topologie delle proteine. Le proteine strutturali, gli enzimi e le proteine regolatrici. Proteine di membrana. Il ruolo dei metalli redox nei metalloenzimi. Cenni sulle tecniche di supporto su fasi solide e gel.

## **METODI SPERIMENTALI PER CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI**

**Prof. I. Davoli**

5 CFU

### **PROGRAMMA**

Vuoto: Richiami della teoria cinetica dei gas. I differenti regimi di Vuoto. Criteri per la progettazione dei sistemi da vuoto. Misuratori e sistemi di pompaggio. Materiali utilizzabili nei sistemi da U.H.V. Ottica: I principi dell'ottica geometrica, definizione ed unità delle sorgenti, rifrazione e riflessione, specchi, finestre, sistemi di lenti, prisma, reticoli. Funzionamento di un monocromatore. Principio di funzionamento di un Laser. Ottica delle particelle cariche: Principio di funzionamento delle lenti elettrostatiche, metodo matriciale per la realizzazione di un sistema ottico elettrostatico. Sorgenti di particelle cariche, analizzatori di particelle, CMA, risoluzione energetica. Rilevatori di radiazioni: Estrazione di elettroni da un solido. Fotodiodi, fotomoltiplicatori, channeltron, rivelatori a matrice, multi-channel plate. Caratterizzazione delle superfici di un solido: Spettroscopia Auger, spettroscopia di fotoemissione. Transizione e livelli energetici. Intensità e posizione delle righe Auger. Tecniche diffrattometriche degli elettroni emessi (AED, PED)

### **TESTI CONSIGLIATI**

J.H. Moore, C.C. Davis, M.A. Coplan, "Building Scientific Apparatus - Second Edition", Addison Wesley; E. Roth, "Vacuum technology", North Holland, 1982; E.A. Kurz, "Channel Electron Multipliers", American Laboratory, 1979; Brigg, Seah, "Practical surface analysis", John Wiley, 1983.

## **► PRIMO ANNO • II Semestre**

## **PROBABILITA` E STATISTICA**

**Prof.ssa L. Caramellino**

5 CFU

### **PROGRAMMA**

Si tratta di una introduzione ai modelli discreti del calcolo delle probabilità, con qualche accenno a quelli continui. Introduzione. Spazi di probabilità e loro proprietà. Probabilità condizionali, eventi indipendenti. Probabilità uniformi, elementi di calcolo combinatorio. Modelli discreti. Variabili aleatorie (v.a.) discrete e loro leggi. Leggi congiunte e loro uso. V.a. indipendenti. Leggi binomiali, geometriche, di Poisson. Speranza matematica. Momenti di una v.a., varianza, disuguaglianza di Chebyshev, covarianza. Cenni sui modelli continui. Leggi normali e leggi Gamma, loro applicazioni. La legge dei grandi numeri e le sue applicazioni. Teorema limite centrale, approssimazione normale.

## **SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI**

**Prof. G. Gusmano**

5 CFU

**Collaboratori: Prof. G. Montesperelli**

## OBIETTIVI DEL CORSO

Introdurre gli studenti alle problematiche della corrosione dei materiali metallici, sia da un punto di vista teorico che sperimentale, anche attraverso la descrizione di casi pratici.

## PROGRAMMA

Elementi di termodinamica e cinetica elettrochimica applicati ai fenomeni corrosivi. Fattori di corrosione. Evoluzione dei fenomeni di corrosione nel tempo. Le forme di corrosione. Monitoraggio della corrosione negli impianti industriali. Metodi di protezione e prevenzione. Studio di casi di corrosione. Esercitazioni di laboratorio

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense del docente.

Pietro Pedferri "Corrosione e Protezione dei Materiali Metallici" Ed. CLUP.

## **METALLURGIA**

**Prof. R. Montanari**

5 CFU

**Collaboratori: Ing. G. Costanza, Ing. M.E. Tata**

## OBIETTIVI DEL CORSO

Meccanismi alla base delle proprietà dei metalli.

## PROGRAMMA

Carte delle proprietà. Gerarchia delle cause delle proprietà dei metalli. La struttura elettronica dei metalli. Solidificazione di metalli puri e leghe. Tipi di interfaccia tra fasi diverse. Difetti di punto, dislocazioni, geminati, difetti di impilamento, bordi di grano. Produzione di materiali metallici nanocristallini e amorfi. Metallurgia delle polveri. Deformazione plastica di monocristalli e policristalli. Influenza dei trattamenti termici. Meccanismi di rinforzo. Trattamenti superficiali.

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti delle lezioni.

