

# 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 crescita 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 lingua Inglese.

## **Attività formative**

Il curriculum della Laurea Magistrale comprende: corsi di Matematica; corsi di Fisica moderna, finalizzati alla comprensione della correlazione proprietà-struttura nonché 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.

Per quanto riguarda l'insegnamento scolastico la Laurea Magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali permette l'accesso alle classi di insegnamento: 13/A (Chimica e tecnologie chimiche), 14/A, 33/A, 38/A (Fisica), 48/A (matematica applicata), 54/A, 59/A (Scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali nella scuola media), 66/A, 71/A e 72/A

### **Percorsi formativi previsti**

All'interno della Laurea Magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali lo studente potrà scegliere tra due curricula:

1. Scienza e Tecnologia dei Materiali
2. Materiali per la Fotonica

L'espletamento del curriculum "Materiali per la Fotonica" è organizzato in collaborazione con il Master "Photonik" dell'Università Wildau di Berlino (<https://www.th-wildau.de/im-studium/fachbereiche/igw/igw-studiengaenge/pm-startseite.html>) e prevede la frequenza obbligatoria del secondo semestre del primo anno presso l'Università tedesca. Gli insegnamenti previsti saranno erogati in lingua inglese. Risultato di questa collaborazione è il conseguimento di una doppia pergamena: la Laurea Magistrale Italiana e il Master di II livello dell'Università di Wildau. **Possono accedere al curriculum "Materiali per la fotonica" gli studenti in regola con l'iscrizione e che hanno sostenuto almeno l'80% dei crediti per gli insegnamenti previsti per il primo semestre del primo anno della Laurea Magistrale.**

Subito dopo l'iscrizione gli studenti devono comunicare alla Segreteria della Macroarea di Scienze la loro scelta del curriculum. Questa scelta potrà essere modificata, con l'approvazione del Consiglio di Corso di Studio (CCS), prima dell'inizio del secondo semestre del primo anno.

È data facoltà agli studenti di proporre piani di studio diversi da quelli previsti, purché soddisfacenti ai vincoli di legge e coerenti con gli obiettivi

del Corso di Laurea Magistrale. Tali piani di studio devono essere sottoposti alla approvazione del CCS.

Si consiglia agli studenti di consultare il Coordinatore del Corso di Studi prima della presentazione del Piano di Studi.

### Ordinamento degli Studi – Laurea Magistrale (D.M. 270/04)

#### Legenda

CFU Credito formativo universitario

SSD Settore Scientifico Disciplinare

CCS Consiglio di Corso di Studio

[C] Attività caratterizzanti, per un minimo di xx cfu

[AI] Attività affini e integrative, per un minimo di xx cfu

[ASL] Attività a scelta libera, per un minimo di 12 cfu

#### Curriculum “SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI”

#### Ordinamento valido per gli immatricolati dall’A.A. 2017/2018

I° Anno	I° semestre			
	[C]	Fis/03	Teoria dei Solidi e Modelli Molecolari	8 cfu
	[AI]	Ing- Inf/01	Elettronica Organica e Biologica	8 cfu
	[AI]	Mat/06	Probabilità e Statistica	6 cfu
	[C]	Ing- Ind/22	Compositi e Ceramiche	6 cfu
	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
	[--]	- - -	Corso a scelta	6 cfu
II° Anno	I° semestre			
	[C]	Fis/03	Microscopia e Nanoscopia	6 cfu
	[C]	Fis/03	Materiali Superconduttori	6 cfu
	[C]	Chim/03	Materiali Nanostrutturati per l'Elettronica	6 cfu
	[--]	- - -	Corso a scelta	6 cfu
	II° semestre			

[--]	L-Lin/12	Lingua Inglese (corso avanzato)	4 cfu
[--]	- - -	Tesi ed Esame Finale	32 cfu

**Tot. Cfu 120**

\* \* \* \* \*

**Curriculum “MATERIALI PER LA FOTONICA”**

**Ordinamento valido per gli immatricolati dall’A.A. 2017/2018**

<b>I° Anno</b>	<b>I° semestre</b>		
	[C] Fis/03	Teoria dei Solidi e Modelli Molecolari	8 cfu
	[AI] Ing-Inf/01	Elettronica Organica e Biologica	8 cfu
	[AI] Mat/06	Probabilità e Statistica	6 cfu
	[C] Ing-Ind/22	Compositi e Ceramiche	6 cfu

	<b>II° semestre</b>		
	[C] Fis/03	Ottica Quantistica	6 cfu
	[C] Chim/03	Chimica dei Solidi 2	8 cfu
	[C] Ing-Inf/01	Laboratorio di Sistemi Energetici	6 cfu
	[AI] Ing-Ind/22	Materiali per la Produzione Industriale	6 cfu
	[--] - - -	Corso a scelta	6 cfu

<b>II° Anno</b>	<b>I° semestre</b>		
	[C] Fis/03	Microscopia e Nanoscopia	6 cfu
	[C] Fis/03	Materiali Superconduttori	6 cfu
	[C] Chim/03	Materiali Nanostrutturati per l’Elettronica	6 cfu
	[--] - - -	Corso a scelta	6 cfu

