



GUIDA DIDATTICA del CORSO di LAUREA MAGISTRALE in SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

L'orizzonte culturale

La SCIENZA DEI MATERIALI è una disciplina scientifica interdisciplinare, ove si uniscono e si completano le conoscenze e i metodi propri della fisica e della chimica della materia, in modo da approfondire le competenze sulla natura e sulle proprietà dei materiali, per comprendere quelli già esistenti ed eventualmente progettarne di nuovi, tenendo presente -oltre questo aspetto di ricerca- anche le applicazioni ingegneristiche e i processi di realizzazione industriale.

Il corso di studi in breve

Il corso fornisce allo studente approfondimenti disciplinari che estendono e rafforzano le conoscenze acquisite durante il primo ciclo di studi. In particolare, vengono approfondite le conoscenze delle proprietà più propriamente fisiche e chimiche dei materiali, delle loro applicazioni in campo biologico, e degli aspetti ingegneristici e tecnologici. Il corso di studi offre un percorso formativo che prevede una pluralità di attività didattiche: dagli insegnamenti frontali, alle attività seminariali, alle ricerche proprie su temi specifici e alla frequenza di laboratori strumentali, facendo ampio ricorso alle strutture di ateneo presso cui si svolge la ricerca scientifica su tematiche proprie della Scienza dei Materiali. La frequenza di laboratori, nei quali gli studenti vengono addestrati a progettare, pianificare ed attuare esperimenti e misure sotto la guida di docenti e all'interno di gruppi di ricerca, ed infine a redigere una tesi originale da sottoporre a pubblica discussione, assicura che al termine degli studi i laureati abbiano acquisito non solo solide conoscenze disciplinari e strumenti per un aggiornamento autonomo, ma anche competenze quali la capacità di gestire contemporaneamente studio e lavoro, la capacità di lavorare in gruppo e di comunicare le proprie conoscenze scientifiche e tecnologiche. I ruoli che potranno essere loro affidati nel mondo del lavoro saranno collocati negli ambiti della ricerca, dello sviluppo e dell'innovazione industriale dei materiali. Infine, dato il carattere interdisciplinare del corso di studi, gli studenti che frequentano con assiduità apprendono non solo a comunicare e ad interagire con una varietà di interlocutori specialisti ma acquisiscono i presupposti disciplinari e le competenze per insegnare le scienze a livello di scuola secondaria e la chimica e la fisica a livello di secondaria superiore, fatto salvo il percorso formativo per l'abilitazione all'insegnamento secondo la normativa vigente.

Ad ogni studente viene assegnato un docente tutor che lo segue e lo consiglia durante tutto il percorso formativo. La durata del corso di laurea magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali è di due anni accademici, ed è proposto in due curricula: 1) Scienza e Tecnologia dei Materiali 2) Materiali per la fotonica.

Modalità di accesso

Per essere ammessi al corso di laurea magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali occorre essere in

possesso della laurea o del diploma universitario di durata triennale, ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

Sono previsti specifici criteri di accesso che prevedono, comunque, il possesso di requisiti curriculari e l'adeguatezza della personale preparazione dello studente.

I requisiti curriculari per l'accesso alla laurea magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali sono il conseguimento di una laurea delle classi L-30 Scienze e tecnologie fisiche, L-27 Scienze e tecnologie chimiche, L-07 Ingegneria Civile e Ambientale, L-08 Ingegneria dell'Informazione, L-09 Ingegneria Industriale.

Le conoscenze richieste per l'accesso sono riconducibili a quelle acquisite in corsi di contenuto matematico, fisico e chimico svolti in lauree triennali di area scientifica. In particolare, è necessaria una adeguata conoscenza dei principi e del formalismo matematico della Meccanica Quantistica, oltre alle conoscenze maturate attraverso esperienze di laboratorio di Fisica e Chimica.

L'adeguatezza della preparazione dello studente sarà valutata da una apposita Commissione attraverso un colloquio. È prevista l'individuazione di percorsi all'interno della laurea magistrale dipendenti dai requisiti curriculari soddisfatti e/o dal risultato della verifica della personale preparazione. Tali percorsi conducono al conseguimento della laurea magistrale con 120 CFU, senza attività formative aggiuntive.

Date per le immatricolazioni al corso di laurea in Scienza e Tecnologia dei Materiali

Richiesta dei requisiti curriculari: come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea

Scadenza immatricolazioni: come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea

Inizio delle lezioni: **30 settembre 2019**

Trasferimenti

Il trasferimento da altri atenei può essere accolto in base alle possibilità logistiche e allo studente potranno essere riconosciuti i crediti conseguiti nella sua carriera. Gli studenti dovranno presentare domanda preliminare entro i termini indicati sul bando di ammissione.

