



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Ingegneria delle Nanotecnologie - Nanotechnology Engineering (2024)

Il corso

Codice corso: 32343

Classe di laurea: LM-53.

Durata: 2 anni

Lingua: ITA, ENG

Modalità di erogazione:

Dipartimento: SCIENZE DI BASE ED APPLICATE PER L'INGEGNERIA

Presentazione

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie ha l'obiettivo di offrire allo studente una formazione scientifica e professionale avanzata nell'ambito dell'ingegneria che gli consenta di affrontare problemi complessi connessi con l'analisi, lo sviluppo, la simulazione, la realizzazione e l'ottimizzazione di dispositivi, materiali, processi fondati sull'uso delle nanotecnologie per applicazioni nel settore dell'Ingegneria Industriale. La sua formazione è finalizzata principalmente allo sviluppo di strumenti di indagine e di progetto multiscala avanzati volti all'innovazione tecnologica nei diversi settori dell'ingegneria. In particolare costituisce primario obiettivo formativo il conseguimento delle seguenti capacità: - capacità di gestire ed utilizzare le micro- e nanotecnologie per lo sviluppo di materiali, biotecnologie e processi destinati alla realizzazione di nuovi micro- e nano-dispositivi; - capacità di progettare utilizzando metodi di simulazione a livello atomistico nuovi micro/nanodispositivi per specifiche applicazioni funzionali e multifunzionali; - capacità di progettare e gestire micro- e nano-sistemi complessi; - capacità di gestione delle problematiche relative al rischio e alla sicurezza nell'utilizzo delle nanotecnologie. Il percorso formativo garantisce che l'ingegnere delle Nanotecnologie saprà integrare le acquisite capacità tecnoscientifiche con conoscenze di contesto e capacità trasversali. Nell'ambito del percorso di Laurea Magistrale l'attività sperimentale di laboratorio è largamente sviluppata al fine di formare nell'allievo una spiccata sensibilità alle problematiche realizzative e applicative. Le capacità sopra descritte sono conseguibili grazie ad un percorso formativo nel quale vengono approfonditi gli aspetti relativi alle tecniche di nanofabbricazione e ai processi di autoassemblaggio di nanostrutture, alla ingegneria delle superfici, ai metodi di modellistica atomistica di nanostrutture e alle tecniche di caratterizzazione dinamica/statica e multifisica fino alla scala nanoscopica. Vengono inoltre studiate le tecniche e i metodi di analisi e progettazione di nuovi materiali e superfici micro- e nanostrutturati, multifunzionali ed intelligenti, per la realizzazione di nano- e micro-dispositivi meccanici, microfluidici, elettrici, elettronici, elettromagnetici, fotonici, o ibridi, per lo sviluppo di microsistemi a flusso e reagenti per il trasporto, la separazione, la purificazione e l'amplificazione di composti cellulari e subcellulari, per microsonde e per materiali biocompatibili dedicati al recupero e alla riabilitazione di tessuti e organi. La Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie offre due percorsi, di analogo contenuto formativo, che si distinguono essenzialmente per la lingua di erogazione: -Ingegneria delle Nanotecnologie (percorso A): con insegnamenti in prevalenza in lingua italiana - Nanotechnology Engineering (percorso B): con insegnamenti esclusivamente in lingua inglese, dedicato agli studenti internazionali Entrambi i percorsi formativi la Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie si articolano in due tipologie di insegnamenti: i) Obbligatori; ii) di Completamento e Specializzazione. Il carico didattico corrispondente a ciascuna tipologia è espresso utilizzando il Credito Formativo Universitario (CFU), unità standard di carico didattici del sistema formativo universitario nazionale, che corrisponde a circa 25 ore di impegno per l'allievo. Il carico didattico è ripartito nelle due categorie di insegnamenti come segue. Il percorso formativo A prevede: I) 6 insegnamenti (per un totale di 57 CFU)

obbligatori II) 2 insegnamenti (per un totale di 12 CFU) a scelta in un gruppo opzionale III) 1 insegnamento (9 CFU) a scelta in un gruppo opzionale IV) 2 insegnamenti (per un totale di 12 CFU) a scelta in un blocco di completamento Il percorso formativo B prevede: I) 7 insegnamenti (per un totale di 66 CFU) obbligatori II) 1 insegnamento (per un totale di 6 CFU) a scelta in gruppo opzionale III) 1 insegnamento (per un totale di 6 CFU) a scelta in un secondo gruppo opzionale IV) 2 insegnamenti (per un totale di 12 CFU) a scelta in un blocco di completamento Entrambi i percorsi (di complessivi 120 CFU) vengono completati da: V) Insegnamenti a scelta libera dell'allievo (12 CFU) – tipologia attività D VI) Prova finale (17 CFU) – tipologia attività E VII) Altre attività utili all'inserimento nel mondo del lavoro (1 CFU) – tipologia attività F

Percorso formativo

Ingegneria delle Nanotecnologie

1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
10610441 CHIMICA PER NANOTECNOLOGIE	1°	6	ITA

Obiettivi formativi

Il Corso si propone di fornire allo studente sia un approfondimento su argomenti già trattati (in parte o completamente) nei corsi di Chimica (Generale) erogati nelle diverse Lauree di primo livello, sia la trattazione di nuovi argomenti non trattati precedentemente.

Risultati di apprendimento attesi:

Conoscenze e capacità di comprendere (I descrittore di Dublino)

Lo studente, al termine del Corso, sarà in possesso delle conoscenze di base in Chimica su composizione, struttura, proprietà e trasformazioni della materia. Sarà quindi in grado di comprendere l'ambiente che lo circonda dal punto di vista della sua struttura, microscopica e macroscopica. Sarà inoltre consapevole delle molteplici interconnessioni della Chimica con le altre materie e della necessità di un continuo aggiornamento sullo stato dell'arte, dovuto ai continui progressi della conoscenza e della tecnica.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate (descrittore II)

Alla fine del percorso di studio lo studente avrà sviluppato la capacità di comprendere alcune caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze, quali, ad esempio, stato di aggregazione, volatilità, solubilità, sulla base della conoscenza della loro struttura. Autonomia di giudizio (descrittore III)

Al termine del Corso lo studente dovrà possedere gli strumenti per valutare in maniera critica una trasformazione chimica. In alcuni casi, in base alla conoscenza della struttura intra- e intermolecolare dei composti chimici, di prevederne diverse proprietà chimico-fisiche, quali, ad esempio, stato di aggregazione, solubilità e reattività.

Abilità comunicative (descrittore IV)

Al termine del Corso lo studente dovrà aver maturato una buona proprietà di linguaggio, specialmente per quanto attiene la terminologia scientifica specifica dell'insegnamento, in modo tale da saper comunicare in modo chiaro le proprie conoscenze e le proprie conclusioni a interlocutori esperti della materia e non.

Capacità di apprendere (descrittore V)

Al termine del Corso lo studente dovrà aver sviluppato una capacità di apprendimento tale da consentirgli di studiare ed approfondire gli aspetti chimici relativi al campo delle tecnologie in modo autonomo.

10610524 PRINCIPI DI MECCANICA QUANTISTICA CON ELEMENTI DI STRUTTURA DELLA MATERIA E SIMULAZIONI ATOMISTICHE	1°	12	ITA
---	----	----	-----

Obiettivi formativi

Comprensione della inadeguatezza della meccanica classica, ed acquisizione dei postulati di base della meccanica quantistica.

Applicazione dell'approccio quantistico a problemi specifici (e.g. l'oscillatore armonico). Comprensione di fenomeni puramente quantistici (e.g. effetto tunnel). Costruzione di basi teoriche per la comprensione e l'utilizzazione di modelli quantistici per lo studio delle proprietà dei materiali. Applicazione dei metodi della meccanica quantistica ai cristalli.

Comprensione di modelli per la conducibilità, metalli, isolanti, semiconduttori

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
PRINCIPI DI MECCANICA QUANTISTICA CON ELEMENTI DI STRUTTURA DELLA MATERIA	1°	6	ITA

Obiettivi formativi

Comprensione della inadeguatezza della meccanica classica, ed acquisizione dei postulati di base della meccanica quantistica.

Applicazione dell'approccio quantistico a problemi specifici (e.g. l'oscillatore armonico). Comprensione di fenomeni puramente quantistici (e.g. effetto tunnel). Costruzione di basi teoriche per la comprensione e l'utilizzazione di modelli quantistici per lo studio delle proprietà dei materiali. Applicazione dei metodi della meccanica quantistica ai cristalli.

Comprensione di modelli per la conducibilità, metalli, isolanti, semiconduttori

1035441 INGEGNERIA DELLE SUPERFICI E DEI FILM SOTTILI E MATERIALI NANOSTRUTTURATI	1°	12	ITA
---	----	----	-----

Obiettivi formativi

Le lezioni si propongono di fornire allo studente solide basi di scienza e tecnologia dei materiali, di offrire una panoramica sugli effetti della nanostrutturazione

dei materiali e di presentare le principali tecniche di realizzazione di materiali nanostrutturati.

Inoltre il corso si propone di fornire gli strumenti per la comprensione della relazione tra proprietà e microstruttura e per selezione dei materiali in funzione dei vincoli di progetto e delle condizioni di esercizio.

MATERIALI NANOSTRUTTURATI	1°	6	ITA
------------------------------	----	---	-----

10610524 PRINCIPI DI MECCANICA QUANTISTICA CON ELEMENTI DI STRUTTURA DELLA MATERIA E SIMULAZIONI ATOMISTICHE	2°	12	ITA
---	----	----	-----

Obiettivi formativi

Comprensione della inadeguatezza della meccanica classica, ed acquisizione dei postulati di base della meccanica quantistica.

Applicazione dell'approccio quantistico a problemi specifici (e.g. l'oscillatore armonico). Comprensione di fenomeni puramente quantistici (e.g. effetto tunnel). Costruzione di basi teoriche per la comprensione e l'utilizzazione di modelli quantistici per lo studio delle proprietà dei materiali. Applicazione dei metodi della meccanica quantistica ai cristalli.

Comprensione di modelli per la conducibilità, metalli, isolanti, semiconduttori

SIMULAZIONI ATOMISTICHE	2°	6	ITA
----------------------------	----	---	-----

Insegnamento**Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

L'obiettivo formativo del corso è di introdurre gli studenti alla teoria e alla pratica delle simulazioni atomistiche attraverso l'insegnamento dei vari aspetti di carattere multi-disciplinare inerenti. L'insegnamento riguarderà aspetti fondamentali dei modelli classici e approfondimenti dei principali approcci quantistici. Attività di laboratorio ed esercitazioni saranno focalizzati sulle problematiche numeriche connesse.

Risultati di apprendimento attesi:

Conoscenze e capacità di comprendere (I descrittore di Dublino)

Lo studente, al termine del Corso, sarà in possesso delle conoscenze di base riguardanti i principali metodi e modelli per studiare dal punto di vista modellistico e teorico le nano-strutture sulla base della loro composizione atomistica. Sarà quindi in grado di comprendere l'ambiente che lo circonda dal punto di vista della sua struttura, microscopica e macroscopica. Sarà inoltre consapevole delle molteplici relazioni con le altre materie e della necessità di un continuo aggiornamento sullo stato dell'arte, dovuto ai continui progressi della conoscenza e della tecnica.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate (descrittore II)

Alla fine del percorso di studio lo studente avrà sviluppato la capacità di comprendere la natura delle proprietà atomistiche delle nano-strutture e la loro relazione con quelle macroscopiche

Autonomia di giudizio (descrittore III)

Al termine del Corso lo studente dovrà possedere gli strumenti per valutare in maniera critica i limiti di applicazione delle varie tecniche e le possibili informazioni deducibili dal loro uso.

Abilità comunicative (descrittore IV)

Al termine del Corso lo studente dovrà aver maturato una buona proprietà di linguaggio, specialmente per quanto attiene la terminologia scientifica specifica dell'insegnamento, in modo tale da saper comunicare in modo chiaro le proprie conoscenze e le proprie conclusioni a interlocutori esperti della materia e non.

Capacità di apprendere (descrittore V)

Al termine del Corso lo studente dovrà aver sviluppato una capacità di apprendimento tale da consentirgli di studiare ed approfondire gli aspetti atomistici delle nanostrutture. Inoltre le conoscenze e le abilità acquisite costituiranno una base solida su cui eventualmente approfondire ulteriormente la materia.

1018601 |
MICROSCOPIE E
TECNICHE DI
NANOCARATTERIZZAZI
ONE

2°

9

ITA

Obiettivi formativi

Il corso fornisce all'allievo un adeguato supporto formativo relativamente alla fisica, alle caratteristiche e alle potenzialità delle diverse tecniche di microscopia (da quelle elettroniche a quelle di sonda), sia per esigenze di R&D che di processi industriali in cui si impieghino nanotecnologie o in cui comunque si richieda la conoscenza di informazioni e proprietà fino alla scala atomica. Durante il corso vengono anche fornite adeguate informazioni di base sulle principali tecniche di spettroscopia (basate sull'interazione radiazione-materia), in grado di completare la caratterizzazione di un materiale/sistema sulla nanoscala.