## **OPTOELETTRONICA**

**Prof. A. Reale**

5 CFU

## OBIETTIVI DEL CORSO

Il corso si propone lo studio dei dispositivi optoelettronici con particolare attenzione verso quelli utilizzati per le comunicazioni ottiche a larga banda. Partendo dai concetti fondamentali, vengono illustrati diversi tipi di laser, amplificatori ottici e modulatori attualmente utilizzati.

## PROGRAMMA

Materiali semiconduttori per l'optoelettronica. Laser Fabry-Perot. Laser DFB e DBR. Laser a buca quantica. Modulazione. VCSEL. Amplificatori ottici a semiconduttore. Amplificatori ottici in fibra. Modulatori Elettroottici.

## **SENSORI E RIVELATORI**

**Prof. C. Di Natale**

5 CFU

## OBIETTIVI DEL CORSO

Fornire una panoramica dei principi di funzionamento di sensori per grandezze fisiche, chimiche e biologiche. Definire i parametri che consentono di valutare le prestazioni di sensori e i criteri generali per l'uso di sensori in circuiti elettronici.

## PROGRAMMA

Classificazione dei sensori e parametri fondamentali. Cenni di elettronica per sensori. Sensori di temperatura, radiazione e.m., grandezze meccaniche. Sensori di grandezze chimiche in atmosfera e in soluzione. Principi dei biosensori. Calibrazione di sensori

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense del corso articoli su argomenti specifici saranno disponibili durante il corso.

## **ELETTRONICA BIOLOGICA E MOLECOLARE**

**Prof. A. Di Carlo**

5 CFU

### PROGRAMMA

Scopo del Corso è introdurre lo studente ai nuovi materiali organici attualmente utilizzati in elettronica ed ai dispositivi su di essi basati.

Prima parte: breve ripasso della chimica organica e descrizione quantistica delle molecole e dei composti organici. Vengono descritti i metodi indagine sperimentale per la caratterizzazione di questi materiali (caratterizzazione morfologica, ottica ed elettronica).

Seconda parte: si studiano sia i processi tecnologici per la realizzazione dei dispositivi inorganici sia i più importanti dispositivi sui materiali organici (OLET, OTFT, celle fotovoltaiche);

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense del del Prof. Aldo di Carlo.

## **CHIMICA DEI SOLIDI 2**

**Prof. M. Tomellini**

6 CFU

### PROGRAMMA

A) Termodinamica delle interfasi. Energia libera d'eccesso: teoria di Chan-Hilliard. Superfici dei solidi. Tensione superficiale. Teorema di Wulff. Fisisorbimento e Chemisorbimento. Isotherme di adsorbimento. Cinetica di adsorbimento.

B) Funzione lavoro. Metodo di Kelvin per la misura del potenziale di contatto. Effetto termoionico. Semiconduttori di tipo p ed n.

C) Classificazione delle transizioni di fase. Transizioni ordine-disordine nelle leghe binarie. Approccio di Bragg-Williams. Calore specifico al punto di transizione. Cinetica delle transizioni di fase. Processi di nucleazione e crescita. Teoria di Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami.

## **MATERIALI PER PROTESI MEDICHE**

**Dr.ssa L. Cerroni**

6 CFU

### PROGRAMMA

Proprietà biologiche; proprietà fisiche; proprietà meccaniche; proprietà superficiali; biocompatibilità; normative dispositivi medici; leghe; titanio; tipi di corrosione; materiali ceramici; cementi; materiali polimerici; biopolimeri; materiali compositi; trattamenti superficiali; requisiti dei materiali in funzione delle diverse discipline mediche.

## **ECOLOGIA APPLICATA**

**Dr.ssa. E. Ciccotti**

3 CFU

### PROGRAMMA

Ecologia ed Ecologismo. Problematiche ecologiche. Gli oggetti di studio dell'ecologia alle differenti scale della biodiversità (geni, organismi, popolazioni, comunità, ecosistemi). Habitat e Nicchia ecologica. I descrittori abiotici e biotici, le relazioni intra ed interspecifiche.

Conservazione della natura, impatti ambientali e loro mitigazione, sviluppo sostenibile, certificazione ambientale, materiali ed ecocompatibilità, il problema dei rifiuti solidi urbani, combustibili ed inquinamento, relazioni salute ambiente.

## **MATERIALI NANOSTRUTTURATI PER L'ELETTRONICA**

**Prof.ssa M.L. Terranova**

4 CFU

### PROGRAMMA

Introduzione ai nanomateriali inorganici ed alle nanostrutture (0-D, 1-D e 2-D). Gli approcci: bottom-up e top-down. Tecniche di processo: sintesi chimiche, trattamenti post-sintesi, tecni-

che litografiche. Caratterizzazioni, proprietà ed applicazioni di importanti classi di materiali, con particolare riferimento ai nanotubi di Carbonio ed agli ossidi mesoporosi.