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;

acquisire 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

Risultati di apprendimento attesiCapacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

I laureati magistrali in Scienza dei Materiali sono in grado di: 1) applicare tecniche e contenuti di carattere avanzato alla formulazione e risoluzione di problemi complessi in varie classi di materiali; 2) affrontare problemi originali in vari contesti applicativi, comprendendone la natura e formulandone proposte di soluzione; 3) proporre e implementare gli strumenti scientifici adatti per caratterizzare le proprietà fisiche, chimiche e chimico-fisiche di diverse classi di materiali; 4) partecipare in modo propositivo allo sviluppo di nuovi materiali per applicazioni in campi diversi, ma sempre con elevato valore aggiunto; 5) progettare strategie di sintesi e preparazione di materiali a proprietà predeterminate, valutando rischi e costi.

Ai Laureati Magistrali è richiesto di applicare le loro conoscenze nella progettazione di materiali partendo dalle strutture atomiche e molecolari che li compongono. Inoltre la padronanza del metodo scientifico di indagine e delle strumentazioni di laboratorio deve permettere di ideare, pianificare, progettare e gestire nuovi protocolli anche se non convenzionali. Inoltre il livello scientifico e l'approccio ingegneristico nella conoscenza dei materiali devono essere in grado di aiutare a risolvere problemi di particolare complessità. Le capacità di applicare conoscenze in contesti vari, così come quella di affrontare varie problematiche relative ai materiali, viene conseguita alla fine dei corsi di laboratorio con frequenza obbligatoria e verificata attraverso esami che prevedono relazioni scritte e loro discussione. La capacità di partecipare allo sviluppo di nuovi materiali viene principalmente acquisita nel secondo anno, attraverso l'impegno in un lavoro originale di ricerca per la tesi di laurea.

Autonomia di giudizio (making judgements)

I laureati magistrali in Scienza dei Materiali sono in grado di:

identificare il contesto scientifico ed applicativo per progettare modifiche, applicazioni o innovazione di materiali esistenti, per controllarne la qualità e per programmare interventi in grado di migliorarne le proprietà;

utilizzare criticamente dati della letteratura scientifica per valutare quali caratteristiche e qualità siano le più adatte per innovare e migliorare varie classi di materiali;

avere in generale un atteggiamento critico orientato alla scelta dell'approccio più adatto per la soluzione di problemi specifici, scegliere e produrre proposte e quadri di riferimento atti a interpretare correttamente problematiche complesse e ricercarne soluzioni operative;

svolgere in piena autonomia funzioni di responsabilità in ambienti di ricerca e sviluppo, ovvero nell'ambito dell'insegnamento e della comunicazione scientifica di alta qualificazione.

I laureati magistrali acquisiscono autonomia di giudizio e un atteggiamento critico, orientato alla scelta dell'approccio più adatto per la soluzione di problemi specifici, frequentando durante il biennio insegnamenti caratterizzati da approcci teorici e metodologici multidisciplinari e complessi, la frequenza dei laboratori avanzati e lo svolgimento del lavoro di tesi. Tutte queste attività prevedono un esame finale pubblico, spesso sia scritto (relazione, risoluzione di problemi e test) sia orale.

Abilità comunicative (communication skills)

I laureati in Scienza dei Materiali sono in grado di:

comunicare problemi ed idee sul tema dei materiali, sia proprie sia di letteratura, a diversi tipi di pubblico, per iscritto ed oralmente;

dialogare con esperti di altri settori affini, in particolare ingegneri, fisici e chimici, riconoscendo la possibilità di interpretazioni e visioni complementari. Agli studenti viene richiesto di svolgere per iscritto e di presentare oralmente relazioni sintetiche su aspetti e proprietà di svariati materiali alla fine dei laboratori come prova d'esame di alcuni insegnamenti di ambito caratterizzante e/o affine.

I Laureati Magistrali devono avere sviluppato capacità che gli consentono di inserirsi in gruppi di lavoro con colleghi di altri paesi e con background scientifici diversi. Questo può essere fatto solo a condizione di avere una fluente conoscenza della lingua inglese, scritta e parlata. Inoltre devono essere in grado di sostenere le proprie argomentazioni scientifiche in dibattiti pubblici. La qualità dell'esposizione del lavoro di tesi è oggetto di valutazione in sede di laurea.

