



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



Il Corso di laurea in Scienza e Tecnologia dei Materiali si inquadra nella Classe delle Lauree in “Scienze dei Materiali” (Classe LM-3 Sc. Mat del DM n.146 del 09-02-2021) ed afferisce al Dipartimento di Fisica.

La durata del Corso di Laurea (CdL) è normalmente di due anni.

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 di una Laurea di primo livello ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

Gli specifici criteri di accesso prevedono, in ogni caso, il possesso di requisiti curriculari e l'adeguatezza della personale preparazione, in termini di:

1. Requisiti curricolari:

a.1 possesso di una laurea nella classe Scienza dei Materiali (L. Sc. Mat.)

oppure entrambe le seguenti indicazioni:

a.2 possesso di una laurea in L-27 Scienze e tecnologie chimiche, L-30 Scienze e tecnologie fisiche, L-7 Ingegneria Civile e Ambientale, L-8 Ingegneria dell'Informazione, L-9 Ingegneria Industriale;

b. numero minimo di crediti conseguiti in specifici settori scientifico-disciplinari, come di seguito dettagliato:

- almeno 12 CFU nei SSD: FIS/01 Fisica sperimentale, FIS/02 Fisica teorica modelli e metodi matematici, FIS/03 Fisica della materia;

- almeno 6 CFU nei SSD: CHIM/01 Chimica analitica, CHIM/02 Chimica fisica, CHIM/03 Chimica generale ed inorganica, CHIM/06 Chimica organica, CHIM/07 Fondamenti chimici delle tecnologie;

- almeno 12 CFU nei SSD: MAT/03 Geometria, MAT/05 Analisi matematica;

c. conoscenza di una lingua straniera dell'Unione Europea, a un livello almeno pari a B2 del quadro comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue (QCER). Gli studenti che accedono al corso di studio con una conoscenza della lingua straniera pari al livello B1 maturano, prima del

conseguimento della laurea magistrale, competenze linguistiche di livello B2 attraverso specifiche attività formative previste nell'ambito delle ulteriori conoscenze linguistiche.

Ove il curriculum dello studente non soddisfi tali requisiti, lo studente dovrà colmare dette carenze tramite apposite integrazioni curricolari (iscrizione a corsi singoli) da effettuare prima della verifica della preparazione individuale e prima dell'iscrizione al Corso di studio.

2. Verifica dell'adeguatezza della personale preparazione

Una apposita Commissione, nominata dal Coordinatore, è preposta alla valutazione del curriculum dei candidati sia per la verifica della sussistenza dei requisiti curriculari sia per la valutazione del loro livello di preparazione.

In particolare, La Commissione, esaminando i programmi svolti nei diversi insegnamenti riferiti ai Settori Scientifico-Disciplinari di cui al punto 1.b. e attraverso un colloquio col candidato, esprimerà il proprio parere secondo i criteri seguenti:

- i) qualora il candidato manifestasse carenze su argomenti disciplinari fondamentali, dovrà integrare prima dell'iscrizione la propria formazione in ingresso con percorsi specificatamente assegnati (colloqui coi docenti, seminari, parti di corsi e di laboratori). La verifica della preparazione raggiunta sarà effettuata con un ulteriore colloquio da parte della Commissione incaricata;
- ii) qualora il candidato dimostrasse in sede di colloquio al cospetto della Commissione di avere conoscenze sufficienti sugli argomenti individuati come fondanti il Corso di studi, la verifica sarà considerata assolta.

DATE PER L'IMMATRICOLAZIONE AL CDLM IN SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

Richiesta dei requisiti curriculari: come indicato sull'avviso di ammissione al corso di laurea

Scadenza immatricolazioni: come indicato sull'avviso di ammissione al corso di laurea

Inizio delle lezioni: I semestre 02 ottobre 2023

II semestre 04 marzo 2024

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 ATTESI, ESPRESI TRAMITE I DESCRIPTORI DI DUBLINO DEL TITOLO DI STUDIO

Capacità 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 può attualmente scegliere un solo curriculum:

1. Scienza e Tecnologia dei Materiali.

Un secondo curriculum (Materiali per la Fotonica, per l'a.a. 2023-24 sospeso per il rinnovo degli accordi bilaterali) sarà proposto dal successivo anno accademico 2024-25.