In via generale, il corso ha l'obiettivo di fornire al laureato magistrale in ingegneria delle nanotecnologie le necessarie conoscenze per consentirgli la scelta delle tecniche e delle metodologie di nanocaratterizzazione ottimali all'interno dei processi e procedure che sarà chiamato a definire/progettare/fruire nell'ambito del suo profilo professionale.

Il corso si prefigge di fornire gli elementi essenziali di ottica elettronica in grado di consentire allo studente di approcciarsi alle diverse tecniche di microscopia elettronica sia a scansione che in trasmissione. Vengono forniti gli elementi fisici alla base del contrasto per consentire la corretta interpretazione dei risultati. Vengono descritte le tecniche spettroscopiche alla base delle più diffuse metodologie analitiche. Il corso è completato da una panoramica sulle tecniche complementari, sulla microscopia ionica e sulle metodologie di preparazione dei campioni in modo da consentire allo studente la familiarità necessaria ad utilizzare queste metodologie in un contesto operativo. Il corso fornisce anche agli studenti gli elementi essenziali di microscopia a scansione di sonda, microscopia a forza atomica, microscopia ad effetto tunnel, e microscopia ottica in campo vicino. Vengono forniti elementi essenziali di tecniche basate su tali microscopie per la caratterizzazione di proprietà chimiche, strutturali, meccaniche, magnetiche, elettriche e termiche su scala nanometrica, con l'obiettivo di consentire allo studente la selezione di specifiche tecniche in base a specifici contesti applicativi.

Gli obiettivi formativi sono espressi in termini di Descrittori di Dublino in grado di descrivere le conoscenze acquisite dallo studente le capacità di applicazione e la crescita in termini di capacità critica, di comunicazione e di approfondimento.

Relativamente alla conoscenza acquisita ed all'incremento della capacità di comprensione, il corso fornisce elementi in grado di rafforzare le conoscenze nel settore delle metodologie di indagine a micro- e nano-scala, in particolare sulle tecniche ottiche basate su elettroni e ioni e sulle tecniche a scansione di sonda mettendo lo studente in grado di elaborare o applicare idee originali e di inserirsi in un contesto di tecnologie avanzate e nell'ambito della ricerca tecnologica.

Relativamente alla capacità di applicare la conoscenza acquisita e la comprensione dei fenomeni connessi, le conoscenze acquisite forniscono allo studente gli strumenti operativi per affrontare e risolvere problemi nuovi e non familiari inerenti gli aspetti micro e nano strutturali delle nanotecnologie, anche quando inseriti in contesti ampi e interdisciplinari inerenti anche campi culturali contigui.

Relativamente alla autonomia di giudizio, il corso fornisce gli elementi scientifici alla base delle tecnologie di indagine per cui lo studente diviene autonomo nella interpretazione dei dati sperimentali ed in grado di formulare un giudizio autonomo e non preconcepito sulle problematiche in esame. Il corso fornisce gli elementi necessari ad integrare le conoscenze acquisite in contesti più ampi al fine di interpretare e governare situazioni complesse e fornire giudizi ed interpretazioni anche in caso di informazioni parziali o incomplete, tenendo anche conto degli aspetti etici e sociali connessi.

Relativamente alla capacità di comunicare quanto si è appreso, il corso fornisce gli elementi sia semantici e di terminologia che concettuali in grado di consentire allo studente una proficua interazione, sia sulle tematiche stesse che sulle metodologie coinvolte, sia con gli specialisti del settore nell'ambito di problematiche professionali che con soggetti non professionali nell'ambito di interlocuzioni in cui le competenze specifiche dello studente siano basilari.

Per quanto concerne la capacità di proseguire in maniera autonoma la propria formazione e specializzazione, il corso fornisce allo studente i principali strumenti interpretativi di successive letture ed esperienze in grado di consentire un proficuo ampliamento e focalizzazione delle competenze acquisite.

Queste ultime possono essere così declinate:

- conoscere le principali tecniche per la caratterizzazione livello nanometrico delle proprietà fisiche, chimiche e funzionali; in particolare le competenze acquisite riguarderanno le tecniche di:
 - o microscopia elettronica per l'analisi morfologica dei materiali fino alla scala atomica;
 - o diffrazione per l'analisi strutturale dei materiali;
 - o microscopia di sonda per l'analisi morfologica e per lo studio delle proprietà fisico-chimiche e di quelle funzionali fino alla scala nanometrica;
 - o spettroscopia applicate allo studio delle proprietà funzionali dei materiali
- comprendere i diversi meccanismi di interazione radiazione-materia ai fini del loro impiego nella caratterizzazione;
- saper impostare un problema di caratterizzazione dalla meso- alla nanoscala, individuando le tecniche da utilizzare in rapporto anche al rapporto costi/benefici;
- saper valutare i risultati conseguiti anche per la definizione di nuove procedure metrologiche;
- saper lavorare in gruppo.

Insegnamento**Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Le lezioni si propongono di fornire allo studente solide basi di scienza e tecnologia dei materiali, di offrire una panoramica sugli effetti della nanostrutturazione dei materiali e di presentare le principali tecniche di realizzazione di materiali nanostrutturati. Inoltre il corso si propone di fornire gli strumenti per la comprensione della relazione tra proprietà e microstruttura e per selezione dei materiali in funzione dei vincoli di progetto e delle condizioni di esercizio.

INGEGNERIA DELLE
SUPERFICI E DEI FILM
SOTTILI

2°

6

ITA

Obiettivi formativi

Le lezioni si propongono di fornire allo studente solide basi di scienza e tecnologia dei materiali, di offrire una panoramica sulle problematiche di degrado fisico e chimico delle superfici e di presentare le principali tecniche di modifica superficiale con e senza apporto di materiale.

10610966 | MICRO-
NANOFLUIDICA

2°

9

ITA

Obiettivi formativi

Portare lo studente alla chiara comprensione del comportamento dei fluidi in dispositivi su scala micro e nanometrica. Fornire la comprensione dei meccanismi con cui i fluidi interagiscono con l'ambiente che li confina. Fornire la conoscenza critica delle diverse descrizioni dei fluidi e del loro moto per applicazioni micro e nano tecnologiche. Sviluppare competenze di base per la progettazione e la gestione di sistemi micro e nano fluidici.

2 insegnamenti a scelta
(12 CFU)

12 CFU a scelta

2° anno**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

10610444 | MICRO-
NANO DISPOSITIVI E
MATERIALI PER
APPLICAZIONI
ELETTRICHE ED
ELETTROMAGNETICHE

1°

9

ITA

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi			
Il corso fornisce allo studente gli strumenti per la progettazione di micro/nanodispositivi elettrici ed elettromagnetici.			
Competenze acquisite:			
<ul style="list-style-type: none"> • comprendere la terminologia della fisica • saper impostare un problema di fisica generale, introducendo le opportune approssimazioni • saper valutare quale delle leggi fondamentali della fisica applicare per la comprensione e soluzione dei vari problemi • saper valutare le quantità fisiche • saper riconoscere i limiti di validità delle modellazioni teoriche utilizzate • saper lavorare in gruppo • saper operare in laboratorio • conoscenze di elettromagnetismo classico ed elettromagnetismo nella materia; • conoscenze di struttura della materia e meccanica quantistica 			
A SCELTA DELLO STUDENTE	1°	6	ITA
A SCELTA DELLO STUDENTE	2°	6	ITA
AAF1147 ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO	2°	1	ITA
Obiettivi formativi			
L'art. 10, comma 5, lettera d del DM 270/04 riporta che i Corsi di studio dovranno prevedere “.. attività formative, volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro”.			
La procedura di riconoscimento/verbalizzazione del CFU prevede l'invio della documentazione in originale che attesti la effettiva esecuzione delle attività per le quali lo studente richiama il riconoscimento utilizzando l'apposito modulo scaricabile dal sito del CAD https://web.uniroma1.it/nano/nano/didattica/riconoscimento-aaf . Le attività in questione devono prevedere un minimo di circa 25 ore.			
In caso di valutazione positiva della domanda, l'attribuzione del CFU sulla carriera dello studente verrà fatto direttamente dalla segreteria didattica.			
Gli studenti saranno comunque informati via mail in caso di eventuale valutazione negativa della domanda.			
AAF1015 PROVA FINALE	2°	17	ITA
2 insegnamenti a scelta (12 CFU)			
1 insegnamento a scelta (9 CFU)			
12 CFU a scelta			

Nanotechnology Engineering

1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
--------------	----------	-----	--------

10589160 | CHEMISTRY
FOR
NANOTECHNOLOGY

1°

9

ENG

Obiettivi formativi

Il corso di Chemistry for Nanotechnology si pone l'obiettivo di fornire agli studenti gli strumenti per una comprensione critica della relazione tra struttura, reattività chimica e proprietà chimico-fisiche delle principali classi di solidi passando dalla macro alla nanoscala.

A tal fine vengono richiamati concetti di chimica di base ed approfondite le nozioni di chimica inorganica, organica e di stato solido. Parallelamente vengono illustrate le principali tecniche di sintesi, processing e caratterizzazione di materiali in forma di bulk e film sottile.

Gli effetti della nanoscala sulle proprietà catalitiche, elettriche, termiche, ottiche e di superficie di materiali a bassa dimensionalità vengono descritti allo scopo di comprendere la funzionalità di tali sistemi nelle applicazioni di interesse per le nanoscienze e nanotecnologie.

10589289 | CONTINUUM
MECHANICS

1°

6

ENG

Obiettivi formativi

Il corso fornisce una preparazione metodologica per l'impostazione e soluzione di problemi di meccanica del continuo e fornisce gli strumenti operativi per la soluzione di problemi applicativi concernenti la meccanica dei solidi e delle strutture. L'apprendimento dello studente viene accertato attraverso un esame che consiste in una prova scritta e una orale allo scopo di verificare che lo studente sia in grado di risolvere problemi elementari di meccanica dei solidi e di strutture elastiche snelle. In particolare, gli argomenti coprono (1) la meccanica dei solidi deformabili (Spostamento e deformazione: equazioni di compatibilità. Forze e sforzi: postulato, lemma e teorema di Cauchy; equazioni di bilancio. Equazioni costitutive: materiali elastici lineari ed isotropi e fibro-rinforzati. Criteri di resistenza), (2) la teoria elastica del solido di Saint-Venant (Il problema elastico del continuo a forma di trave: soluzione esatta e soluzione alla Saint-Venant (estensione, flessione, torsione uniformi e flessione non uniforme), (3) Elementi di Meccanica della Trave e delle Strutture (Spostamenti e misure di deformazione. Forze e coppie: equazioni di bilancio. Relazioni tra il modello monodimensionale di trave e il continuo 3D. Il problema cinematico e di equilibrio della trave piana vincolata. Il problema elastico: metodo degli spostamenti, metodo delle forze e curve elastiche. La risposta termo-elastica lineare. Le teorie della trave: trave di Eulero-Bernoulli e trave di Timoshenko).

10610452 | MODERN
PHYSICS FOR
NANOTECHNOLOGY

1°

12

ENG

Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire conoscenze di base nel campo della fisica della materia condensata, partendo dai fenomeni che hanno segnato la crisi della fisica classica e facendo poi particolare riferimento ai principi fisici di base e alle applicazioni nell'ambito dei dispositivi elettronici.

Risultati di apprendimento attesi:

Conoscenza e capacità di comprensione (descrittore di Dublino I): Comprensione dei diversi modelli e dei rispettivi limiti per la descrizione di fenomeni della fisica dello stato solido. Applicazione della conoscenza e della comprensione (descrittore II):

Applicazione dei fenomeni e dei loro modelli per descrivere semplici problemi della fisica dello stato solido. Autonomia di giudizio (descrittore III): Capacità di valutare quale modello è più adatto per i vari problemi della fisica della materia condensata analizzati. Capacità di discriminare quale tipologia di materiali è più adatta per specifiche applicazioni. Abilità comunicative (descrittore IV): Alla fine del corso lo studente deve aver acquisito una buona conoscenza della specifica terminologia scientifica, in modo da poter comunicare chiaramente le proprie conoscenze.

Capacità di apprendimento (descrittore V): Alla fine del corso lo studente avrà le competenze di base necessarie per la comprensione di problemi più complessi della fisica della materia condensata e dell'elettronica dello stato solido che dovrà affrontare nei corsi successivi del corso di laurea.

ELEMENTS OF
CONDENSED MATTER
PHYSICS

1°

6

ENG

Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire conoscenze di base nel campo della fisica della materia condensata, partendo dai fenomeni che hanno segnato la crisi della fisica classica e facendo poi particolare riferimento ai principi fisici di base e alle applicazioni nell'ambito dei dispositivi elettronici.

Risultati di apprendimento attesi:

Conoscenza e capacità di comprensione (descrittore di Dublino I): Comprensione dei diversi modelli e dei rispettivi limiti per la descrizione di fenomeni della fisica dello stato solido. Applicazione della conoscenza e della comprensione (descrittore II): Applicazione dei fenomeni e dei loro modelli per descrivere semplici problemi della fisica dello stato solido. Autonomia di giudizio (descrittore III): Capacità di valutare quale modello è più adatto per i vari problemi della fisica della materia condensata analizzati. Capacità di discriminare quale tipologia di materiali è più adatta per specifiche applicazioni. Abilità comunicative (descrittore IV): Alla fine del corso lo studente deve aver acquisito una buona conoscenza della specifica terminologia scientifica, in modo da poter comunicare chiaramente le proprie conoscenze. Capacità di apprendimento (descrittore V): Alla fine del corso lo studente avrà le competenze di base necessarie per la comprensione di problemi più complessi della fisica della materia condensata e dell'elettronica dello stato solido che dovrà affrontare nei corsi successivi del corso di laurea.