	<b>II° semestre</b>		
	[--] L-Lin/12	Lingua Inglese (corso avanzato)	4 cfu
	[--] - - -	Tesi ed Esame Finale	32 cfu

**Tot. Cfu 120**

\* \* \* \* \*

### **Attività a scelta e stage**

Gli studenti potranno effettuare attività a scelta per un totale di 12 CFU. Nell'ambito di questa attività potranno anche effettuare un tirocinio formativo (stage). Lo svolgimento dello stage dà diritto ad un massimo di 6 CFU e può sostituire un esame a scelta libera. Lo stage si può svolgere:

1. presso laboratori di ricerca dell'Università di Roma "Tor Vergata"
2. presso un Laboratorio di ricerca esterno all'Università
3. presso una ditta operante nel campo di competenza della Scienza dei Materiali
4. presso una istituzione estera (Università, Ente di Ricerca o Impresa).

Lo stage deve essere concordato con il Coordinatore del Corso di Studi che ne accerterà la coerenza del percorso formativo con il piano di studi; nominerà, per i casi 2, 3 e 4 il docente interno responsabile della valutazione finale (nel caso 1 è il docente presso cui si svolge lo stage); informa lo studente di tutta la procedura necessaria a svolgere sotto assicurazione il periodo di stage.

Al completamento dello stage lo studente dovrà produrre e consegnare al docente responsabile una relazione scritta che verrà valutata con un voto espresso in trentesimi e verrà comunicato alla Commissione Didattica.

### **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.<sup>ssa</sup> Silvia Orlanducci, Prof. Massimo Tomellini (codocenza)*

A) Termodinamica delle interfasi. Energia libera d'eccesso: teoria di Chan-Hilliard. Superfici dei solidi. Tensione superficiale. Teorema di Wulff. Fisisorbimento e Chemisorbimento. Isoterme 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.ssa 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 - 8 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 e da materiali ibridi organico-inorganici come per perovskiti. 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 (photodiodi e celle fotovoltaiche), e la modulazione di tali proprietà dovute a sollecitazioni esterne (es. sensori). 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), e le celle solari a perovskite. 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), la carta elettronica (E-Paper- con il case study della Plastic Logic Ltd), e moduli fotovoltaici. Vi sarà una parte del corso dedicata ad esperienze in laboratorio dove verranno mostrate le tecniche per la costruzione di celle solari e i metodi di indagine sperimentale per la caratterizzazione dei materiali organici ed ibridi e dei dispositivi basati su di essi incluso l'uso del simulatore solare per estrarre i parametri fondamentali delle celle solari (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 introdotto 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 display) ed altre (E-Paper, OPV) come dimostratori o sotto sviluppo in linee 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.

\* \* \* \* \*

### **Laboratorio di Sistemi Energetici - 6 CFU**

*Prof. Andrea Reale*

Dispositivi e Sistemi per l'Energia e l'Efficienza Energetica

Dispositivi e Sistemi per l'Energia:

Richiami interazione luce-semiconduttore: processi di assorbimento

Fotovoltaico

- Introduzione ai sistemi fotovoltaici
- Realizzazione di dispositivi di nuova generazione
- Tecniche di misura
- Stabilità e Certificazione

- Strategie di frontiera

Termoelettrici

- Introduzione
- Parametri caratteristici
- Caratterizzazione in laboratorio

Efficienza Energetica

Introduzione all'efficienza energetica

Efficienza energetica per illuminazione

Richiami interazione luce-semiconduttore: processi di ricombinazione

LED: Sorgenti ottiche ad alta efficienza energetica

- Materiali e soluzioni tecnologiche, efficienza quantica, caratteristiche spettrali
- Caratterizzazione di LED come sorgenti ottiche: la misura di spettro di emissione con uscita analizzatore di spettro ottico e le caratteristiche P-I
- Misure di colorimetria

Progettazione di sistema integrato di illuminazione (sorgenti, generatori accumulo)

Efficienza energetica nei processi tecnologici

- Introduzione
- Principi di funzionamento dei vari laser applicati all'industria
- Laser processing per materiali e dispositivi

Efficienza energetica per le comunicazioni

- Introduzione
- Dispositivi ad alta efficienza per le comunicazioni ottiche
- Esempi di sistemi di comunicazione ad alta efficienza (optical routing, Free Space Optics, etc)

\* \* \* \* \*

### **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**

*Prof.<sup>ssa</sup> 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 alle Nanoscienze ed alle Nanotecnologie: stato dell'arte e prospettive

Nanomateriali e nanostrutture (0-D, 1-D e 2-D) .

- quantum dots
- nanoparticelle e nanopolveri
- nanocapsule
- materiali nanoporosi

- nanofili e nanofibre
- dendrimeri
- film sottili

Tecniche di preparazione: sintesi chimiche, processi fisici, trattamenti post-sintesi.

Gli approcci: bottom-up e top-down.