Il curriculum "Materiali per la Fotonica" sarà 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 sono 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 si accederà al curriculum "Materiali per la fotonica", gli studenti interessati sono invitati a contattare il Dr. Fabio De Matteis dematteis@roma2.infn.it, delegato dal Coordinatore dei corsi di laurea ,all'organizzazione/gestione di tale curriculum.

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 uno stage formativo. 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 ai membri del CCS.

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 CCS) 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 di norma 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 centodici, con eventuale lode. La media dei voti riportati negli esami sarà pesata con i relativi CFU acquisiti e trasformata in centodici.

ORDINAMENTO DEGLI STUDI - OFFERTA FORMATIVA

1° ANNO

I° semestre

[C]	Fis/03	Teoria dei Solidi e Modelli Molecolari	6 cfu
[AI]	Ing-Inf/01	Elettronica Organica e Biologica	8 cfu
[AI]	Fis/03	Materiali e Dispositivi per l'Optoelettronica	6 cfu
[C]	Ing-Ind/22	Materiali Innovativi per la Tecnologia Sostenibile	6 cfu

II° semestre

[C]	Chim/02	Biomateriali	6 cfu
[C]	Chim/03	Chimica dei Solidi 2	6 cfu
[C]	Fis/03	Materiali 2D	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	9 cfu
[C]	Fis/03	Materiali Superconduttori e Magneticci	9 cfu
[C]	Chim/03	Materiali Nanostrutturati per l'Elettronica	6 cfu
[--]	----	Corso a scelta	6 cfu

II° semestre

[--]	L-Lin/12	Lingua Inglese (Liv. C1)	4 cfu
[--]	-----	Tesi ed Esame Finale	30 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

NOTA: Per maggiori dettagli sugli insegnamenti erogati sarà sufficiente collegarsi alla pagina [Docenti e Programmi](#) e cliccare la voce programma.

Biomateriali - 6 CFU

Prof. Fabio Domenici [I anno, II semestre]



Biomateriali soffici: definizioni, polimeri funzionalizzati, colloidi. Biointerfaccia, microstrutture e mesostrutture. Caratterizzazione di equilibrio e dinamica dello stato colloidale con particolare riferimento alla fase gel: metodi reologici, spettroscopici, calorimetrici e di scattering. Teorie della gelazione. Test di biocompatibilità. Materiali multifunzionali per applicazioni biomedicali con particolare riferimento all' imaging molecolare, il rilascio controllato di farmaci, la crescita tissutale. Applicazioni di letteratura. Sessioni di laboratorio su protocolli operativi riguardanti manipolazioni con biomateriali.



Soft Biomaterials: definitions, functionalized polymers, colloids. Biointerface, microstructures and mesostructures. Characterization of equilibrium and dynamics of the gel phase: rheology, spectroscopy, calorimetry and scattering methods. Theory of gelation. Biocompatibility tests. Multifunctional materials for biomedical applications with particular reference to molecular imaging, controlled drug delivery, tissue engineering. Selected applications from the literature. Selected applications from the literature. Laboratory sessions on common operations concerning biomaterials.

* * * * *

Chimica dei Solidi 2 - 6 CFU

Prof. Massimo Tomellini [I anno, II semestre]



1-Termodinamica delle interfacce: proprietà di eccesso; energia libera di eccesso; proprietà di eccesso relative; isoterma di adsorbimento; tensione superficiale. Teorema di Wulff. Energia libera in sistemi non omogenei: diagrammi di fase G-X; teoria di Chan-Hilliard per la determinazione dell' energia libera d' eccesso.

2-Adsorbimento: Isoterma di Langmuir e di Brunauer-Emmett-Teller (BET); cinetica di adsorbimento; coefficiente di sticking.