ELEMENTS OF QUANTUM MECHANICS

1°

6

ENG

Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire conoscenze di base nel campo della fisica moderna partendo dai postulati della meccanica quantistica applicandoli allo studio dei fenomeni della fisica della materia condensata.

Particolare attenzione è rivolta alle applicazioni nell'ambito delle nanotecnologie.

Risultati di apprendimento attesi:

Conoscenza e capacità di comprensione (descrittore di Dublino I): Comprensione dei limiti della meccanica classica e acquisizione dei postulati di base della meccanica quantistica. Applicazione della conoscenza e della comprensione (descrittore II): Applicazioni dell'approccio quantistico a problemi specifici: buca di potenziale, l'oscillatore armonico e l'atomo di idrogeno. Autonomia di giudizio (descrittore III): Capacità di valutare analogie e differenze tra i risultati ottenuti con i modelli quantistici e le previsioni basate sulla fisica classica. Capacità di stabilire i limiti di validità di un modello approssimato nel regime classico o quantistico. Abilità comunicative (descrittore IV): Alla fine del corso lo studente deve aver acquisito una buona conoscenza della specifica terminologia scientifica, in modo da poter comunicare chiaramente le proprie conoscenze. Capacità di apprendimento (descrittore V): costruzione di basi teoriche per lo studio autonomo delle proprietà quantistiche dei materiali.

10589355 | SURFACE ENGINEERING AND NANOSTRUCTURED MATERIALS

2°

12

ENG

Obiettivi formativi

Il modulo intitolato "Nanostructured Materials" fornirà agli studenti i principi e gli strumenti fondamentali che controllano le relazioni tra struttura-fabbricazione-proprietà delle classi di materiali ingegneristici su diverse scale, da quella macro a quella nano. Una volta completato il corso, gli studenti saranno in grado di sviluppare il materiale e il processo produttivo per un particolare componente, tenendo conto dell'influenza che la trasformazione e le successive lavorazioni possono avere sulla struttura e sulle proprietà del materiale stesso.

SURFACE ENGINEERING

2°

6

ENG

Obiettivi formativi

Le lezioni si propongono di fornire allo studente i concetti fondamentali riguardanti le proprietà chimiche e fisiche delle superfici e la loro dipendenza dalla morfologia superficiale, di offrire una panoramica sulle problematiche di degrado fisico e chimico delle superfici e di presentare le principali tecniche di modifica superficiale con e senza apporto di materiale.

NANOSTRUCTURED
MATERIALS

2°

6

ENG

Obiettivi formativi

Il modulo intitolato "Nanostructured Materials" fornirà agli studenti i principi e gli strumenti fondamentali che controllano le relazioni tra struttura-fabbricazione-proprietà delle classi di materiali ingegneristici su diverse scale, da quella macro a quella nano. Una volta completato il corso, gli studenti saranno in grado di sviluppare il materiale e il processo produttivo per un particolare componente, tenendo conto dell'influenza che la trasformazione e le successive lavorazioni possono avere sulla struttura e sulle proprietà del materiale stesso.

1052015 | ELECTRON
MICROSCOPIES AND
RELATED TECHNIQUES

2°

9

ENG

Obiettivi formativi

Il corso è formato da due unità didattiche integrate e complementari.

La prima fornisce gli elementi essenziali di ottica elettronica in grado di consentire allo studente di approcciarsi alle diverse tecniche di microscopia elettronica sia a scansione che in trasmissione. Vengono forniti gli elementi fisici alla base del contrasto per consentire la corretta interpretazione dei risultati. Vengono descritte le tecniche spettroscopiche alla base delle più diffuse metodologie analitiche. Il corso è completato da una panoramica sulle tecniche complementari, sulla microscopia ionica e sulle metodologie di preparazione dei campioni in modo da consentire allo studente la familiarità necessaria ad utilizzare queste metodologie in un contesto operativo.

La seconda fornisce agli studenti gli elementi essenziali di microscopia a scansione di sonda, microscopia a forza atomica, microscopia ad effetto tunnel, e microscopia ottica in campo vicino. Vengono forniti elementi essenziali di tecniche basate su tali microscopie per la caratterizzazione di proprietà chimiche, strutturali, meccaniche, magnetiche, elettriche e termiche su scala nanometrica, con l'obiettivo di consentire allo studente la selezione di specifiche tecniche in base a specifici contesti applicativi.

Gli obiettivi formativi sono espressi in termini di Descrittori di Dublino in grado di descrivere le conoscenze acquisite dallo studente le capacità di applicazione e la crescita in termini di capacità critica, di comunicazione e di approfondimento.

Relativamente alla conoscenza acquisita ed all'incremento della capacità di comprensione, il corso fornisce elementi in grado di rafforzare le conoscenze nel settore delle metodologie di indagine a micro- e nano-scala, in particolare sulle tecniche ottiche basate su elettroni e ioni e sulle tecniche a scansione di sonda mettendo lo studente in grado di elaborare o applicare idee originali e di inserirsi in un contesto di tecnologie avanzate e nell'ambito della ricerca tecnologica.

Relativamente alla capacità di applicare la conoscenza acquisita e la comprensione dei fenomeni connessi, le conoscenze acquisite forniscono allo studente gli strumenti operativi per affrontare e risolvere problemi nuovi e non familiari inerenti gli aspetti micro e nano strutturali delle nanotecnologie, anche quando inseriti in contesti ampi e interdisciplinari inerenti anche campi culturali contigui.

Relativamente alla autonomia di giudizio, il corso fornisce gli elementi scientifici alla base delle tecnologie di indagine per cui lo studente diviene autonomo nella interpretazione dei dati sperimentali ed in grado di formulare un giudizio autonomo e non preconcepito sulle problematiche in esame. Il corso fornisce gli elementi necessari ad integrare le conoscenze acquisite in contesti più ampi al fine di interpretare e governare situazioni complesse e fornire giudizi ed interpretazioni anche in caso di informazioni parziali o incomplete, tenendo anche conto degli aspetti etici e sociali connessi.

Relativamente alla capacità di comunicare quanto si è appreso, il corso fornisce gli elementi sia semantici e di terminologia che concettuali in grado di consentire allo studente una proficua interazione, sia sulle tematiche stesse che sulle metodologie coinvolte, sia con gli specialisti del settore nell'ambito di problematiche professionali che con soggetti non professionali nell'ambito di interlocuzioni in cui le competenze specifiche dello studente siano basilari.

Per quanto concerne la capacità di proseguire in maniera autonoma la propria formazione e specializzazione, il corso fornisce allo studente i principali strumenti interpretativi di successive letture ed esperienze in grado di consentire un proficuo ampliamento e focalizzazione delle competenze acquisite.

SCANNING PROBE
MICROSCOPY

2°

3

ENG

Obiettivi formativi

Il corso fornisce agli studenti gli elementi essenziali di microscopia a scansione di sonda, microscopia a forza atomica, microscopia ad effetto tunnel, e microscopia ottica in campo vicino. Vengono forniti elementi essenziali di tecniche basate su tali microscopie per la caratterizzazione di proprietà chimiche, strutturali, meccaniche, magnetiche, elettriche e termiche su scala nanometrica, con l'obiettivo di consentire allo studente la selezione di specifiche tecniche in base a specifici contesti applicativi.

Gli obiettivi formativi sono espressi in termini di Descrittori di Dublino in grado di descrivere le conoscenze acquisite dallo studente le capacità di applicazione e la crescita in termini di capacità critica, di comunicazione e di approfondimento.

Relativamente alla conoscenza acquisita ed all'incremento della capacità di comprensione, il corso fornisce elementi in grado di rafforzare le conoscenze nel settore delle metodologie di caratterizzazione fisica mediante microscopia a sonda, mettendo lo studente in grado di elaborare o applicare idee originali e di inserirsi in un contesto di tecnologie avanzate e nell'ambito della ricerca tecnologica.

Relativamente alla capacità di applicare la conoscenza acquisita e la comprensione dei fenomeni connessi, le conoscenze acquisite forniscono allo studente gli strumenti operativi per affrontare e risolvere problemi nuovi e non familiari inerenti a problematiche relative alla caratterizzazione di proprietà fisiche alla micro- e nano-scala, anche quando inseriti in contesti ampi e interdisciplinari inerenti anche campi culturali contigui.

Relativamente alla autonomia di giudizio, il corso fornisce gli elementi scientifici alla base delle tecnologie di indagine fisica alla nanoscala per cui lo studente diviene autonomo nella interpretazione dei dati sperimentali ed in grado di formulare un giudizio autonomo e non preconcepito sulle problematiche in esame. Il corso fornisce gli elementi necessari ad integrare le conoscenze acquisite in contesti più ampi al fine di interpretare e governare situazioni complesse e fornire giudizi ed interpretazioni anche in caso di informazioni parziali o incomplete, tenendo anche conto degli aspetti etici e sociali connessi.

Relativamente alla capacità di comunicare quanto si è appreso, il corso fornisce gli elementi sia semantici e di terminologia che concettuali in grado di consentire allo studente una proficua interazione, sia sulle tematiche stesse che sulle metodologie coinvolte, sia con gli specialisti del settore nell'ambito di problematiche professionali che con soggetti non professionali nell'ambito di interlocuzioni in cui le competenze specifiche dello studente siano basilari.

Per quanto concerne la capacità di proseguire in maniera autonoma la propria formazione e specializzazione, il corso fornisce allo studente i principali strumenti interpretativi di successive letture ed esperienze in grado di consentire un proficuo ampliamento e focalizzazione delle competenze acquisite.

Obiettivi formativi

Il corso fornisce gli elementi essenziali di ottica elettronica in grado di consentire allo studente di approcciarsi alle diverse tecniche di microscopia elettronica sia a scansione che in trasmissione. Vengono forniti gli elementi fisici alla base del contrasto per consentire la corretta interpretazione dei risultati. Vengono descritte le tecniche spettroscopiche alla base delle più diffuse metodologie analitiche. Il corso è completato da una panoramica sulle tecniche complementari, sulla microscopia ionica e sulle metodologie di preparazione dei campioni in modo da consentire allo studente la familiarità necessaria ad utilizzare queste metodologie in un contesto operativo.

Gli obiettivi formativi sono espressi in termini di Descrittori di Dublino in grado di descrivere le conoscenze acquisite dallo studente le capacità di applicazione e la crescita in termini di capacità critica, di comunicazione e di approfondimento.

Relativamente alla conoscenza acquisita ed all' incremento della capacità di comprensione, il corso fornisce elementi in grado di rafforzare le conoscenze nel settore delle metodologie di indagine microstrutturale ed in particolare sulle tecniche ottiche basate su elettroni e ioni, mettendo lo studente in grado di elaborare o applicare idee originali e di inserirsi in un contesto di tecnologie avanzate e nell' ambito della ricerca tecnologica.

Relativamente alla capacità di applicare la conoscenza acquisita e la comprensione dei fenomeni connessi, le conoscenze acquisite forniscono allo studente gli strumenti operativi per affrontare e risolvere problemi nuovi e non familiari inerenti gli aspetti micro e nano strutturali delle nanotecnologie, anche quando inseriti in contesti ampi e interdisciplinari inerenti anche campi culturali contigui.

Relativamente alla autonomia di giudizio, il corso fornisce gli elementi scientifici alla base delle tecnologie di indagine microstrutturale per cui lo studente diviene autonomo nella interpretazione dei dati sperimentali ed in grado di formulare un giudizio autonomo e non preconcepito sulle problematiche in esame. Il corso fornisce gli elementi necessari ad integrare le conoscenze acquisite in contesti più ampi al fine di interpretare e governare situazioni complesse e fornire giudizi ed interpretazioni anche in caso di informazioni parziali o incomplete, tenendo anche conto degli aspetti etici e sociali connessi.

Relativamente alla capacità di comunicare quanto si è appreso, il corso fornisce gli elementi sia semantici e di terminologia che concettuali in grado di consentire allo studente una proficua interazione, sia sulle tematiche stesse che sulle metodologie coinvolte, sia con gli specialisti del settore nell' ambito di problematiche professionali che con soggetti non professionali nell' ambito di interlocuzioni in cui le competenze specifiche dello studente siano basilari.

Per quanto concerne la capacità di proseguire in maniera autonoma la propria formazione e specializzazione, il corso fornisce allo studente i principali strumenti interpretativi di successive letture ed esperienze in grado di consentire un proficuo ampliamento e focalizzazione delle competenze acquisite.

12 CFU of your choice

1 course of your choice (6 CFU)

2° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
10610923 MICRO-NANOFLUIDICS	1°	9	ENG

Obiettivi formativi

Portare lo studente alla chiara comprensione del comportamento dei fluidi in dispositivi su scala micro e nanometrica. Fornire la comprensione dei meccanismi con cui i fluidi interagiscono con l'ambiente che li confina. Fornire la conoscenza critica delle diverse descrizioni dei fluidi e del loro moto per applicazioni micro e nano tecnologiche. Sviluppare competenze di base per la progettazione e la gestione di sistemi micro e nano fluidici.

