

# Scienza e Tecnologia dei Materiali

## **Finalità**

La Laurea Magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali ha la finalità di formare professionisti in grado di inserirsi nelle attività produttive e nei centri di ricerca dediti allo studio dei Nuovi Materiali.

Il Laureato Magistrale 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 Magistrale 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 Magistrale prevede una approfondita conoscenza delle metodiche sperimentali e una attività originale di ricerca presso l'università le industrie o centri di ricerca specializzati nella progettazione e/o nella realizzazione di Nuovi Materiali.

## **Sbocchi professionali**

Il conseguimento della Laurea Magistrale 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 Magistrale afferendo alla classe di Scienza e Ingegneria dei Materiali 61/S permette l'accesso ai dottorati di ricerca in Fisica, Chimica ed Ingegneria dei Materiali.

### Ordinamento degli Studi

I° Anno	I° semestre		
[C]	Fis/03	Teoria dei Solidi e Modelli Molecolari	8 cfu
[AI]	Ing-Inf/01	Elettronica Organica e Biologica	6 cfu
[AI]	Mat/06	Probabilità e Statistica	6 cfu
[C]	Ing-Ind/22	Compositi e Ceramiche	6 cfu
[--]	- - -	Corso a scelta	6 cfu
<hr/>			
	II° semestre		
[C]	Chim/02	Biomateriali	6 cfu
[C]	Chim/03	Chimica dei Solidi 2	8 cfu
[C]	Ing-Ind/21	Metallurgia	6 cfu
[AI]	Bio/10	Macromolecole e Processi Biochimici	6 cfu
[--]	L-lin/12	Lingua Inglese (corso avanzato)	4 cfu
<hr/>			
II° Anno	I° semestre		
[C]	Fis/03	Microscopia e Nanoscopia	6 cfu
[C]	Fis/03	Materiali Superconduttori	6 cfu
[--]	- - -	Corso a scelta	6 cfu
[--]	- - -	Inizio Tesi	12 cfu
<hr/>			
	II° semestre		
[C]	Chim/03	Materiali Nanostrutturati per l'Elettronica	6 cfu
[--]	- - -	Completamento Tesi ed Esame Finale	22 cfu
			<b>Tot. Cfu 120</b>

\*\*\*\*\*

### Programmi dei corsi

**Biomateriali - 6 CFU**

*Prof. Gaio Paradossi*

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

\*\*\*\*\*

### **Chimica dei Solidi 2 - 8 CFU**

*Prof. Massimo Tomellini*

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.

\*\*\*\*\*

### **Compositi e Ceramiche - 6 CFU**

*Prof.<sup>ssa</sup> Francesca Nanni (Fruito dal corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)*

1) Ceramic materials:

*structure of ceramics*: mechanical and functional properties of ceramics *the ceramic process*: powder synthesis, forming and sintering.

2) Composite materials:

*polymeric matrix composite materials (PMC)*: main types of matrix and reinforcements, unidirectional, short fibres and particle composites, micromechanical model of unidirectional and particle composites, notes on fracture mechanics, toughness, impact and fatigue resistance of composites, notes on nanocomposites

*notes on metal matrix composites (MMC)*: main types of matrix and reinforcements, main MMC properties;

*notes on ceramic matrix composites (CMC)*: main types of matrix and reinforcements, main CMC properties;

3) Surface Engineering:

*thermal-spray- processes*: main techniques: plasma spray, flame spray, arc spray, thermal sprayed coating form and main properties. *PVD and CVD processes*

4) Notes on material selection in mechanical design (Ashby methodology)

\*\*\*\*\*

### **Elettronica Organica Biologica - 6 CFU**

*Prof. Thomas Brown (Fruito dal corso di Laurea in Ingegneria Elettronica)*

La tecnologia dell'optoelettronica organica si basa su nuovi materiali semiconduttori basati su composti del carbonio come molecole organiche o polimeri. Questi materiali possono essere sintetizzati in modo da controllarne diverse proprietà semiconduttive utili per applicazioni come la luminescenza (LED), il trasporto e la mobilità di carica (transistor), l'assorbimento di luce (fotodiodi e celle fotovoltaiche), e la modulazione di tali proprietà dovute a sollecitazioni esterne (es. sensori di gas e pressione). Inoltre questi materiali non solo

hanno una flessibilità meccanica intrinseca ma hanno anche la possibilità di essere depositati su larga area mediante semplici tecniche di evaporazione (per piccole molecole) o di stampa (per i polimeri solubili in solventi organici) come l'ink jet printing o la serigrafia sia su substrati rigidi che flessibili. È per questo che tale tecnologia è anche conosciuta come "plastic" o "printed" electronics.