Capacità di apprendimento (learning skills)

I laureati magistrali in Scienza dei Materiali possiedono un atteggiamento propositivo e una mentalità predisposta al rapido apprendimento di nuovi concetti e metodi, sia teorici che sperimentali; hanno acquisito una mentalità flessibile e una robusta metodologia di lavoro, che permette loro di inserirsi prontamente in ambienti di lavoro e culturali di diversa natura; sono in grado di proseguire gli studi, in un Master o in un dottorato, sia nel campo della Scienza dei Materiali che nelle discipline affini, con un alto grado di autonomia.

Le capacità di apprendere nuovi concetti e metodi vengono conseguite a seguito di una attiva partecipazione, soprattutto nell'ultimo anno, all'ambiente di ricerca dei Dipartimenti, sia durante i laboratori a frequenza obbligatoria, sia alle lezioni di contenuto informativo oltre che formativo, specie ai seminari, sia durante il periodo di preparazione della tesi. Per tutta la durata del corso, particolare attenzione viene rivolta alla formazione individuale e quindi all'addestramento mirato all'autonomia, flessibilità e al lavoro di gruppo. Come per gli indicatori precedenti, la verifica dei risultati raggiunti avviene tramite esami e relazioni scritte e orali.

Ambiti occupazionali previsti per i laureati

Accesso al Dottorato di Ricerca. Contratti di Ricerca (in Università o Istituti di Ricerca, in Italia e all'estero). Accesso alla carriera direttiva della pubblica amministrazione. Impiego qualificato presso industrie manifatturiere (settori della microelettronica, TLC, nano materiali e software).

I laureati possono prevedere come occupazione l'insegnamento nella scuola, una volta completato il processo di abilitazione all'insegnamento e superati i concorsi previsti dalla normativa vigente.

Struttura della didattica

Frequenza

Gli insegnamenti hanno una durata semestrale.

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

Il 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 Engineering-Photonics dell'Università di Wildau. Per avere informazioni su come accedere al curriculum "Materiali per la fotonica", gli studenti interessati sono invitati a contattare il coordinatore (Prof. Claudio Goletti, goletti@roma2.infn.it) o il Prof. Mauro Casalboni (casalboni@uniroma2.it).

Le informazioni, la documentazione e le norme relative alla partecipazione al "Double Degree" sono reperibili al link: <http://www.scienze.uniroma2.it/?cat=729&catParent=191>

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.

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.

Tirocinio e Prova finale

La prova finale consiste nella elaborazione originale di un lavoro sperimentale o teorico - il cui svolgimento non si protrae di norma oltre i sei mesi dalla data di inizio del lavoro di tesi- che illustri nuovi risultati della ricerca e/o dello sviluppo tecnologico riguardanti la Scienza dei materiali. Tale attività viene svolta dal candidato presso un laboratorio o un gruppo di ricerca dell'ateneo o (previa

autorizzazione da parte del Coordinatore) di un ente/azienda esterna all'Ateneo con cui sia in atto una opportuna e valida convenzione con l'Ateneo. L'argomento della tesi è proposto da un relatore (di norma un docente membro del Corso di studio), nel settore prescelto dallo studente. Lo studente dovrà dare comunicazione dell'inizio del lavoro di tesi magistrale al coordinatore del Corso di studio, presentando agli uffici competenti la domanda di Laurea secondo le modalità stabilite dall'ateneo. Avuta notizia della domanda di Laurea, il Coordinatore del Corso di studio nominerà un secondo relatore (scelto tra i docenti del Corso di studio), che valuterà la tesi e sarà invitato alla seduta di laurea, partecipando alla Commissione che valuterà la prova finale.

La prova finale prevede la presentazione e la discussione di una tesi scritta, in lingua italiana o in inglese (in questo secondo caso con titolo e riassunto anche in italiano).

La tesi deve essere preparata in modo autonomo dal candidato e deve essere discussa pubblicamente davanti ad una Commissione di docenti del Corso di studio, la quale al termine della prova esprime la valutazione complessiva in centodecimi, con eventuale lode. La media dei voti riportati negli esami sarà pesata con i relativi CFU acquisiti e trasformata in centodecimi.

OFFERTA FORMATIVA

Curriculum "SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI"

1° 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 II	8 cfu
[C]	Ing-Ind/21	Metallurgia	6 cfu
[AI]	Bio/10	Macromolecole e Processi Biochimici	6 cfu
[--]	----	Corso a scelta	6 cfu

2° 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

Curriculum "MATERIALI PER LA FOTONICA"**1° 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]	Fis/03	Introduzione all'Ottica Quantistica	6 cfu
[C]	Chim/03	Chimica dei Solidi II	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

2° 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

Legenda*CFU Credito formativo universitario**SSD Settore Scientifico Disciplinare**CCS Consiglio di Corso di Studio**[C] Attività caratterizzanti**[AI] Attività affini e integrative**[ASL] Attività a scelta libera*