10596076 MICRO-NANO DEVICES AND MATERIALS FOR ELECTRICAL ELECTROMAGNETIC APPLICATIONS AND FUNDAMENTALS	1°	9	ENG
--	----	---	-----

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi			
Il corso fornisce agli studenti gli strumenti fondamentali di elettromagnetismo e di analisi circuitale per la comprensione degli argomenti del corso di "Micro e nano dispositivi e materiali per applicazioni elettromagnetiche e fondamentali"			
FUNDAMENTALS OF MICRO-NANO DEVICES AND MATERIALS FOR ELECTRICAL ELECTROMAGNETIC APPLICATIONS	1°	3	ENG
Obiettivi formativi			
Il corso fornisce agli studenti gli strumenti fondamentali di elettromagnetismo e di analisi circuitale per la comprensione degli argomenti del corso di "Micro e nano dispositivi e materiali per applicazioni elettromagnetiche e fondamentali"			
MICRO-NANO DEVICES AND MATERIALS FOR ELECTRICAL ELECTROMAGNETIC APPLICATIONS	1°	6	ENG
A SCELTA DELLO STUDENTE	1°	6	ENG
A SCELTA DELLO STUDENTE	2°	6	ENG
AAF1855 OTHER USEFUL KNOWLEDGE FOR WORKING	2°	1	ENG
AAF2070 FINAL EXAM	2°	17	ENG
1 course of your choice (6 CFU)			
1 course of your choice (6 CFU)			
12 CFU of your choice			

Gruppi opzionali

Lo studente deve acquisire 12 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10610445 MECCANICA DEL CONTINUO	1°	1°	6	ITA

Insegnamento**Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Il corso fornisce una preparazione metodologica per l'impostazione e soluzione di problemi di meccanica del continuo e fornisce gli strumenti operativi per la soluzione di problemi applicativi concernenti la meccanica dei solidi e delle strutture. L'apprendimento dello studente viene accertato attraverso un esame che consiste in una prova scritta e una orale allo scopo di verificare che lo studente sia in grado di risolvere problemi elementari di meccanica dei solidi e di strutture elastiche snelle. In particolare, gli argomenti coprono (1) la meccanica dei solidi deformabili (Spostamento e deformazione: equazioni di compatibilità. Forze e sforzi: postulato, lemma e teorema di Cauchy; equazioni di bilancio. Equazioni costitutive: materiali elastici lineari ed isotropi e fibro-rinforzati. Criteri di resistenza), (2) la teoria elastica del solido di Saint-Venant (Il problema elastico del continuo a forma di trave: soluzione esatta e soluzione alla Saint-Venant (estensione, flessione, torsione uniformi e flessione non uniforme), (3) Elementi di Meccanica della Trave e delle Strutture (Spostamenti e misure di deformazione. Forze e coppie: equazioni di bilancio. Relazioni tra il modello monodimensionale di trave e il continuo 3D. Il problema cinematico e di equilibrio della trave piana vincolata. Il problema elastico: metodo degli spostamenti, metodo delle forze e curve elastiche. La risposta termo-elastica lineare. Le teorie della trave: trave di Eulero-Bernoulli e trave di Timoshenko).

10610447 |
STRUTTURAZIONE
LASER DELLE
SUPERFICI E
MANIFATTURA
ADDITIVA

1°

1°

6

ITA

Obiettivi formativi

L'obiettivo del corso è quello di fornire agli studenti conoscenze su: processi non convenzionali che consentono di operare sulla modifica strutturale delle superfici o sulla generazione di strutture superficiali complesse, sia su scala micro che nano; tecnologie di Additive Manufacturing per la fabbricazione di geometrie complesse.

I principali processi produttivi saranno individuati tra quelli di maggiore interesse industriale al fine di consentire agli studenti: (i) di acquisire conoscenze sui meccanismi termici, chimici e meccanici, (ii) di acquisire conoscenze sulle prestazioni dei pezzi prodotti, (iii) di fare considerazioni sugli aspetti economici, prestazionali e tecnologici.

10610446 |
METALLURGIA DI
MATERIALI
NANOSTRUTTURE

2°

1°

6

ITA

Obiettivi formativi

Il corso propone come obiettivi di:

1. Comprendere le proprietà e i comportamenti distintivi dei materiali nano-strutturati.
2. Esplorare i principi fondamentali della metallurgia fisica che sono pertinenti ai nano-materiali.
3. Acquisire la capacità di sintetizzare tecniche e metodi di lavorazione applicabili ai materiali nano-strutturati.
4. Sviluppare competenze nella caratterizzazione di materiali nano-strutturati utilizzando tecniche avanzate.
5. Indagare le applicazioni e il potenziale impatto dei materiali nano-strutturati in diversi contesti industriali.

10610448 |
PROCESSI DI
MESCOLAMENTO
E SEPARAZIONE
ALLA MICRO-NANO
SCALA

2°

1°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
--------------	------	----------	-----	--------

Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire le basi teoriche e le tecniche computazionali utili alla progettazione di processi di mescolamento e reazione e di processi separazione di soluti e colloidali condotti in dispositivi microfluidici e nanofluidici. Gli strumenti teorici comprendono la teoria dei flussi di Stokes, l'approccio dei sistemi dinamici al trasporto di materia in campi di moto laminari con particolare riguardo alla teoria del caos deterministico, la teoria di macrotrasporto in mezzi periodici per la determinazione dei coefficienti efficaci di trasporto di materia in soluzioni e sospensioni diluite. Questi strumenti concettuali vengono utilizzati per la progettazione ottima di dispositivi per l'identificazione di specifici target analitici e la produzione su piccola scala di prodotti ad alto valore aggiunto tramite soluzione delle equazioni di trasporto con codici di ricerca e software commerciali. Specifica attenzione è rivolta verso applicazioni biomediche e farmaceutiche.

Lo studente deve acquisire 12 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10589300 MACROMOLECULAR STRUCTURES	1°	1°	6	ENG

Obiettivi formativi

Gli studenti impareranno a conoscere e comprendere gli elementi fondamentali della biologia cellulare e molecolare, con particolare riferimento ai meccanismi biochimici ed energetici che sono alla base del funzionamento della cellula. Impareranno, quindi, come è fatta una cellula e quali sono e come funzionano le molecole che ne determinano la struttura, il funzionamento e la replicazione. In particolare, gli studenti apprenderanno le proprietà dei componenti molecolari delle cellule, quali proteine, carboidrati, lipidi, acidi nucleici e altre biomolecole. Essi, inoltre, impareranno a conoscere le classi più importanti di proteine quali enzimi, anticorpi, trasportatori e recettori e ad avere una visione chiara dei principali processi metabolici che regolano l'origine ed il funzionamento della vita. Inoltre, gli studenti acquisiranno proprietà di linguaggio tecnico, ossia svilupperanno la capacità di utilizzare in modo proprio i termini della biologia/biochimica.

1042012 Optics	1°	2°	6	ENG
------------------	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il corso ha come obiettivo di introdurre alla fisica della luce e delle onde elettromagnetiche e alla loro applicazione tecnologica. Partendo dalle equazioni di Maxwell, il corso introduce le onde elettromagnetiche e le loro soluzioni in termini di onde piane o sferiche. Particolare attenzione è data all'interpretazione dell'indice di rifrazione in chiave microscopica, come interazione attiva e reattiva dei dipoli di polarizzazione con il campo elettromagnetico. Questo approccio ha come obiettivo di spiegare il rallentamento della luce nei mezzi, dando gli strumenti culturali per comprendere tutti gli effetti lineari e non lineari di interazione tra la luce e i materiali.

Il corso quindi analizzerà la riflessione e rifrazione della luce e tutti i fenomeni associati, parte fondamentale per la comprensione sia di come agiscono i diversi dispositivi ottici attualmente utilizzati (specchi, lenti, sistemi ottici complessi, fibre ottiche). Il corso introduce alle problematiche legate ai pannelli solari e alla conversione dell'energia solare. Gli aspetti ondosi della luce saranno analizzati sia relativamente all'interferenza e ai risonatori ottici, sia relativamente alla diffrazione, introducendo il principio di Huygens-Fresnel e le sue applicazioni in campo vicino e in campo lontano. Questi studi permetteranno di introdurre i concetti base della nano-ottica e le tecniche di simulazione associate.

La parte finale del corso introdurrà ai materiali non lineari e ai fenomeni associati. Sarà discussa l'ottica non lineare del secondo e del terzo ordine. Particolare attenzione sarà rivolta ai fenomeni del secondo ordine sia di natura catalitica (generazione di seconda armonica e generazione di armonica differenza) sia di natura rifrattiva (effetto Kerr e fotorifrattività). Sfruttando le non linearità fotorifrattive sarà mostrato come possono essere prodotti circuiti neuromorfi la cui risposta ha un comportamento simile ai neuroni biologici. Tali circuiti neurali sono in grado di riconoscere informazioni codificate otticamente (machine learning) e memorizzarle (memorie RAM e ROM). I circuiti neuromorfi sono gli elementi base per costruire una Intelligenza Artificiale Fotonica hardware.