3-Transizioni di fase: Processi di nucleazione e crescita; nucleazione "classica" e termodinamica della nucleazione. Cinetica di nucleazione: soluzione di "quasi-equilibrio" e di stato stazionario. Nucleazione eterogenea. Modelli per la nucleazione "non-classica". Cinetica delle transizioni di fase: la teoria di Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami. Termodinamica e cinetica della decomposizione spinodale.

Program:

1-*Thermodynamics of interfaces: Gibbs model of interfaces; excess quantities; excess free energy of an interface; isotherm of adsorption (Gibbs); surface tension. The Wulff theorem. G-X diagrams. Chan-Hilliard theory for the free energy of non -homogeneous systems (two components).*

2-*Gas adsorption at solid surfaces: Langmuir adsorption isotherm; BET (Brunauer-Emmett-Teller) adsorption isotherm; adsorption kinetics; sticking coefficient. 3-Phase transitions: classical and non-classical theory of nucleation; thermodynamic and kinetic aspects ; homogeneous and heterogeneous nucleation; growth law of the nuclei. Phase transition kinetics: the theory of Kolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami. Thermodynamics and kinetics of the spinodal decomposition.*

* * * * *

Elettronica Organica Biologica - 8 CFU

Prof. Thomas Brown (Frutto dal Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica) [I anno, I semestre]

Programma

La tecnologia dell'optoelettronica organica o ibrida si basa su nuovi materiali semiconduttori basati su composti del carbonio come molecole organiche o polimeri o su materiali ibridi organici/inorganici (es. 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 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 (es. per piccole molecole) o di stampa (es. 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, dei composti organici e delle transizioni ottiche (circa il 16% dei CFU del corso), il corso esplicherà il funzionamento e le architetture dei dispositivi optoelettronici a semiconduttori organici o ibridi, in particolare gli Organic (o Polymer) Light Emitting Diodes (OLED, PLED) (circa il 25% dei CFU del corso insieme ai display), Organic Thin Film Transistors (OTFT) (circa il 9% dei CFU del corso insieme al E-Paper), Organic Solar Cells (OSC), e Perovskite Solar Cells (PSCs) (circa il 12.5% dei CFU del corso). 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 smart phones e anche televisioni), la carta elettronica (E-Paper- con il case study della Plastic Logic Ltd), e i moduli fotovoltaici.

Una parte del corso verterà sui dispositivi e sui sistemi optoelettronici per il gene detection o rilevazione genetica (circa il 12.5% dei CFU del corso). Dopo una breve introduzione sui concetti basilari della biologica molecolare e della biotecnologia, il corso mostrerà come vengono progettati, costruiti e utilizzati i gene chip arrays mediante o tecniche fotolitografiche (usando come case study Affymetrix) o tecniche come l'ink jet printing. Un caso di studio sulla fibrosi cistica illustrerà un esempio dell'utilizzo e dell'importanza di questi chip.

Una parte del corso sarà dedicata agli esperimenti di laboratorio in cui lo studente assisterà a dimostrazioni pratiche e imparerà metodi per la realizzazione di celle solari di nuova generazione e la loro caratterizzazione con simulatori solari per estrarre i parametri fondamentali (es. l'efficienza di conversione) o sotto luce monocromatica per studiare l'efficienza quantica esterna (EQE). Quindi una importante parte del corso (25% dei CFU del corso) sarà dedicata alla ricerca e approfondimento di tematiche scelte di volta in volta (includendo lezioni su ricerche bibliografiche, come dare presentazioni etc), per poi completare una tesina sotto forma di presentazione da parte dello studente su un argomento a scelta.

 *Program:*

Organic and hybrid optoelectronic technology is based on new semiconductor materials based on carbon compounds such as organic small molecules or polymers or on organic/inorganic hybrids (e.g. perovskites). These materials can be chemically synthesized to tailor a variety of their semiconducting properties making them appealing for applications that require luminescence (LEDs), transport and charge mobility (transistors), the absorption of light (photovoltaic cells), and the modulation of such properties due to external stimuli (eg. photodetectors, gas and pressure sensors). In addition, these materials are mechanically flexible and have also the intrinsic ability to be deposited over large areas on both rigid and flexible substrates by simple evaporation (e.g. for small molecules) or by printing techniques (e.g. for polymers soluble in organic solvents) including ink jet or screen printing. This is why this field is also referred to as plastic or printed electronics.