Tecniche top-down: litografie che utilizzano radiazioni elettromagnetiche, fasci di elettroni, fasci di ioni. Altre tecniche: nanoimprinting, nanolitografia colloidale, nanoindentazione tramite AFM, processi dip-pen.

Tecniche meccaniche: macinazione, assottigliamento

Tecniche bottom-up:

- nucleazione in fase liquida
- riduzione di complessi metallici
- spray-drying
- pirolisi
- processi sol-gel
- reazioni in fase vapore
- reazioni in fase solida
- nucleazione eterogenea

Processi di funzionalizzazione

Processi di ricopertura

Processi di riempimento

Processi di organizzazione e allineamento di nanofili e nanoparticelle .

Proprietà ed applicazioni delle varie classi di nanostrutture

Caratterizzazioni strutturali, tecniche di preparazione, proprietà ed applicazioni di importanti classi di materiali, con particolare riferimento ai nanomateriali di Si e di Carbonio (fullereni, nanotubi, grafene, onions nanodiamante) ed ad alcuni ossidi: SiO<sub>2</sub> , SnO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub> .

Nanomateriali per sensoristica

Nanomateriali per celle fotovoltaiche DSSC e plastiche

Nanomateriali per catalisi

\* \* \* \* \*

### **Materiali per la Produzione Industriale - 6 CFU**

*Prof.<sup>ssa</sup> Francesca Nanni*

Il corso è articolato sullo studio di particolari classi di materiali che hanno visto negli ultimi anni crescere il loro impiego in applicazioni industriali. Si partirà con lo studio dei materiali compositi matrice polimerica e se ne analizzerà il loro impiego in applicazioni quali automotive, applicazioni aeronautiche ed aerospaziali, ingegneria civile. Si proseguirà con lo studio dei sistemi e delle metodologie di rivestimento per applicazioni tribologiche, di barriera termica e funzionali (TCO per applicazioni in elettronica). In definitiva il corso sarà articolato come segue:

1. Materiali compositi:

*materiali compositi a matrice polimerica (PMC):*

principali tipi di rinforzi e di matrici

compositi a fibre lunga, fibra corta , particellari

micromeccanica dei compositi unidirezionali e particellari

cenni alla teoria della lamina e del laminato

cenni ai nanocompositi

2. Ingegneria delle superfici:

processi di termo spruzzatura (plasma spray, flame spray, arc spray, ecc.)

processi di deposizione da fase vapore (PVD e CVD)

Processi sol-gel

Cenni di Tribologia

Esempi di applicazioni Industriali dei coatings: barriere termiche, rivestimenti trasparenti conduttori, rivestimenti antiusura e modificatori di attrito.

processi di termo spruzzatura (plasma spray, flame spray, arc spray, ecc.)

processi di deposizione da fase vapore (PVD e CVD)

3. Materiali Elastomerici

Diversi tipi di materiali elastomeri e fillers, mescole elastomeriche, vulcanizzazione, correlazione tra le proprietà degli elastomeri e le proprietà tribologiche delle gomme,

processi di produzione industriali delle gomme, metodi di caratterizzazione

4. Applicazioni Industriali di Materiali Polimerici, Compositi ed Elastomerici

Gomme, Termoplastici elastomerici, tecnopolimeri

Applicazioni all'industria: spaziale, dell'autoveicolo, aeronautica, del food packaging, dello sport e tempo libero

5. Esperienza di laboratorio con realizzazione di un materiale composito via vacuum bagging e sua caratterizzazione meccanica e micro strutturale, analisi del ciclo di vulcanizzazione delle mescole elastomeriche.

\* \* \* \* \*

**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.

\* \* \* \* \*

### **Ottica Quantistica - 6 CFU**

*Dott. Fabio De Matteis*

Dal campo elettromagnetico alla luce. I coefficienti di Einstein. Transizioni radiative negli atomi, allargamenti di riga, generalità sul laser. Fluttuazioni classiche dell'intensità di una sorgente, le diverse scale dei tempi coinvolte. Collegamento tra grandezze misurabili (assorbimento, riflettività, indice di rifrazione) e caratteristiche microscopiche di un

materiale. Teoria della risposta causale lineare: le relazioni di dispersione di Kramers-Kronig. La quantizzazione del campo elettromagnetico: il fotone. Interazione radiazione materia quantistica. Caratteristiche della radiazione classica: coerenza del primo e del secondo ordine. Formulazione quantistica: come si modifica il formalismo per la coerenza del primo e del secondo ordine. Differenze ed analogie. L'esperimento di Young. L'esperimento di Hanbury-Brown e Twiss.

#### ESPERIMENTI DI LABORATORIO

La simulazione di una sorgente di radiazione caotica

L'esperimento di Young nella forma originale del 1803

La misura del fotone singolo con un fotomoltiplicatore, separazione del segnale dal rumore.

\* \* \* \* \*

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

*Prof. Domenico Marinucci (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 Palummo, Prof.<sup>ssa</sup> Olivia Pulci (codocenza)*

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.