10589161 PRINCIPLES OF BIOCHEMICAL ENGINEERING	1°	2°	6	ENG
---	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
Il corso fornisce allo studente gli strumenti qualitativi e quantitativi per la comprensione dei processi subcellulari e/o coinvolgenti microorganismi. Inoltre fornisce le basi biochimiche e cinetiche necessarie per la caratterizzazione dei processi enzimatici, di regolazione genetica e di crescita di microorganismi e di linee cellulari e la loro descrizione quantitativa				
10610442 CHIMICA SUPERIORE PER NANOTECNOLOGI E	2°	1°	6	ITA
Obiettivi formativi				
Il corso si propone di fornire allo studente un approfondimento su alcuni argomenti già trattati nel Corso di Chimica per Nanotecnologie. Inoltre si propone di fornire delle conoscenze di base nel campo della Chimica Organica, applicabili in ambiti scientifici, tecnologici e industriali.				
Risultati di apprendimento attesi:				
Conoscenze e capacità di comprendere (I descrittore di Dublino)				
Lo studente, al termine del Corso, sarà in possesso delle conoscenze di base in Chimica Generale ed in Chimica Organica su composizione, struttura, proprietà e trasformazioni della materia. Sarà quindi in grado di comprendere l'ambiente che lo circonda dal punto di vista della sua struttura, microscopica e macroscopica. Sarà inoltre consapevole delle molteplici interconnessioni della Chimica con le altre materie e della necessità di un continuo aggiornamento sullo stato dell'arte, dovuto ai continui progressi della conoscenza e della tecnica.				
Conoscenza e capacità di comprensione applicate (descrittore II)				
Alla fine del percorso di studio lo studente avrà sviluppato la capacità di comprendere alcune caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze, quali, ad esempio, stato di aggregazione, volatilità, solubilità, sulla base della conoscenza della loro struttura.				
Autonomia di giudizio (descrittore III)				
Al termine del Corso lo studente dovrà possedere gli strumenti per valutare in maniera critica una trasformazione chimica. In alcuni casi, in base alla conoscenza della struttura intra- e intermolecolare dei composti chimici, di prevederne diverse proprietà chimico-fisiche, quali, ad esempio, stato di aggregazione, solubilità e reattività.				
Abilità comunicative (descrittore IV)				
Al termine del Corso lo studente dovrà aver maturato una buona proprietà di linguaggio, specialmente per quanto attiene la terminologia scientifica specifica dell'insegnamento, in modo tale da saper comunicare in modo chiaro le proprie conoscenze e le proprie conclusioni a interlocutori esperti della materia e non.				
Capacità di apprendere (descrittore V)				
Al termine del Corso lo studente dovrà aver sviluppato una capacità di apprendimento tale da consentirgli di studiare ed approfondire gli aspetti chimici relativi al campo delle nanotecnologie in modo autonomo.				
10592710 DINAMICA DI SISTEMI MICROMECCATRO NICI	2°	1°	6	ITA
Obiettivi formativi				
Nel corso sono forniti gli elementi teorici per l'approfondimento della cinematica e la dinamica dei corpi rigidi, la meccanica delle vibrazioni di sistemi discreti e continui, l'analisi dei segnali deterministici e random in modo da permettere allo studente la corretta progettazione funzionale di macchine e dispositivi di dimensioni micrometriche.				
1044618 TECNOLOGIE E PROCESSI PER L'ELETTRONICA	2°	1°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
Fornire allo studente una esauriente comprensione dei punti fondamentali lungo cui si snoda il percorso di integrazione di un microcircuito elettronico (con particolare riferimento alla tecnologia CMOS) nel compromesso tra prestazioni (velocità, area, potenza), costi e affidabilità.				
1041742 BIOPHOTONICS LABORATORY	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
Il corso si rivolge a studenti che siano interessati all'applicazione delle tecniche fotoniche per la fabbricazione di dispositivi da utilizzare nel campo biologico.				
Il corso perseguirà tre finalità principali:				
<ul style="list-style-type: none"> • Fornire una descrizione teorica dei principali fenomeni fisici di interazione tra molecole organiche e radiazione luminosa, approfondendo la preparazione che gli studenti hanno ricevuto nei corsi di base ed in quelli di specializzazione già seguiti; • Dare una dimostrazione in laboratorio di tali fenomeni mediante esercitazioni appositamente realizzate, in modo da mettere gli studenti a contatto con la strumentazione più utilizzata in un laboratorio di ottica e fotonica; • Descrivere le principali tecniche oppure i dispositivi comunemente utilizzati per lo studio avanzato dei sistemi biologici. 				
Le tre finalità verranno perseguite contemporaneamente nel corso delle lezioni cercando di mettere in evidenza in ciascun caso gli aspetti fondamentali o applicativi di ogni fenomeno. Competenze acquisite: gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in possesso delle conoscenze sui fenomeni di base che governano il funzionamento delle tecniche di imaging utilizzate nel campo biologico e di quelle fotoniche su cui sono basati i comuni dispositivi bio-opto-fotonici.				
10589170 ARTIFICIAL MATERIALS - METAMATERIALS AND PLASMONICS FOR ELECTROMAGNETIC APPLICATIONS	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il corso intende fornire la teoria elettromagnetica generale dei materiali artificiali, dei metamateriali e delle strutture plasmoniche, di notevole importanza in molte recenti applicazioni.				
CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti saranno in grado di modellare dal punto di vista elettromagnetico alcuni materiali di particolare interesse nelle applicazioni, e di simularne il relativo comportamento usando tecniche numeriche.				
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Essere in grado di formulare una propria valutazione relativa agli argomenti del corso e alla loro rilevanza applicativa. Essere in grado di raccogliere e valutare criticamente informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa agli argomenti del corso.				
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Saper descrivere gli argomenti del corso. Saper comunicare le conoscenze acquisite sugli argomenti del corso.				
CAPACITÀ DI APPRENDERE. Strumenti chiave usati estensivamente per la loro intuitività fisica e generalità rappresentativa sono le relazioni costitutive, il concetto di omogeneizzazione e le rappresentazioni circuitali equivalenti.				
10606062 LABORATORY OF ELECTRORHEOLOGY	2°	1°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
Il Corso fornisce I principi base della reologia e reometria, sia in regime rotazionale che oscillatorio, con enfasi sui fluidi "intelligenti", in particolare quelli elettroreologici.				
Risultati di apprendimento attesi:				
Al termine del corso lo studente sarà in grado di:				
<ul style="list-style-type: none"> - Comprendere e applicare i modelli matematici elementari che descrivono il comportamento di flusso di un fluido ideale e di un fluido viscoelastico; - Saper distinguere i fluidi in base al comportamento reologico; - Progettare ed eseguire misure reometriche su materiali con svariati comportamenti reologici; - Comprendere le potenzialità e le possibili applicazioni dei fluidi intelligenti in ambito industriale; - Analizzare e interpretare misure sperimentali a partire dai dati grezzi; - Sviluppare ed applicare modelli predittivi mediante software (Matlab); 				
1041744 OPTOELECTRONIC S	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
L'obiettivo del corso intende fornire una conoscenza solida e coordinata dei fenomeni, dei materiali, dei dispositivi e delle tecniche optoelettroniche, con particolare riferimento alla generazione, rivelazione e processamento di segnali ottici.				
10589519 ELECTROMAGNETIC FIELDS AND NANOSYSTEMS FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
Gli obiettivi del corso sono legati alla conoscenza e all'uso dei campi elettromagnetici per la progettazione di applicazioni e tecnologie nell'ordine di grandezza dei nanometri (1-100 nm) e che abbiano utilizzi medici.				
1019528 Sistemi microelettromeccanici	2°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
GENERALI				
Il corso intende fornire allo studente gli strumenti per la comprensione, l'analisi dei principi di funzionamento, le tecnologie realizzative e le prestazioni di sistemi microelettromeccanici (MEMS).				
SPECIFICI				
Lo studente acquisisce nozioni relative alle strategie di miniaturizzazione di sistemi microelettromeccanici, all'impatto su relative geometrie e principi fisici di funzionamento, alle soluzioni tecnologiche per permetterne la realizzazione. Forniti esempi, per diverse categorie, dai primi prototipi a sistemi allo stato dell'arte, dalle proposte in letteratura scientifica alle soluzioni messe sul mercato. Vengono esaminati i materiali costitutivi, i principi di funzionamento, le strategie di realizzazione e packaging di diversi sistemi utilizzati attualmente nella vita quotidiana.				
<ul style="list-style-type: none"> • Conoscenza e capacità di comprensione: Conoscenza approfondita dei principali sistemi realizzati con componenti microelettromeccanici, passati e moderni, con particolare riferimento ai principi fisici di funzionamento dei singoli componenti e delle tecnologie realizzative. • Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di analisi di sistemi microelettromeccanici allo stato dell'arte. Acquisizione di competenze per la progettazione di sistemi microelettromeccanici, e per la loro implementazione nelle diverse aree applicative dell'era moderna. • Autonomia di giudizio: Capacità di sintesi, scelta, confronto e progettazione di sistemi microelettromeccanici allo stato dell'arte. • Abilità comunicative: Capacità di descrizione, analisi e confronto di sistemi microelettromeccanici allo stato dell'arte. • Capacità di apprendimento: Capacità di apprendere atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione, prototipazione e analisi delle prestazioni di sistemi microelettromeccanici. 				
10589412 DISPOSITIVI NANOELETTRONIC I DI SENSING INNOVATIVI	2°	2°	6	ITA
Obiettivi formativi				
Nello scenario della evoluzione della nanoelettronica, la strategia More Than Moore si pone oggi come alternativa alla strategia More Moore di miniaturizzazione dei transistor. Essa prevede di aumentare il numero di funzionalità del chip piuttosto che continuare ad aumentare il numero di gate per chip. La strategia More Than Moore si avvantaggia così dei progressi delle nanotecnologie nei campi della meccanica, fluidica, chimica, ottica e fonde le variegate funzionalità di sensing alle capacità della nanoelettronica e dell'ICT più in generale.				
In questa ottica, il corso Dispositivi Nanoelettronici di Sensing Innovativi si centra sullo studio di dispositivi multifunzionali basati sulla integrazione di tecnologie nanoelettroniche e sensori miniaturizzati e si propone di fornire gli strumenti per affrontare in maniera autonoma il design di un sistema elettronico integrato multifunzionale di sensing. Gli studenti saranno guidati anche nella gestione delle problematiche di interfacciamento dei componenti nano/micrometrici di sensing con il sistema elettronico, con riferimenti alle problematiche di compatibilità con la tecnologia CMOS, di comunicazione dei dati e di energy harvesting/scavenging.				
Negli anni passati, sono stati realizzati sistemi prototipali quali, per esempio, sistemi per il sensing di perdite d'acqua da condotte, per il sensing di irregolarità della respirazione di neonati in culla, per il sensing di vibrazioni di tubature, altri.				
1021841 MICROSISTEMI FOTONICI	2°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>Il corso intende fornire allo studente gli strumenti per la comprensione, le tecnologie realizzative e le prestazioni di sistemi e microsistemi composti da componenti optoelettronici e fotonici.</p> <p>SPECIFICI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoscenza e capacità di comprensione: Conoscenza approfondita dei principali sistemi realizzati con componenti optoelettronici e fotonici, con particolare riferimento ai principi fisici di funzionamento dei singoli componenti e delle tecnologie realizzative. • Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di analisi e confronto di sistemi fotonici allo stato dell'arte. Acquisizione di competenze per la progettazione di microsistemi fotonici, e per la loro applicazione nella sensoristica e nella elaborazione delle immagini. • Autonomia di giudizio: Capacità di scelta, confronto e progettazione di sistemi fotonici allo stato dell'arte. • Abilità comunicative: Capacità di descrizione, analisi e confronto di sistemi fotonici allo stato dell'arte. • Capacità di apprendimento: Capacità di apprendere atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione, acquisizione e confronto di sistemi fotonici 				
10589367 Sintesi e caratterizzazione di bio-nano-materiali	2°	2°	6	ITA

Obiettivi formativi

Il corso si pone l'obiettivo di descrivere approcci innovativi nella modellazione fenomenologica di sistemi complessi quali crescita biologica, bioadsorbimento ed elettrodeposizione di nanoparticelle. Allo scopo si descrivono teoricamente casi di studio inerenti le attività di ricerca come spunto per l'elaborazione di modelli avanzati strutturati (per la crescita cellulare e le bioproduzioni) e modelli meccanicistici (di equilibrio e dinamici) per il bioadsorbimento e l'elettrodeposizione di particelle. Il corso fornisce le nozioni di base per utilizzare strumenti analitici (quali spettrofotometri, cromatografi, potenziostati) utili per la caratterizzazione di sistemi inerenti la bioproduzione, il bioadsorbimento e l'elettrodeposizione di nanoparticelle. Il corso fornisce allo studente le competenze teoriche che consentono l'applicazione della progettazione sperimentale e l'analisi statistica dei dati.

Il corso costituisce un percorso formativo su più livelli in cui tematiche delle biotecnologie industriali ed ambientali (coltivazioni microalgali e bioadsorbimento di metalli pesanti) e delle nanotecnologie (elettrodeposizione di nanoparticelle metalliche) sono in una prima fase esposte in termini teorici mettendo in evidenza le relazioni tra i fattori operativi che possono essere variati in un processo o in un esperimento di laboratorio e le variabili caratteristiche del sistema (crescita microalgale e produttività di specifiche biocomponenti per le microalghie; ripartizione all'equilibrio dei metalli per il bioadsorbimento; fenomeni operanti nell'elettrocristallizzazione di metalli). Le tematiche non sono affrontate solo in termini descrittivi ma anche introducendo modellazioni matematiche di complessità crescente (modelli di crescita bilanciata e modelli strutturati per microalghie; modelli empirici e meccanicistici per la descrizione della ripartizione all'equilibrio nel bioadsorbimento; modelli semiempirici e fenomenologici per la descrizione dei transienti di corrente in elettrodeposizione) ed effettuando esercitazioni al computer per la regressione non lineare dei parametri di modelli di differente complessità (rappresentazione delle proprietà adsorbenti mediante modelli empirici, rappresentazione delle proprietà acido base di un bioadsorbente mediante modelli meccanicistici continui; transienti di crescita). Nella descrizione della modellazione particolare enfasi è data alla caratterizzazione sperimentale dei sistemi come vincolo e guida nella scelta dei parametri dei modelli più complessi.

In questo contesto vengono spiegati i fondamenti di alcune tecniche analitiche (potenziometria, spettrofotometria di assorbimento atomico, spettroscopia molecolare, cromatografia gassosa e cromatografia liquida ad alta prestazione, citofluorimetria) necessarie per la determinazione delle variabili rappresentative dello stato dei sistemi proposti (gruppi funzionali con proprietà acido base su una biomassa, ripartizione all'equilibrio di un metallo in una sospensione di bioadsorbente, determinazione della crescita microalgale e del contenuto di specifiche componenti quali lipidi, carboidrati e carotenoidi nel corso di una bioproduzione; interazione fra microrganismi microalgali e batteri).

Tecniche di inferenza statistica dei dati sono introdotte nella fase conclusiva delle lezioni (test d'ipotesi, intervalli di confidenza, analisi della varianza, regressione lineare e analisi di regressione per la calibrazione).

Descrittore di Dublino 1: gli studenti al termine del corso hanno acquisito conoscenze relativamente a

- fattori influenzanti le crescite biologiche microalgali e le specifiche produzioni di alcuni biocomponenti (lipidi, amido, carotenoidi) e fattori influenzanti il bioadsorbimento di metalli
- modelli per la rappresentazione della crescita microalgale e produzione di biocomponenti e modelli per la rappresentazione della ripartizione all'equilibrio di specie cariche su biomasse
- nozioni fondamentali su tecniche di potenziometria, spettrofotometria atomica, spettroscopia UVVis e IR, cromatografia liquida ad alta prestazione
- nozioni fondamentali di tecniche di design sperimentale (sperimentazione fattoriale) e analisi statistica dei dati (test d'ipotesi, intervalli di confidenza, analisi della varianza e analisi di regressione)

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Laboratorio di sintesi e caratterizzazione di bio-nano-materiali	2°	2°	3	ITA

Obiettivi formativi

Il corso fornisce gli strumenti per effettuare caratterizzazioni di biofasi e nanoparticelle come elementi fondamentali per lo sviluppo e la validazione di modelli avanzati. L'obiettivo viene raggiunto effettuando esperienze di laboratorio in cui varie strumentazioni (spettrofotometri di assorbimento atomico e UV visibile, cromatografo liquido ad alta prestazione, microscopio ottico, potenziostato) vengono utilizzate per caratterizzare differenti sistemi. I dati sperimentali raccolti vengono elaborati mediante analisi statistica e utilizzati nello sviluppo di modelli avanzati per i casi di studio secondo l'approccio evidenziato nella teoria.

Descrittore di Dublino 2: al completamento del corso lo studente sa

- preparare sospensioni di solidi e soluzioni per diluizione e per pesata utilizzando pipette, matracci tarati, bilance analitiche
- utilizzare a livello base (comandi di calibrazione e di avvio analisi su software dedicati) gli strumenti di laboratorio utilizzati nelle esperienze quali pHmetro, spettrofotometro ad assorbimento atomico, spettrofotometro UV visibile, cromatografo HPLC
- effettuare l'analisi statistica relativamente a test d'ipotesi per medie e varianze, calcolo degli intervalli di confidenza, analisi della varianza, analisi di regressione per modelli lineari univariati

Descrittore di Dublino 3: lo studente acquisisce capacità critiche di giudizio relativamente alla significatività di un fattore operativo sulla variabile studiata da una parte testando con mano l'ineluttabilità dell'errore sperimentale nel corso della raccolta dati nelle esperienze di laboratorio, dall'altro nella fase di redazione della relazione finale in cui viene richiesto di utilizzare strumenti statistici per l'analisi dei dati raccolti.