After an introduction on organic chemistry and on the quantum description of molecules and organic compounds and their optical transitions (absorption, fluorescence and phosphorescence) (16% of the CFUs of the course), the course will expound the operation of organic and hybrid semiconductor optoelectronic devices, in particular Organic (or Polymer) Light Emitting Diodes (OLEDs, PLEDs) (25% of the CFUs of the course together with displays), Organic Thin Film Transistors (OTFTs) (9% of the CFUs of the course together with E-paper), Organic Solar Cells (OSCs), and Perovskite Solar Cells (PSCs) (12.5% of the CFUs of the course). We will then study the design and the manufacturing techniques utilized in developing the applications based on these devices and how these applications operate. The course will illustrate Flat Panel OLED Displays (having substantial market today as screens of mobile phones and televisions), electronic paper (E-Paper - trough the Plastic Logic Ltd case study), and photovoltaic modules.

Part of the course will focus on the optoelectronic devices and systems for gene expression detection and sequencing (12.5% of the CFUs of the course). After a brief introduction on the basic concepts of molecular biology, the course then will show how gene chip arrays are designed, constructed and utilized using photolithographic (through the Affymetrix case study) or ink jet printing techniques. A case study on cystic fibrosis will illustrate an example of the utilization and importance of these chips.

Part of the course will be devoted to experiments in the laboratory where the student will attend practical demonstrations and learn methods for the fabrication of new generation solar cells and their characterization under a solar simulator to extract the fundamental parameters (eg, conversion efficiency) or under monochromatic light to study the external quantum efficiency (EQE). There fore an important part of the course (25% of the CFUs of the course) will be dedicated to the research and in-depth study of a new topics chosen each time (including lessons on bibliographic research, how to give presentations etc), to then complete a presentation by the students on a subject matter of their choice.

* * * * *

Lingua Inglese (Liv. C1) - 4 CFU

Docente afferente al CLA (Frutto dal corso di Laurea in Matematica Pura ed Applicata) [II anno, II semestre]



Da definire

* * * * *

Macromolecole e Processi Biochimici - 6 CFU

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



Aspetti generali della cellula, Lipidi e Membrana cellulare, Acidi Nucleici e Codice Genetico
Repliсazione e Trascrizione del DNA, Sintesi e Degradazione 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). Esercitazioni pratiche in laboratorio: espressione e caratterizzazione di proteine ricombinanti; preparazione di biomateriali per la rigenerazione tissutale; utilizzo di banche dati ed algoritmi predittivi per lo studio della struttura e funzione delle macromolecole biologiche e visita di una start-up universitaria come modello di ricerca traslazionale.



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 eukaryotic 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). Experiences in laboratory on the main techniques for the study end

the characterization of the bio-macromolecules, on the preparation of scaffold for tissue regeneration, principles of bioinformatics on biological macromolecules and visit at a start-up of the University as model of translational research.

Testi consigliati:

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

* * * * *

Materiali Nanostrutturati per l'Elettronica - 6 CFU

L'insegnamento sarà erogato nell'a.a. 2024/2025 [II anno, I semestre]

Programma

Classificazione dei solidi; Materiali e proprietà a bassa dimensionalità: metalli e semiconduttori su scala nanometrica, quantum dots, nanostrutture plasmoniche. Portatori di carica e meccanismi di trasporto di carica di semiconduttori a base di “small molecules” e polimeri conduttori: modello a bande, modello a hopping e modello MTR. Mobilità nei semiconduttori organici: effetto della morfologia e della temperatura. Film a base di complessi con leganti p donatori ed a trasferimento di carica: formazione del legame e proprietà ottiche e magnetiche. Fabbricazione di nanostrutture e sistemi molecolari: sintesi in fase vapore, sintesi in fase liquida, tecniche di crescita epitassiale. Metodologie di deposizione, caratterizzazione e processing di materiali per dispositivi elettronici ed optoelettronici. Proprietà funzionali dei materiali costituenti OLED, OTFT e celle solari organiche. Nozioni di base di sistemi utilizzati per dispositivi a scala molecolare.