Dopo una introduzione alla chimica organica e alla descrizione quantistica delle molecole e dei composti organici, il corso esplicherà il funzionamento e le architetture dei dispositivi optoelettronici a semiconduttori organici, in particolare gli Organic (o Polymer) Light Emitting Diodes (OLED, PLED), Organic Thin Film Transistors (OTFT), Organic Solar Cells (OSC), Dye Solar Cells (DSC), sensori organici e dispositivi piezoelettrici. Successivamente si studierà il funzionamento, la progettazione e le tecniche realizzative di applicazioni in via di sviluppo basate su questi dispositivi come i Flat Panel Displays OLED (oggi già in commercio come schermi di MP3 players e telefoni cellulari), la carta elettronica (E-Paper- con il case study della Plastic Logic Ltd), chip RFID, Sensori di gas o di pressione, photodetector arrays e moduli fotovoltaici.

Vi sarà una parte del corso dedicata ad esperienze in laboratorio dove verranno investigati i metodi di indagine sperimentale per la caratterizzazione dei materiali organici (caratterizzazione morfologica, ottica e elettrica), dei dispositivi e delle applicazioni (display OLED e Celle Solari DSC). Inoltre lo studente porterà avanti la costruzione di celle DSC e la loro caratterizzazione IV: sotto simulatore solare per estrarne i parametri fondamentali (es efficienza di conversione) oppure sotto luce monocromatica per lo studio dell'efficienza quantica esterna del dispositivo.

Una parte del corso verterà sui dispositivi e sui sistemi optoelettronici per il gene detection o rilevazione genetica. Dopo una breve introduzione sui concetti basilari della biologia molecolare, verrà introdotta la Green Fluorescent Protein (GFP) che viene usata come marker o come rilevatore di processi metabolici o genetici all'interno di cellule o organismi. Il corso poi mostrerà come vengono progettati, costruiti e utilizzati (usando come case study il caso della fibrosi cistica) i gene chip arrays mediante o tecniche fotolitografiche (case study Affymetrix) o tecniche come l'ink jet printing. Il corso investigherà la bioluminescenza e come tali processi naturali (come quello della lucciola) sono stati utilizzati per progettare e costruire tra i sistemi più potenti oggi per fare rilevazione di DNA (come quelli basati sul pyrosequencing). L'elettronica organica (anche conosciuta come "stampata" o "plastica") sta conoscendo un grosso sviluppo a livello internazionale ed è stata identificata dagli organi della Comunità Europea come molto importante (e su cui investire) in quanto l'Europa è già all'avanguardia in questo settore. Alcune applicazioni sono già in commercio (come gli OLED nei telefoni cellulari) ed altre (E-Paper, DSC) sotto sviluppo in linea pilota di varie realtà industriali europee. La parte sui dispositivi optoelettronici per la rivelazione di geni o DNA si colloca anch'esso in un settore dagli ampi sviluppi futuri come la parte hardware della bio-informatica. Questo corso darà allo studente gli strumenti necessari per capire il funzionamento dei dispositivi e come vengono progettate le applicazioni in questi due settori in forte crescita a livello internazionale.

\*\*\*\*\*

#### **Lingua Inglese (corso avanzato) - 4 CFU**

*Docente da definire (Fruito dal corso di Laurea in Matematica Pura ed Applicata)*

-----

\*\*\*\*\*

#### **Macromolecole e Processi Biochimici - 6 CFU**

*Dott.ssa Sonia Melino*

Il corso guida lo studente verso la conoscenza delle basi molecolari dei processi biologici che avvengono all'interno della cellula. Particolare attenzione è data allo studio delle macromolecole biologiche (lipidi, proteine, nucleic acids), della loro struttura e della loro funzione. Il corso prevede anche lo studio di alcuni processi metabolici, quali quelli che portano alla produzione di energia ed alla sintesi delle proteine, e la loro regolazione. Inoltre, sono trattati alcuni particolari argomenti quali la contrazione muscolare e la produzione di arti artificiali, il sistema sensoriale visivo, le basi biologiche dell'ingegneria tissutale, l'utilizzo di macromolecole biologiche (acidi nucleici e proteine) per la produzione di microchip (microarray).

Programma: Replicazione e Trascrizione del DNA; Sintesi Proteica Eucariotica; Aminoacidi e legame peptidico; Struttura e Funzione delle Proteine (Proteine Globulari e Fibrose); Proteine allosteriche (Emoglobina); Enzimi e cenni di Cinetica enzimatica; Regolazione enzimatica; Coenzimi e Vitamine; Processi Metabolici per la produzione di energia (glicolisi, ciclo dei TCA, fosforilazione ossidativa); Sistemi sensoriali (trasduzione del segnale visivo); Contrazione Muscolare e cenni su Muscoli Artificiali (EAP); Matrice extracellulare e cenni di Ingegneria Tissutale; Microchip con macromolecole biologiche (Microarray DNA e Proteine), Produzione di proteine ricombinanti principi generali. Esercitazioni: espressione e caratterizzazione di proteine ricombinanti; utilizzo di banche dati ed algoritmi predittivi per lo studio della struttura e funzione delle macromolecole biologiche.