Descrittore di Dublino 4: lo studente acquisisce l'abilità nella comunicazione dedicandosi all'elaborazione e presentazione di una relazione che riporta i dettagli sperimentali e le analisi ed elaborazione dei dati sperimentali raccolti durante le esercitazioni di laboratorio.

Applicazioni innovative di bio-nano-materiali e loro modellazione	2°	2°	3	ITA
---	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>Il corso si pone l'obiettivo di descrivere diversi approcci di modellazione fenomenologica di sistemi complessi chimici e biologici. Allo scopo si descrivono le strategie percorribili per l'elaborazione di modelli avanzati in grado di rappresentare un compromesso ottimale tra descrizione teorica dei fenomeni in esame e informazioni empiriche ottenibili da dati sperimentali. Nel corso verranno descritti con particolare dettaglio alcuni casi di studio: la produzione di biomolecole tramite crescita cellulare (modelli strutturati e non strutturati), la descrizione di fenomeni di bioadsorbimento tramite modelli meccanicistici (di equilibrio e dinamici) e la sintesi di nanomateriali tramite metodi elettrochimici e di precipitazione chimica.</p> <p>Il corso fornisce le nozioni di base per poter identificare le modalità opportune per acquisire dati sperimentali qualitativi e quantitativi utilizzando strumenti analitici di uso comune (quali ad esempio spettrofotometri e cromatografi), con un maggiore livello di approfondimento per ciò che riguarda la caratterizzazione di sistemi inerenti i casi studio esaminati.</p> <p>Il corso fornisce agli studenti alcune nozioni di base per effettuare le sintesi e caratterizzazione di bioprodotto e nanomateriali in laboratorio.</p> <p>Il corso fornisce allo studente le competenze teoriche che consentono l'applicazione della progettazione sperimentale e l'analisi statistica dei dati.</p> <p>Il corso costituisce un percorso formativo su più livelli in cui tematiche delle biotecnologie industriali ed ambientali (coltivazioni microbiche e bioadsorbimento di metalli pesanti) e delle nanotecnologie (elettrodeposizione e precipitazione di nanoparticelle contenenti metalli) sono trattate a diversi livelli. Verranno descritti i fenomeni in esame in termini teorici mettendo in evidenza le relazioni tra i fattori operativi che possono essere variati in un processo o in un esperimento di laboratorio e le variabili caratteristiche del sistema (crescita microorganismi e produttività di specifiche biomolecole; ripartizione all'equilibrio dei metalli per il bioadsorbimento; fenomeni operanti nell'elettrocristallizzazione e nella precipitazione di metalli). Le tematiche non sono affrontate solo in termini descrittivi ma anche introducendo modellazioni matematiche di complessità crescente (modelli di crescita microbica bilanciata e modelli strutturati; modelli empirici e meccanicistici per la descrizione della ripartizione all'equilibrio nel bioadsorbimento). Parte dell'attività didattica comprenderà esercitazioni al computer al fine di valutare la capacità dei modelli studiati di descrivere i dati sperimentali tramite regressione lineare e non lineare per determinare i parametri di modelli di differente complessità (rappresentazione delle proprietà adsorbenti mediante modelli empirici, rappresentazione delle proprietà acido base di un bioadsorbente mediante modelli meccanicistici continui; transienti di crescita microbica in batch). Nella descrizione della modellazione particolare enfasi è data alla caratterizzazione sperimentale dei sistemi studiati, come vincolo e guida nella scelta dei parametri dei modelli più complessi.</p> <p>In questo contesto vengono spiegati i fondamenti di alcune tecniche analitiche (titolazioni, potenziometria, spettrofotometria di assorbimento atomico, spettroscopia molecolare, cromatografia gassosa e cromatografia liquida ad alta prestazione, citofluorimetria) necessarie per la determinazione delle variabili rappresentative dello stato dei sistemi proposti (gruppi funzionali con proprietà acido base su una biomassa, ripartizione all'equilibrio di un metallo in una sospensione di bioadsorbente, determinazione della crescita microbica e sintesi di specifiche componenti quali lipidi, polisaccaridi e proteine; interazione competitive tra diversi microrganismi correlata alla differente capacità di sintesi di bioprodotto).</p> <p>Tecniche di inferenza statistica dei dati sono introdotte nella fase conclusiva delle lezioni (test d'ipotesi, intervalli di confidenza, regressione lineare e analisi della varianza).</p> <p>Descrittore di Dublino 1: gli studenti al termine del corso hanno acquisito conoscenze relativamente a</p> <ul style="list-style-type: none"> - principali fattori influenzanti le crescite biologiche di microorganismi e le specifiche produzioni di alcuni biocomponenti (lipidi, carboidrati, proteine) e fattori influenzanti il bioadsorbimento di metalli - modelli per la rappresentazione della crescita microbica (con particolare approfondimento alle microalghe) e produzione di biocomponenti cellulari e modelli per la rappresentazione della ripartizione all'equilibrio di specie cariche su biomasse - nozioni fondamentali su tecniche di bioproduzione microbica, titolazioni potenziometriche, citofluorimetria, spettrofotometria atomica, spettroscopia UV-Vis e IR, cromatografia gassosa e liquida ad alta prestazione. - nozioni fondamentali di tecniche di analisi statistica dei dati (test d'ipotesi, intervalli di confidenza, analisi della varianza e regressione). - capacità di effettuare alcune basilari attività pratiche di laboratorio quali preparazione di soluzioni, avviamento e monitoraggio di esperimenti di moderata complessità, monitoraggio di colture microbiche e produzione e caratterizzazione del contenuto di biomolecole tramite analisi spettrofotometriche e cromatografiche. 				
10589356 Produzione e caratterizzazione di materiali nanocompositi	2°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
Il secondo modulo intitolato "Produzione e caratterizzazione di materiali nanostrutturati – Materiali Massivi" intende fornire agli studenti i principi e gli strumenti fondamentali che controllano le relazioni tra struttura-fabbricazione-proprietà di materiali nanostrutturati massivi. Una volta completato il modulo, gli studenti saranno in grado di sviluppare il materiale e il processo produttivo per una particolare applicazione tenendo conto dell'influenza che il processo di fabbricazione può avere sulla struttura e sulle proprietà multifunzionali del materiale stesso.				
Produzione e caratterizzazione di materiali nanocompositi - rivestimenti	2°	2°	3	ITA
Obiettivi formativi				
Le lezioni e le attività di laboratorio del modulo si propongono di fornire allo studente conoscenze avanzate nell'ambito dell'ingegneria delle superfici ed in particolare nell'ambito delle tecniche di produzione e caratterizzazione di rivestimenti nanocompositi. Gli obiettivi del corso saranno dunque:				
1) Approfondimento sulle principali tecniche di deposizione di rivestimenti nanocompositi,				
2) Introduzione alla strumentazione di laboratorio da utilizzare nei processi di elettrodeposizione e di deposizione chimica				
3) Comprensione della relazione tra parametri di processo, microstruttura/morfologia e proprietà dei rivestimenti				
4) Formazione sull'utilizzo del laboratorio chimico.				
Produzione e caratterizzazione di materiali nanocompositi - materiali massivi	2°	2°	3	ITA
Obiettivi formativi				
Il secondo modulo intitolato "Produzione e caratterizzazione di materiali nanostrutturati – Materiali Massivi" intende fornire agli studenti i principi e gli strumenti fondamentali che controllano le relazioni tra struttura-fabbricazione-proprietà di materiali nanostrutturati massivi. Una volta completato il modulo, gli studenti saranno in grado di sviluppare il materiale e il processo produttivo per una particolare applicazione tenendo conto dell'influenza che il processo di fabbricazione può avere sulla struttura e sulle proprietà multifunzionali del materiale stesso.				
10589604 TECNOLOGIE DI PRODUZIONE DI MICRO-NANO PARTICELLE E CARATTERIZZAZIONE DI MATERIALI NANOSTRUTTURATI	2°	2°	6	ITA
Obiettivi formativi				
Il corso si propone di illustrare ed approfondire le tecniche di caratterizzazione delle proprietà meccaniche e chimico-fisiche dei materiali. In particolare, verranno approfondite le metodologie specificatamente legate al mondo dei materiali nanostrutturati e dei sistemi rivestiti. Le esercitazioni in laboratorio saranno svolte conducendo direttamente gli esperimenti di caratterizzazione su campioni reali, infine verranno illustrate ed applicate le metodologie di trattamento ed analisi dei dati per la preparazione dei report delle esperienze sperimentali.				

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
LABORATORIO DI TECNOLOGIE DI PRODUZIONE DI MICRO-NANO PARTICELLE	2°	2°	3	ITA

Obiettivi formativi

Il corso si propone di illustrare ed insegnare le principali tecniche di produzione di micro e nano particelle inorganiche. Le tecniche studiate sono quelle più comuni utilizzate per la sintesi di particelle. Le tecniche di produzione verranno illustrate in laboratorio dove verranno svolte delle esercitazioni.

Le esercitazioni hanno lo scopo insegnare allo studente quali sono tutti i passaggi da eseguire per la preparazione di particelle con diversi metodi. Le esercitazioni verranno svolte dagli studenti sotto la supervisione del professore

LABORATORIO DI CARATTERIZZAZIO NE DI MATERIALI NANOSTRUTTURA TI NANOCOMPOSITI E FILM SOTTILI	2°	2°	3	ITA
--	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il corso si propone di illustrare ed approfondire le tecniche di caratterizzazione delle proprietà meccaniche e chimico -fisiche dei materiali. In particolare, verranno approfondite le metodologie specificatamente legate al mondo dei materiali nanostrutturati e dei sistemi rivestiti. Le esercitazioni in laboratorio saranno svolte conducendo direttamente gli esperimenti di caratterizzazione su campioni reali, infine verranno illustrate ed applicate le metodologie di trattamento ed analisi dei dati per la preparazione dei report delle esperienze sperimentali.

10610965 LABORATORIO SPERIMENTALE DI TECNICHE DI MICROSCOPIA DIFFRAZIONE SPETTROSCOPIA E TOMOGRAFIA	2°	2°	6	ITA
--	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Saper mettere in atto esperimenti di microscopia e diffrazione, acquisendo adeguata competenza delle procedure sperimentali necessarie.

TECNICHE DI SPETTROSCOPIA E TOMOGRAFIA	2°	2°	3	ITA
--	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Saper mettere in atto esperimenti di spettroscopia e tomografia, acquisendo adeguata competenza delle procedure sperimentali necessarie.

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
TECNICHE DI MICROSCOPIA E DIFFRAZIONE	2°	2°	3	ITA

Obiettivi formativi

Saper mettere in atto esperimenti di microscopia e diffrazione, acquisendo adeguata competenza delle procedure sperimentali necessarie.

10610451 CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DI MICRO-NANO STRUTTURE	2°	2°	6	ITA
---	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il corso fornisce le conoscenze teoriche di base sul comportamento dinamico lineare dei sistemi discreti e continui e si propone di fornire nozioni sperimentali classiche e avanzate per la caratterizzazione di micro-nano strutture nel dominio del tempo e della frequenza. Gli studenti apprenderanno le principali metodologie per lo studio della risposta dinamica dei sistemi discreti ad uno e più gradi di libertà e per la caratterizzazione modale di micro-nano strutture continue soggette a diverse condizioni di vincolo. Le attività di studio teorico e applicativo di calcolo saranno accompagnate da sessioni in laboratorio per mettere in pratica le conoscenze maturate attraverso un approccio diretto (progettazione) o inverso (identificazione) ed utilizzando tecniche di acquisizione classiche e più avanzate come la vibrometria a scansione laser.

TECNICHE DI VIBROMETRIA LASER	2°	2°	3	ITA
-------------------------------	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il modulo ha lo scopo di insegnare le principali tecniche di identificazione della risposta dinamica lineare di strutture spazialmente continue o assimilabili a sistemi meccanici discreti dotati di uno o più gradi di libertà. Gli studenti apprenderanno ed implementeranno computazionalmente tecniche di identificazione delle caratteristiche modali come, la curva di risposta in frequenza, l'half power peak method, il decadimento esponenziale, l'Analisi Modale Sperimentale (EMA) e l'Analisi Modale Operativa (OMA). Attraverso sessioni applicative in laboratorio, il modulo ha lo scopo di insegnare l'utilizzo di tecniche di vibrometria laser per l'identificazione delle caratteristiche modali di micro-nano travi soggette a forzanti stazionarie e non stazionarie. I frequentanti apprenderanno gli aspetti teorici di base delle metodologie di acquisizione a contatto e non a contatto, con un focus particolare alla vibrometria laser. Le conoscenze acquisite nei precedenti moduli verranno poi messe in pratica con progetti di gruppo in laboratorio, nei quali i calcoli effettuati con strumenti implementati dai discenti verranno confrontati con i risultati sperimentali acquisiti mediante strumentazioni sperimentali avanzate.