Program:

Classification of solids; Low-dimensional materials and properties: metals and semiconductors on the nanometric scale, quantum dots, plasmonic nanostructures. Charge carriers and charge transport mechanisms of semiconductors based on small molecules and conducting polymers: band model, hopping model and MTR model. Mobility in organic semiconductors: effect of morphology and temperature. Films based on complexes with p donor and charge transfer ligands: bond formation and optical and magnetic properties. Fabrication of nanostructures and molecular systems: vapor phase synthesis, liquid phase synthesis, epitaxial growth techniques. Methods of deposition, characterization and processing of materials for electronic and optoelectronic devices. Functional properties of the materials constituting OLED, OTFT and organic solar cells. Basic notions of systems used for molecular scale devices.

* * * * *

Materiali Innovativi per la Tecnologia Sostenibile - 6 CFU

Dott. Mario Bragaglia [I anno, I semestre]

Programma

Il corso è articolato sullo studio di materiali avanzati, sostenibili, multifunzionali e smart materials, nello scenario di Industria 4.0 e al relativo trasferimento tecnologico. Si partirà con lo studio dei materiali compositi e nanocompositi a matrice polimerica, con particolari proprietà funzionali:

materiali autodiagnosticanti, autoriparanti, Si proseguirà con lo studio dei materiali elastomerici e loro applicazioni industriali con particolare attenzione al caso delle produzione di pneumatici. Si tratteranno poi i materiali polimerici sostenibili, e bio-based ibridi e compositi innovativi per additive manufacturing (3d printing). Si terminerà con cenni ai sistemi e delle metodologie industriali di rivestimento via termspruzzatura e deposizione da fase vapore. In dettaglio il programma sarà il seguente:

1. Materiali compositi:

materiali compositi a matrice polimerica (PMC), principali tipi di rinforzi e di matrici, compositi a fibre lunga, fibra corta, particellari, nanocompositi, micromechanica dei compositi unidirezionali e particellari, cenni alla teoria della lamina e del laminato. Case histories industriali.

2. Materiali Avanzati

Polimeri bio-based

Materiali autodiagnosticanti estrinseci (con sensori embedded) e intrinseci, materiali autoriparanti, autopulenti (con pigmenti fotocatalitici), stimuli responsive (in grado di modificare il proprio stato sotto stimolo esterno), a memoria di forma (sia metallici che polimerici). Concetti di compatibilità chimica, dispersione e funzionalizzazione di nanocariche, bagnabilità di superfici.

3. Materiali Elastomerici

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, applicazioni nel settore automobilistico.

4. Nuovi materiali per l'additive manufacturing (3d printing):

progettazione e selezione dei materiali, processi di stampa 3d a filo e SLA. Stampa di Materiali Polimerici (termoplastici, tecnopolimeri, termoindurenti), Ceramici, Compositi ed Elastomeri. Applicazioni in campo aerospaziale.

5. Ingegneria delle superfici:

processi di termo spruzzatura (plasma spray, flame spray, arc spray, ecc.), cenni ai processi di deposizione da fase vapore. Cenni di Tribologia Esempi di applicazioni Industriali dei coatings: barriere termiche, rivestimenti trasparenti conduttori, rivestimenti antiusura e modificatori di attrito. Case histories industriali, con particolare riferimento al settore aerospaziale.

6. Esperienza di laboratorio: 1. realizzazione di un materiale composito via vacuum bagging, 2. studio del ciclo di vulcanizzazione di mescole elastomeriche 3. stampa 3d di un componente in materiale polimerico.