### **Macromolecules and Biochemical Processes**

*The course provides the understanding of the molecular events involved in biological processes and the study of the structure and function of the biological macromolecules (lipids, proteins, nucleic acids). The following topics will be addressed: the organization of the cell, lipids and biological membranes, nucleic acids and genetic code, DNA replication and transcription, control of gene expression, protein synthesis in eukariotic system, amino acids and their properties, the shape and structure of proteins, protein function, enzymes and their regulation, allosteric proteins, hemoglobin and oxygen transport, vitamins and coenzymes, bioenergetic processes in the cell, signal transduction and visual system, molecular motors, extracellular matrix and tissue engineering, biomacromolecular microchips (Microarray of DNA and proteins).*

Testi consigliati:

Biochimica R.H. Garret e C.M. Grisham Zanichelli; Biochimica L. Stryer Zanichelli o testi analoghi di Biochimica.

\*\*\*\*\*

### **Materiali Nanostrutturati per l'Elettronica - 6 CFU**

Prof.<sup>ssa</sup> Maria Letizia Terranova

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

\*\*\*\*\*

### **Materiali Superconduttori - 6 CFU**

Prof. Matteo Cirillo

Elementi di criogenia e delle tecniche di raffreddamento dei gas. Isentropic and isenthalpic cooling.

Raffreddamento isentalpico ed isoentropico. Liquefazione e proprietà degli isotopi dell'elio. Scambiatori di calore, motori ad espansione, refrigeratori a diluizione. Smagnetizzazione adiabatica e nucleare. Termometria a basse temperature. Superconduttori del I e del II tipo. Proprietà magnetiche dei superconduttori. Il modello di London e la teoria fenomenologica di Landau-Ginsburg. Superconduttività debole (effetto Josephson e SQUIDs). I cuprati e le altre nuove famiglie di materiali superconduttori. La superconduttività a bassa dimensionalità.

\*\*\*\*\*

### **Metallurgia - 6 CFU**

*Prof. Roberto Montanari (Fruito dal corso di Laurea in Ingegneria Meccanica)*

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.

\*\*\*\*\*

### **Micoscopia e Nanoscopia - 6 CFU**

*Prof.<sup>ssa</sup> Anna Sgarlata*

Introduzione alla Scienza e alla Tecnologia su scala Nanometrica, alle Tecniche di Superficie in Ultra Alto Vuoto e alla Struttura delle Superfici Solide. Le Tecniche di Microscopia a Scansione in particolare la Microscopia a Scansione a Effetto Tunnel, La Microscopia a Forza Atomica e il Microscopio Ottico a Scansione a Effetto di Campo Vicino. Sono individuati i principi di funzionamento delle diverse tecniche atte all'acquisizione di immagini topografiche e informazioni spettroscopiche con particolare attenzione ai possibili artefatti della tecnica e alle tecniche di acquisizione e analisi. Saranno illustrati alcuni dei principali risultati ottenuti con queste tecniche. La Microscopia Elettronica : in particolare in Trasmissione (TEM) e in Scansione (SEM). Le Tecniche spettroscopiche basate sull'utilizzo dei fasci ionici quali il Cannone a Ioni Focalizzato (FIB) e le tecniche Ottiche sensibili alla superficie (Epiottica) quali la Spettroscopia di Riflessione Anisotropa (RAS) e la spettroscopia RAMAN. Per finire uno sguardo alle moderne tecniche di litografia su scala nanometrica quali la Nanolitografia basata sull'Autorganizzazione e la Nanostrutturazione Artificiale e Naturale dei materiali e delle Nanostrutture. Il corso comprende: lezioni teoriche, per lo studio dei principi teorici di base, lezioni pratiche in laboratorio, per l'acquisizione dell'uso delle diverse tecniche sperimentali ed infine una parte relativa all'analisi dei dati registrati in laboratorio e alla stesura di relazioni scientifiche.

\*\*\*\*\*

### **Probabilità e Statistica - 6 CFU**

*Dott. Claudio Macci (Fruito dal corso di Laurea in Informatica)*

Spazi di probabilità. Probabilità condizionata. Formula delle probabilità totali. Formula di Bayes. Eventi indipendenti. Cenni di calcolo combinatorio. Introduzione alle variabili aleatorie. Funzione di distribuzione. Variabili aleatorie discrete e distribuzioni discrete di uso comune (ipergeometrica, binomiale, geometrica,

binomiale negativa, Poisson). Variabili aleatorie discrete multidimensionali. Variabili aleatorie discrete indipendenti. Speranza matematica, momenti, varianza e covarianza per variabili aleatorie discrete. Disuguaglianza di Cebishev. Regressione lineare. Variabili aleatorie continue e distribuzioni continue di uso comune (uniforme, esponenziale, normale, Gamma). Processo di Poisson. Speranza matematica, momenti e varianza per variabili aleatorie continue. Legge dei grandi numeri. Teorema limite centrale. Approssimazione normale. Intervalli di confidenza. Catene di Markov a stati finiti (distribuzioni invarianti, stati transitori e stati ricorrenti, teorema ergodico).

\*\*\*\*\*

### **Teoria dei Solidi e Modelli Molecolari - 8 CFU**

*Dott.<sup>ssa</sup> Maurizia Palumbo*

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.