DINAMICA DI MICRO-NANO STRUTTURE	2°	2°	3	ITA
----------------------------------	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il modulo ha lo scopo di insegnare la teoria dell'oscillatore lineare smorzato e non smorzato soggetto a forzanti stazionarie e non stazionarie per poi estendersi allo studio dei sistemi a più gradi di libertà e alle caratteristiche modali di micro-nano strutture continue. Gli studenti apprenderanno come calcolare la risposta dinamica e ad effettuare l'analisi modale di micro-nano travi soggette a diverse condizioni di vincolo, tra cui a mensola e a doppio incastro.

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10589246 SENSORS AND ELECTRICAL- ELECTROMAGNETI C CHARACTERIZATI ON LABORATORY	2°	2°	6	ENG

Obiettivi formativi

Gli obiettivi principali del corso sono:

1) descrivere i metodi e gli strumenti comunemente impiegati per la caratterizzazione delle proprietà elettriche ed elettromagnetiche di materiali micro/nanostrutturati utili in diversi campi di applicazione, che vanno dalla compatibilità elettromagnetica alla sensoristica;

2) fornire allo studente nozioni di base di sensoristica e un'esperienza pratica volta alla fabbricazione e caratterizzazione di sensori fisici ottenuti mediante l'uso di nuovi micro/nano materiali.

Il corso si propone quindi di fornire all'allievo le nozioni necessarie:

a) per la comprensione dei principi teorici che stanno alla base dei metodi di misura adottati, del funzionamento della strumentazione, dei campi di impiego, delle procedure di acquisizione ed elaborazione dati;

b) per la caratterizzazione elettrica/elettromagnetica di nuovi materiali;

c) per lo sviluppo di nuovi sensori per il monitoraggio strutturale e/o l'elettronica flessibile.

Alla conclusione del corso lo studente saprà: caratterizzare le proprietà elettriche/elettromagnetiche di diverse tipologie di materiali; comprendere le relazioni che intercorrono tra le proprietà dei materiali utilizzati per la realizzazione dei sensori e la loro risposta elettromeccanica; pianificare e svolgere attività di laboratorio inerenti alla fabbricazione e caratterizzazione di sensori; valutare i punti di forza e limiti di un sensore; comprendere i principi operativi e le caratteristiche degli strumenti di misura.

Gli obiettivi saranno perseguiti attraverso esperienze e attività di laboratorio.

10589349 LABORATORIES OF ATOMISTIC AND MICRO-NANO- FLUIDICS SIMULATIONS	2°	2°	6	ENG
--	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

L'insegnamento è finalizzato a fornire agli studenti gli strumenti operativi per l'implementazione e l'uso di codici per il campionamento dello spazio delle fasi di sistemi multi-corpo secondo schemi deterministici (dinamica molecolare) e aleatori (Metropolis-MonteCarlo) e per l'analisi della struttura elettronica di materiali secondo un semplice schema tight-binding semi-empirico. Verrà posto particolarmente l'accento sull'analisi critica dei dati prodotti in relazione e confronto con osservabili sperimentali dei sistemi considerati.

Il corso può essere erogato solo a studenti che hanno frequentato e superato l'esame di Modelli e Tecniche di Simulazioni Atomistiche i cui contenuti costituiscono la necessaria base teorica per poter affrontare gli argomenti trattati

Verranno pertanto affrontati temi concernenti aspetti pratici sia di natura tecnica (ambienti di lavoro, codici di servizio e di visualizzazione, linguaggi di programmazione) che più prettamente teorico-simulativi riguardanti, ad esempio, gli algoritmi più diffusi e gli schemi di implementazione e d'uso.

Atomistic Simulations Laboratory	2°	2°	3	ENG
--	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>L'insegnamento è finalizzato a fornire agli studenti gli strumenti operativi per l'implementazione e l'uso di codici per il campionamento dello spazio delle fasi di sistemi multi-corpo secondo schemi deterministici (dinamica molecolare) e aleatori (Metropolis-MonteCarlo) e per l'analisi della struttura elettronica di materiali secondo un semplice schema tight-binding semi-empirico. Verrà posto particolarmente l'accento sull'analisi critica dei dati prodotti in relazione e confronto con osservabili sperimentali dei sistemi considerati.</p> <p>Il corso può essere erogato solo a studenti che hanno frequentato e superato l'esame di Modelli e Tecniche di Simulazioni Atomistiche i cui contenuti costituiscono la necessaria base teorica per poter affrontare gli argomenti trattati. Verranno pertanto affrontati temi concernenti aspetti pratici sia di natura tecnica (ambienti di lavoro, codici di servizio e di visualizzazione, linguaggi di programmazione) che più prettamente teorico-simulativi riguardanti, ad esempio, gli algoritmi più diffusi e gli schemi di implementazione e d'uso.</p>				
Micro-Nano Fluidics Simulations Laboratory	2°	2°	3	ENG
Obiettivi formativi				
<p>L'obiettivo formativo del corso è di introdurre gli studenti alla teoria e alla pratica delle simulazioni atomistiche attraverso l'insegnamento dei vari aspetti di carattere multi-disciplinare inerenti. L'insegnamento riguarderà aspetti fondamentali dei modelli classici e approfondimenti dei principali approcci quantistici. Attività di laboratorio ed esercitazioni saranno focalizzati sulle problematiche numeriche connesse.</p> <p>Risultati di apprendimento attesi:</p> <p>Conoscenze e capacità di comprendere (I descrittore di Dublino) Lo studente, al termine del Corso, sarà in possesso delle conoscenze di base riguardanti i principali metodi e modelli per studiare dal punto di vista modellistico e teorico le nano-strutture sulla base della loro composizione atomistica. Sarà quindi in grado di comprendere l'ambiente che lo circonda dal punto di vista della sua struttura, microscopica e macroscopica. Sarà inoltre consapevole delle molteplici relazioni con le altre materie e della necessità di un continuo aggiornamento sullo stato dell'arte, dovuto ai continui progressi della conoscenza e della tecnica.</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione applicate (descrittore II) Alla fine del percorso di studio lo studente avrà sviluppato la capacità di comprendere la natura delle proprietà atomistiche delle nano-strutture e la loro relazione con quelle macroscopiche</p> <p>Autonomia di giudizio (descrittore III) Al termine del Corso lo studente dovrà possedere gli strumenti per valutare in maniera critica i limiti di applicazione delle varie tecniche e le possibili informazioni deducibili dal loro uso.</p> <p>Abilità comunicative (descrittore IV) Al termine del Corso lo studente dovrà aver maturato una buona proprietà di linguaggio, specialmente per quanto attiene la terminologia scientifica specifica dell'insegnamento, in modo tale da saper comunicare in modo chiaro le proprie conoscenze e le proprie conclusioni a interlocutori esperti della materia e non.</p> <p>Capacità di apprendere (descrittore V) Al termine del Corso lo studente dovrà aver sviluppato una capacità di apprendimento tale da consentirgli di studiare ed approfondire gli aspetti atomistici delle nanostrutture. Inoltre le conoscenze e le abilità acquisite costituiranno una base solida su cui eventualmente approfondire ulteriormente la materia.</p>				
10589354 Nanoelectronics Laboratory	2°	2°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>Il modulo fornisce allo studente un adeguato supporto formativo per quanto riguarda simulazioni numeriche agli elementi finiti con modelli di letteratura di dispositivi elettronici sia per esigenze R&D che di processi di produzione di interesse delle nanotecnologie elettroniche.</p> <p>Durante il corso vengono anche fornite adeguate informazioni di base sulle principali tecniche di caratterizzazione elettrica su componenti nanometrici integrati su wafer.</p> <p>In particolare il corso ha l'obiettivo di fornire al laureato magistrale in ingegneria delle nanotecnologie industriali le necessarie conoscenze per consentirgli la scelta delle tecniche e delle metodologie di nanocaratterizzazione elettronica ottimali all'interno dei processi e procedure che sarà chiamato a definire/progettare nell'ambito del suo profilo professionale.</p>				
Nanoelectronic device characterization	2°	2°	3	ENG
Obiettivi formativi				
<p>Il modulo fornisce allo studente un adeguato supporto formativo per quanto riguarda le tecniche di caratterizzazione di componenti nanoelettronici, con particolare riferimento ai metodi utilizzati nella produzione industriale di circuiti integrati, sia per esigenze R&D che di processi di produzione.</p> <p>Saranno presentati metodi di caratterizzazione basati sulla microscopia elettronica con valutazioni di tipo fisico-chimico ed elettrico. In particolare il corso ha l'obiettivo di presentare le correlazioni tra risultati sperimentali e processo di produzione.</p>				
Nanoelectronics Laboratory	2°	2°	3	ENG
Obiettivi formativi				
<p>Il modulo fornisce allo studente un adeguato supporto formativo per quanto riguarda simulazioni numeriche agli elementi finiti con modelli di letteratura di dispositivi elettronici sia per esigenze R&D che di processi di produzione di interesse delle nanotecnologie elettroniche.</p> <p>Durante il corso vengono anche fornite adeguate informazioni di base sulle principali tecniche di caratterizzazione elettrica su componenti nanometrici integrati su wafer.</p> <p>In particolare il corso ha l'obiettivo di fornire al laureato magistrale in ingegneria delle nanotecnologie industriali le necessarie conoscenze per consentirgli la scelta delle tecniche e delle metodologie di nanocaratterizzazione elettronica ottimali all'interno dei processi e procedure che sarà chiamato a definire/progettare nell'ambito del suo profilo professionale.</p>				
1041743 TRANSPORT PHENOMENA IN MICROSYSTEMS AND MICRO-NANO REACTIVE DEVICES	2°	2°	6	ENG
Obiettivi formativi				
<p>Il corso propone l'analisi delle unita' base costituenti un circuito microfluidico, vale a dire unita' di mescolamento, di scambio termico e di separazione. Sono forniti gli elementi di base della teoria dei fenomeni di trasporto con particolare enfasi sull'interazione tra trasporto di quantita' di moto e campi elettromagnetici in soluzioni elettrolitiche (pompaggio elettroosmotico e flussi magneto-idrodinamici). Il punto di partenza e' costituito dalla derivazione di soluzioni analitiche ai problemi di trasporto in geometrie semplici. L'analisi di geometrie e/o condizioni operative complesse e' sviluppata avvalendosi dell'ausilio di software commerciale.</p>				
1041749 LASER FUNDAMENTALS	2°	2°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>Portare lo studente alla comprensione del comportamento dell'interazione radiazione materia nell'intervallo di frequenze Fornire la comprensione dei meccanismi con cui sia possibile realizzare sorgenti laser , anche miniaturizzate , oltre che dispositivi in grado di convertire e manipolare la luce.Capacità di individuare, sulle base delle leggi fondamentali dell'interazione radiaone materia , il modello più adatto per la progettazione di sorgenti ottiche miniaturizzate .</p>				

Lo studente deve acquisire 9 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10610817 COMPONENTI MICRO-NANO ELETTRONICI INTEGRATI	2°	1°	9	ITA
Obiettivi formativi				
<p>Lo studente acquisisce nozioni relative, da un lato, alle strategie di miniaturizzazione di componenti CMOS compatibili secondo la legge di Moore e, dall'altro, alle soluzioni alternative al transistor convenzionale individuate negli ultimi 30 anni dalle industrie di semiconduttori.</p> <p>Lo studente esegue virtualmente un viaggio all'interno del circuito integrato, aprendolo e scoprendone i materiali, ogni dettaglio tecnologico, le sue criticità e i suoi punti di forza.</p> <p>Lo studente impara a conoscere il significato della parola affidabilità e dell'enorme importanza che oggi questo aspetto riveste nel design di nuove architetture, nuovi materiali e nuovi dispositivi.</p> <p>A livello metodologico, lo studente impara a valutare in modo critico problemi e soluzioni nel compromesso tra prestazioni, costi e affidabilità.</p> <p>Ogni anno vengono organizzati alcuni seminari in cui vengono coinvolte persone di differenti industrie di semiconduttori che parleranno di argomenti affrontati nel corso che sono attuali core business delle Compagnie. Tali seminari hanno l'obiettivo di aprire lo sguardo sul mercato dei semiconduttori e sulle offerte di stage, tirocini, tesi di laurea e posizioni strutturate.</p>				
10610449 FABBRICAZIONE E CARATTERIZZAZIO NE DI NANOSTRUTTURE E SISTEMI A BASSA DIMENSIONALITA'	2°	1°	9	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>Apprendimento di nuove metodiche sperimentali per la crescita di nanostrutture e sistemi a bassa dimensione (PVD, CVD, MBE, SAM) attraverso studio della crescita di nano-strutture esemplari e per la loro caratterizzazione (microscopie, spettroscopie, diffrazione) – Crescita e caratterizzazione di nuove architetture su scala nanometrica, applicazioni attuali e in prospettiva per l'accumulo sostenibile dell'energia (idrogeno, metalli alcalini, etc.).</p>				
A - Conoscenza e capacità di comprensione				
OF 1) Conoscenza delle tecniche di base e dei loro fondamenti teorici				
OF 2) progettare ed essere in grado di realizzare un esperimento				
B – Capacità applicative				
OF 3) Saper interpretare, analizzare e discutere dati				
C - Autonomia di giudizio				
OF 4) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle successivamente a problemi nel proprio ambito di ricerca e di interesse				
D – Abilità nella comunicazione				
OF 5) sapere presentare i dati e strategie scientifiche a esperti				
E - Capacità di apprendere				
OF 6) Saper leggere in autonomia testi e articoli scientifici di approfondimento				
SISTEMI A BASSA DIMENSIONALITA'	2 ^o	1 ^o	3	ITA
Obiettivi formativi				
<p>Conoscenza degli effetti della riduzione delle dimensioni fisiche (da 3D a 2D, 1D e 0D) sulle proprietà strutturali, elettroniche, magnetiche dei materiali - Nuove architetture su scala nanometrica, applicazioni attuali e in prospettiva - Nanostrutture e nuovi materiali a bassa dimensione per l'accumulo sostenibile dell'energia (idrogeno, metalli alcalini, etc.).</p>				
A - Conoscenza e capacità di comprensione				
OF 1) Conoscenza delle tecniche di base e dei loro fondamenti teorici				
OF 2) progettare ed essere in grado di realizzare un esperimento				
B – Capacità applicative				
OF 3) Saper interpretare, analizzare e discutere dati				
C - Autonomia di giudizio				
OF 4) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle successivamente a problemi nel proprio ambito di ricerca e di interesse				
D – Abilità nella comunicazione				
OF 5) sapere presentare i dati e strategie scientifiche a esperti				
E - Capacità di apprendere				
OF 6) Saper leggere in autonomia testi e articoli scientifici di approfondimento				