 *Program:*

The course is focused on sustainable, advanced, multifunctional and smart materials in the frame of Industry 4.0 and technology transfer. The topics are: bio-based and sustainable polymers, polymeric composite and nanocomposite materials with specific functions as self-monitoring, self-healing, etc.; elastomers and their industrial application with a particular focus on tire production; innovative hybrid, polymeric and composite materials for additive layer manufacturing (3d printing); coatings and surface engineering via thermal spray or physical vapour deposition. More in detail:

1. Composite materials:

polymeric matrix composites (PMC), main type of reinforces and matrices, continuous and discontinuous fiber composites, nanocomposites, micromechanics of unidirectional composites, fillers, fundamentals

of macromechanics of the laminates. Industrial case histories.

2. Advanced materials

Bio-based polymers, Extrinsic (with embedded sensors) and intrinsic self-diagnosis materials, self-healing, self-cleaning (with photocatalytic pigments and fillers) and stimuli responsive (i.e. changing properties under an external stimulus) materials. Shape memory polymers and metals. Concepts of chemical compatibility, dispersion and functionalization of nanofillers, wettability of surfaces.

3. Elastomers

Elastomeric materials, fillers, elastomeric compounds, vulcanization, correlation between thermomechanical properties of elastomers and macroscopic properties. Industrial production process of rubbers, characterization methods, application in the automotive industry.

4. New materials for 'additive manufacturing' (3d printing):

design and selection of materials, printing processes for polymers: filament, SLS, SLA. Printing of polymers (thermoplastics, thermosets, technopolymers), ceramics, composites and elastomers. Industrial case histories, particularly in aerospace engineering.

5. Surface Engineering

Thermal spray processes (plasma spray, flame spray, arc spray, etc.), fundamentals of physical vapour deposition. Fundamentals of tribology. Industrial applications of coatings: thermal barrier, conductive transparent coatings, wear resistance and friction modification. Industrial Case histories.

6. Laboratory: 1. Production of composite material via vacuum bagging, 2. tests of vulcanization of elastomeric compounds 3. ALM of a technopolymeric material.

* * * * *

Materiali Superconduttori e Magnetici - 9 CFU

L'insegnamento sarà erogato nell'a.a. 2024/2025 [II anno, I semestre]

Programma

Fondamenti di criogenia e fisica dell'elio II superfluido. I vortici in elio superfluido. La transizione superconduttriva a resistenza zero e l'effetto Meissner. Definizione del nuovo stato della materia. Il modello di London. La discontinuità nei calori specifici e la termodinamica della transizione superconduttriva. Il campo critico termodinamico e l'energia di condensazione. Proprietà magnetiche dei superconduttori di primo e secondo tipo. Curve di magnetizzazione. La teoria di Ginsburg-Landau ed il vortice di Abrikosov. Superconduttrività debole ed effetto Josephson. Proprietà delle giunzioni Josephson derivate dalle funzioni d'onda macroscopiche di Ginsburg-Landau-Feynman. La fisica e la struttura dei cuprati ed altri nuovi materiali superconduttori. Pinning, flux-flow, flux creep e curve di reversibilità nei nuovi materiali. Dipendenza dei parametri caratteristici della superconduttrività (profondità di penetrazione di London, lunghezza di coerenza, gap di energia dagli assi cristallografici). Ruolo di impurezze magnetiche e non magnetiche. I superconduttori a base di ferro e le loro proprietà: analisi delle curve di magnetizzazione e delle applicazioni nella generazione di campi magnetici elevati (superiori a 20T).

Program:

Fundamentals of cryogenics and superfluid helium II physics. Vortices in superfluid elium. The

superconducting transition to zero resistance and the Meissner effect. Definition of a new state of matter. London Model. The specific heat jump and the thermodynamics of superconductors. The thermodynamical critical field and the condensation energy. Magnetic properties of type 1 and type 2 superconductors. The critical fields of type 2 superconductors. Magnetization curves. Ginsburg-Landau theory and the Abrikosov vortex. Weak superconductivity and the Josephson effect. Properties of Josephson junctions derived from the macroscopic Ginsburg-Landau-Feynman wavefunctions. Physics and structure of new superconducting materials: pinning, flux-flow, flux creep and magnetic reversibility. Dependence of characteristic features of superconductivity (London penetration depth, coherence length, gap energy) upon crystals axes. The role magnetic and non magnetic impurities. The iron-based superconductors: analisys of their magnetization curves and their applications in the theneration of very high (above 20T) magnetic fields.