* * * * *

Programmi degli insegnamenti

Biomateriali - 6 CFU

Prof. Gaio Paradossi [I anno, II semestre]

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 II - 8 CFU

Prof.ssa Silvia Orlanducci, Prof. Massimo Tomellini (codocenza) [I anno, II semestre]

- A) Termodinamica delle interfacce. Energia libera d'eccezione: 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.ssa Francesca Nanni (Fruito dal corso di Laurea in Ingegneria Meccanica) [I anno, I semestre]

- 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) [I anno, I semestre]*

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 organici-inorganici come 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, Prof.ssa Francesca Brunetti (codocenza) [I anno, II semestre]

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) [II anno, II semestre]

* * * * *

Macromolecole e Processi Biochimici - 6 CFU

Prof.^{ssa} Sonia Melino [I anno, II semestre]

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

Docente da definire [II anno, I semestre]

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: SiO₂ , SnO₂, ZnO, TiO₂ .

Nanomateriali per sensoristica

Nanomateriali per celle fotovoltaiche DSSC e plastiche

Nanomateriali per catalisi

* * * * *

Materiali per la Produzione Industriale - 6 CFU

Prof.^{ssa} Francesca Nanni (Fruito dal corso di Laurea in Ingegneria Meccanica) [I anno, I semestre]

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 [II anno, I semestre]

Elementi di criogenia e delle tecniche di raffreddamento dei gas. Isentropic and isenthalpic cooling. Raffreddamento isenthalpico ed isentropico. 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) [I anno, II semestre]

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.

* * * * *

Microscopia e Nanoscopia - 6 CFU

Prof.^{ssa} Anna Sgarlata [II anno, I semestre]

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.

* * * * *

Introduzione all'Ottica Quantistica - 6 CFU

Dott. Fabio De Matteis [I anno, II semestre]

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. Claudio Macci (Fruito dal corso di Laurea in Informatica) [I anno, I semestre]

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

Prof.^{ssa} Maurizia Palumbo, Prof.^{ssa} Olivia Pulci (codocenza) [I anno, I semestre]

L'approssimazione di Born-Oppenheimer

Approssimazione adiabatica. L' approssimazione di Born Oppenheimer. Il teorema di Hellmann-Feynman; Teorema di Epstein

Teoria delle bande nei solidi

Teorema di Bloch, boundary conditions. Metodo variazionale, Metodo tight-binding e sue applicazioni Onde-Piane Ortgonalizzate, Pseudopotenziali e sviluppo in onde piane della Funzione d'onda

Metodi ab-initio

Equazione di Hartree e Hartree Fock, Teorema di Koopmans , potenziale di scambio

Gas elettronico omogeneo

Trasformata di Fourier del potenziale coulombiano. Il gas elettronico omogeneo con Hartree Fock.

Approssimazione di Slater, Approssimazione di Thomas Fermi. Derivate funzionali

La teoria del Funzionale Densità

Teorema di Hohenberg e Kohn. Equazioni di Kohn e Sham. La Local density Approximation. Il problema della gap in DFT. Esempi di applicazioni della DFT

Proprietà ottiche

Indice di rifrazione complesso. Coefficiente di assorbimento. La Riflettività. La funzione dielettrica.

Modello Lorentz - Drude. Oscillazioni di Plasma. Relazioni di Kramers Kronig e regole di somma

Regola d'oro di Fermi: Calcolo della funzione dielettrica in approssimazione di dipolo.

Esempi di calcoli di funzione dielettrica Densità degli stati (DOS) Andamento della DOS vicino ai punti critici.

Teoria della risposta lineare e TDDFT.

Effetti eccitonici: modello idrogenoide di Mott-Wannier

Dinamica molecolare

Dinamica classica

Dinamica ab-initio: Born-Oppenheimer e Car-Parrinello

Equazione di Boltzman per il trasporto

Conducibilità elettrica e termica

Teorie ab-initio di stato eccitato

Funzioni di Green classiche. Formalismo della seconda quantizzazione per fermioni. Propagatore quantistico di singolo elettrone/buca e sua rappresentazione di Lehmann e relazione con eccitazioni elettroniche. Equazione di Dyson. Concetto di Self-energia. Equazione di quasi-particella. Cenno al Metodo GW

Esercitazioni al computer

su DFT e calcolo risposta lineare in approssimazione a singola particella. Tali lezioni hanno previsto anche un'introduzione ai principali comandi in ambiente linux.

Testi di riferimento

Appunti delle lezioni e materiale didattico distribuito dai docenti. Solid state physics - Grosso-Pastori-Parravicini. Optical properties of Solids - Wooten. Mattuck - A guide to Feynman Diagram of the many-body problem