* * * * *

Microscopia e Nanoscopia - 9 CFU

L'insegnamento sarà erogato nell'a.a. 2024/2025 [II anno, I semestre]

Programma

Introduzione alla Scienza e Tecnologia su scala Nanometrica. Tecniche di Superficie in Ultra Alto Vuoto e Struttura delle Superfici Solide.

Principali processi fisici che intervengono quando una particella carica e/o una radiazione interagiscono con la materia.

La Microscopia di sonda a Scansione: in particolare la Microscopia a Scansione a Effetto Tunnel, in Vuoto e in Liquido e La Microscopia a Forza Atomica.

La Microscopia Elettronica: in particolare in Trasmissione e in Scansione.

Moderne tecniche di litografia su scala nanometrica quali la Nanolitografia basata sull'Autorganizzazione e la Nanostrutturazione Artificiale e Naturale dei materiali.

Per ogni tecnica sperimentale studiata sono individuati i principi teorici di funzionamento, l'apparato sperimentale, l'analisi dei dati e le possibili informazioni deducibili dalle diverse tecniche di acquisizione.

Elemento caratterizzante del corso è l'attività sperimentale condotta presso Laboratori di Ricerca del Dipartimento.

Program:

Introduction to Science and Technology at the nanoscale. Techniques for Ultra High Vacuum and Surface Structure of Solid Surfaces. Main physical processes involved when a charged particle or radiation interact with matter.

Scanning Probe Microscopy: in particular Scanning Tunnel Microscopy (STM) in Vacuum and in liquid (EC_STM) and Atomic Force Microscopy. We have identified the theoretical principles, the experimental apparatus and the analysis of data.

Electron Microscopy: in particular transmission (TEM) and scanning (SEM).

Modern techniques of lithography at the nanoscale, such as nanolithography and self assembling.

For each experimental technique the following topics are focused: theoretical principles, experimental

apparatus, data analysis and quantitative information inferred.

A special feature of this course is the experimental activity carried out at the Department's Research Laboratories.

* * * * *

Materiali 2D - 6 CFU

Prof.ssa Maurizia Palummo, Prof. Luca Camilli [I anno, II semestre]



Programma

Introduzione ai materiali 2D dal grafene e materiali del gruppo IV, al nitruro di boro esagonale, ai calcogenuri di metalli di transizione e altri materiali emergenti

Approcci semi-empirici come il tight-binding per lo studio delle proprietà elettroniche di materiali 2D in funzione della composizione chimica, numero di layer, impacchettamento e stress: esempi grafene, bilayer di grafene, nitruro di boro esagonale e MoS₂.

Approcci ab-initio basati sulla teoria del funzionale densità per il calcolo delle proprietà elettroniche ed ottiche Ruolo degli effetti a molti corpi. Effetti eccitonici.

Approcci sperimentali per la crescita e la caratterizzazione di materiali 2D.

Esempi di applicazione dei materiali 2D in vari campi scientifici e tecnologici. Discussione di alcuni degli articoli scientifici più importanti del settore.



Program:

Introduction to 2D materials from graphene and group IV materials, to hexagonal boron nitride, transition metal chalcogenides and so on.

Semi-empirical approaches such as tight binding for the study of electronic properties of 2D materials as a function of chemical composition, number of layers, packing and stress: examples of graphene, graphene bilayer, hexagonal boron nitride and MoS₂.

Ab-initio approaches beyond DFT for the computation of electronic and optical properties Role of many-body effects. Excitonic effects.

Experimental approaches for the growth and characterization of 2D materials. Examples of application of 2D materials in various scientific and techno fields.

* * * * *

Materiali e Dispositivi per l'Optoelettronica - 6 CFU

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



Programma

Elementi di fisica dello stato solido. Bande energie nei solidi. Semiconduttori. Giunzioni. Alcuni Esempi di materiali usati come generatori e rivelatori di luce.

Polarizzazione della luce. Birifrangenza. Ottica non lineare. Effetti ottici indotti. Modulazione della luce: Effetto elettro-ottico. Modulatori ottici.

Sorgenti di luce e display devices. Fotorivelatori: termici e fotonici. Laser. Coefficienti di Einstein. Inversione di popolazione. Modi assiali e trasversali. Allargamenti di riga. Laser a stato solido, a gas, a liquido, parametrici. Mode locking, Q-switching. Alcuni tipi di laser e loro applicazioni.

Ottica all'interfaccia tra due mezzi. Ottica guidata. Fibre ottiche Guide d'onda. Modi ottici in guide planari e guide canali. Perdite ottiche. Accoppiamento di luce in guida. Guide tapered. Reticoli di Bragg. Risonatori ad anello. Directional couplers. Sessioni di laboratorio per l'approfondimento di alcune tematiche affrontate a lezione.

 *Program:*

Reference to fundamentals of solid state physics. Energy bands in the solids. Semiconductors. Examples of materials used as light generators and detectors.

Polarization of the light. Birefringence. Nonlinear optics. Induced optical effects. Light modulation. Electrooptic effect. Optical modulators.

Light sources e display devices. Photodetectors: thermal and photonics.

Laser. Einstein coefficients. Population inversion. Longitudinal and transversal modes. Line broadening. Solid state, gas, liquid and parametric lasers. Mode-locking, Q-switching. Examples of lasers and their applications.

Optics at the interface between two media. Guided optics. Optical fiber. Optical waveguide. Optical modes in planar and channel waveguides. Optical losses. Light coupling. Tapered guides. Bragg gratings. Ring resonators, Directional couplers. Laboratory sessions for the deepening of some topics addressed in class.

* * * * *

Teoria dei Solidi e Modelli Molecolari - 6 CFU

Prof.ssa Olivia Pulci [I anno, I semestre]

 *Programma*

L'approssimazione di Born-Oppenheimer

L'approssimazione adiabatica

Il teorema di Hellmann-Feynman e di Epstein

Richiami alla teoria delle bande nei solidi Teorema di Bloch, boundary conditions Metodo variazionale.

Metodo delle Onde-Piane Ortagonalizzate Metodo degli Pseudopotenziali e dello sviluppo in onde piane della Funzione d'onda

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 Densita'

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. Relazioni di Kramers Kronig e regole di somma

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

Esempi di funzione dielettrica per metalli, semiconduttori, isolanti. Densita' degli stati congiunta (JDOS) Andamento della JDOS vicino ai punti critici.

Teoria della risposta lineare e TDDFT.

Effetti eccitonici: modello idrogenoide di Mott-Wannier

Esercitazioni al calcolatore su DFT

che prevedono anche una introduzione ai principali comandi in ambiente linux.

 *Program:*

The Born-Oppenheimer approximation

The adiabatic approximation

The Hellmann - Feynman theorem, Epstein theorem.

Band theory in solids Bloch theorem, boundary conditions variational method, - Orthogonalized Plane Waves, pseudopotentials.

Ab-initio methods: Hartree and Hartree Fock equation, Koopmans theorem, potential for gas exchange electronic homogeneous Fourier Transform Coulomb potential of the homogeneous electron gas with the Hartree Fock. Approximation of Slater, Thomas Fermi approximation. functional derivatives

Density Functional Theory. Theorem of Hohenberg and Kohn, Kohn and Sham equations.

The Local Density Approximation. The problem of the gap in DFT

Examples of applications of DFT

Optical properties

Complex refraction index. The absorption coefficient.

The reflectivity. The dielectric function. Kramers Kroning relations and sum rules

Fermi's golden rule: Calculation of the dielectric function in the dipole approximation

Examples of dielectric function for metals, semiconductors, insulators. Joint density of states (JDOS) and its behaviour near the critical points.

Linear response theory and TDDFT.

Excitonic effects: model hydrogen- Mott - Wannier.

Practical lessons at computer of DFT

which include an introduction to the main commands in linux environment

Testi di riferimento

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