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
FABBRICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI NANOSTRUTTURE	2°	1°	6	ITA

Obiettivi formativi

Apprendimento di nuove metodiche sperimentali per la crescita di nanostrutture e sistemi a bassa dimensione (PVD, CVD, MBE, SAM) attraverso studio della crescita di nano-strutture esemplari e per la loro caratterizzazione (microscopie, spettroscopie, diffrazione) – Crescita e caratterizzazione di nuove architetture su scala nanometrica, applicazioni attuali e in prospettiva per l'accumulo sostenibile dell'energia (idrogeno, metalli alcalini, etc.).

A - Conoscenza e capacità di comprensione

OF 1) Conoscenza delle tecniche di base e dei loro fondamenti teorici

OF 2) progettare ed essere in grado di realizzare un esperimento

B – Capacità applicative

OF 3) Saper interpretare, analizzare e discutere dati

C - Autonomia di giudizio

OF 4) Essere in grado di integrare le conoscenze acquisite al fine di applicarle successivamente a problemi nel proprio ambito di ricerca e di interesse

D – Abilità nella comunicazione

OF 5) sapere presentare i dati e strategie scientifiche a esperti

E - Capacità di apprendere

OF 6) Saper leggere in autonomia testi e articoli scientifici di approfondimento

10610523 |
TECNICHE
CHIMICHE E
PROCESSI
INDUSTRIALI PER
LA PRODUZIONE
DI MICRO E NANO
MATERIALI

2°

1°

9

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>Il corso di TECNICHE CHIMICHE PER LA SINTESI E CARATTERIZZAZIONE si propone di fornire agli allievi un approfondimento sulle tecniche di sintesi più diffuse per la preparazione e la caratterizzazione di particelle nanostrutturate su scala di laboratorio.</p> <p>Risultati di apprendimento attesi:</p> <p>Conoscenze e capacità di comprendere (I descrittore di Dublino)</p> <p>Gli studenti, al termine del Corso, conosceranno le tecniche più diffuse per la preparazione e la caratterizzazione di composti solidi metallici, non metallici, organici, inorganici. Saranno in grado di comprendere quali siano gli elementi necessari per controllare la forma e le dimensioni delle nanostrutture.</p> <p>Saranno quindi consapevoli delle connessioni tra la Chimica generale e la Chimica applicata alla nanotecnologie e del dinamismo con cui la Chimica applicata alle nanotecnologie si evolve.</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione applicate (descrittore II)</p> <p>Alla fine del percorso di studio gli studenti avranno sviluppato la capacità di comprendere la relazione tra struttura e proprietà di alcune particolari sostanze.</p> <p>Autonomia di giudizio (descrittore III)</p> <p>Al termine del Corso gli studenti dovranno possedere gli strumenti per valutare in maniera critica le condizioni per ottenere e caratterizzare determinati tipi di materiali tramite metodi chimici e di prevederne alcune proprietà chimico-fisiche.</p> <p>Abilità comunicative (descrittore IV)</p> <p>Al termine del Corso gli studenti dovranno aver sviluppato una buona proprietà di linguaggio tecnico-scientifico relativamente all'insegnamento, e dovranno essere in grado di comunicare in maniera chiara e logica le proprie conoscenze.</p> <p>Capacità di apprendere (descrittore V)</p> <p>Al termine del Corso gli studenti dovranno aver sviluppato una capacità di apprendimento tale da consentirgli di studiare ed approfondire nuove metodologie sintetiche o metodologie sintetiche applicate ad altri tipi di materiali in maniera autonoma.</p>				
TECNICHE CHIMICHE PER LA SINTESI E CARATTERIZZAZIO NE	2°	1°	3	ITA

Obiettivi formativi

Il corso di TECNICHE CHIMICHE PER LA SINTESI E CARATTERIZZAZIONE si propone di fornire agli allievi un approfondimento sulle tecniche di sintesi più diffuse per la preparazione e la caratterizzazione di particelle nanostrutturate su scala di laboratorio.

Risultati di apprendimento attesi:

Conoscenze e capacità di comprendere (I descrittore di Dublino)

Gli studenti, al termine del Corso, conosceranno le tecniche più diffuse per la preparazione e la caratterizzazione di composti solidi metallici, non metallici, organici, inorganici. Saranno in grado di comprendere quali siano gli elementi necessari per controllare la forma e le dimensioni delle nanostrutture.

Saranno quindi consapevoli delle connessioni tra la Chimica generale e la Chimica applicata alla nanotecnologie e del dinamismo con cui la Chimica applicata alle nanotecnologie si evolve.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate (descrittore II)

Alla fine del percorso di studio gli studenti avranno sviluppato la capacità di comprendere la relazione tra struttura e proprietà di alcune particolari sostanze.

Autonomia di giudizio (descrittore III)

Al termine del Corso gli studenti dovranno possedere gli strumenti per valutare in maniera critica le condizioni per ottenere e caratterizzare determinati tipi di materiali tramite metodi chimici e di prevederne alcune proprietà chimico-fisiche.

Abilità comunicative (descrittore IV)

Al termine del Corso gli studenti dovranno aver sviluppato una buona proprietà di linguaggio tecnico-scientifico relativamente all'insegnamento, e dovranno essere in grado di comunicare in maniera chiara e logica le proprie conoscenze.

Capacità di apprendere (descrittore V)

Al termine del Corso gli studenti dovranno aver sviluppato una capacità di apprendimento tale da consentirgli di studiare ed approfondire nuove metodologie sintetiche o metodologie sintetiche applicate ad altri tipi di materiali in maniera autonoma.

PROCESSI INDUSTRIALI PER LA PRODUZIONE DI MICRO E NANO PARTICELLE	2°	1°	6	ITA
---	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
--------------	------	----------	-----	--------

Obiettivi formativi

Il corso di PROCESSI INDUSTRIALI PER LA PRODUZIONE DI MICRO E NANO PARTICELLE si propone di fornire agli allievi un approfondimento sui criteri e sulle metodologie che presiedono alla scelta, progettazione e realizzazione di apparecchiature industriali utili alla produzione di particelle solide, con caratteristiche, forma, fase solida e distribuzioni dimensionali controllate.

Il corso prevede lo studio degli aspetti fondamentali della cristallizzazione, della precipitazione chimica, delle tecnologie a membrana. Successivamente verranno studiati i processi di post-trattamento delle particelle primarie prodotte, come i processi idrotermali e la sinterizzazione. Infine verranno presentati i fondamentali della "process intensification", singole apparecchiature per la produzione industriale delle particelle, che possono essere uniti nei processi produttivi integrati, con breve accenno sul controllo delle operazioni.

Alla fine del corso gli allievi avranno acquisito una conoscenza sulle tecnologie disponibili e una capacità di scelta delle apparecchiature più idonee per la produzione industriale di micro- e nanoparticelle.

Lo studente deve acquisire 12 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10589300 MACROMOLECULAR STRUCTURES	1°	1°	6	ENG

Obiettivi formativi

Gli studenti impareranno a conoscere e comprendere gli elementi fondamentali della biologia cellulare e molecolare, con particolare riferimento ai meccanismi biochimici ed energetici che sono alla base del funzionamento della cellula. Impareranno, quindi, come è fatta una cellula e quali sono e come funzionano le molecole che ne determinano la struttura, il funzionamento e la replicazione. In particolare, gli studenti apprenderanno le proprietà dei componenti molecolari delle cellule, quali proteine, carboidrati, lipidi, acidi nucleici e altre biomolecole. Essi, inoltre, impareranno a conoscere le classi più importanti di proteine quali enzimi, anticorpi, trasportatori e recettori e ad avere una visione chiara dei principali processi metabolici che regolano l'origine ed il funzionamento della vita. Inoltre, gli studenti acquisiranno proprietà di linguaggio tecnico, ossia svilupperanno la capacità di utilizzare in modo proprio i termini della biologia/biochimica.

1042012 Optics	1°	2°	6	ENG
------------------	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il corso ha come obiettivo di introdurre alla fisica della luce e delle onde elettromagnetiche e alla loro applicazione tecnologica. Partendo dalle equazioni di Maxwell, il corso introduce le onde elettromagnetiche e le loro soluzioni in termini di onde piane o sferiche. Particolare attenzione è data all'interpretazione dell'indice di rifrazione in chiave microscopica, come interazione attiva e reattiva dei dipoli di polarizzazione con il campo elettromagnetico. Questo approccio ha come obiettivo di spiegare il rallentamento della luce nei mezzi, dando gli strumenti culturali per comprendere tutti gli effetti lineari e nonlineari di interazione tra la luce e i materiali.

Il corso quindi analizzerà la riflessione e rifrazione della luce e tutti i fenomeni associati, parte fondamentale per la comprensione sia di come agiscono i diversi dispositivi ottici attualmente utilizzati (specchi, lenti, sistemi ottici complessi, fibre ottiche). Il corso introduce alle problematiche legate ai pannelli solari e alla conversione dell'energia solare. Gli aspetti ondosi della luce saranno analizzati sia relativamente all'interferenza e ai risonatori ottici, sia relativamente alla diffrazione, introducendo il principio di Huygens-Fresnel e le sue applicazioni in campo vicino e in campo lontano. Questi studi permetteranno di introdurre i concetti base della nano-ottica e le tecniche di simulazione associate.

La parte finale del corso introdurrà ai materiali nonlineari e ai fenomeni associati. Sarà discussa l'ottica nonlineare del secondo e del terzo ordine. Particolare attenzione sarà rivolta ai fenomeni del secondo ordine sia di natura catalitica (generazione di seconda armonica e generazione di armonica differenza) sia di natura rifrattiva (effetto Kerr e fotorifrattività). Sfruttando le nonlinearietà fotorifrattive sarà mostrato come possono essere prodotti circuiti neuromorfi la cui risposta ha un comportamento simile ai neuroni biologici. Tali circuiti neurali sono in grado di riconoscere informazioni codificate otticamente (machine learning) e memorizzarle (memorie RAM e ROM). I circuiti neuromorfi sono gli elementi base per costruire una Intelligenza Artificiale Fotonica hardware.

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10589161 PRINCIPLES OF BIOCHEMICAL ENGINEERING	1°	2°	6	ENG

Obiettivi formativi

Il corso fornisce allo studente gli strumenti qualitativi e quantitativi per la comprensione dei processi subcellulari e/o coinvolgenti microorganismi. Inoltre fornisce le basi biochimiche e cinetiche necessarie per la caratterizzazione dei processi enzimatici, di regolazione genetica e di crescita di microorganismi e di linee cellulari e la loro descrizione quantitativa

1041742 BIOPHOTONICS LABORATORY	2°	1°	6	ENG
---	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il corso si rivolge a studenti che siano interessati all'applicazione delle tecniche fotoniche per la fabbricazione di dispositivi da utilizzare nel campo biologico.

Il corso perseguirà tre finalità principali:

- Fornire una descrizione teorica dei principali fenomeni fisici di interazione tra molecole organiche e radiazione luminosa, approfondendo la preparazione che gli studenti hanno ricevuto nei corsi di base ed in quelli di specializzazione già seguiti;
- Dare una dimostrazione in laboratorio di tali fenomeni mediante esercitazioni appositamente realizzate, in modo da mettere gli studenti a contatto con la strumentazione più utilizzata in un laboratorio di ottica e fotonica;
- Descrivere le principali tecniche oppure i dispositivi comunemente utilizzati per lo studio avanzato dei sistemi biologici.

Le tre finalità verranno perseguite contemporaneamente nel corso delle lezioni cercando di mettere in evidenza in ciascun caso gli aspetti fondamentali o applicativi di ogni fenomeno. Competenze acquisite: gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in possesso delle conoscenze sui fenomeni di base che governano il funzionamento delle tecniche di imaging utilizzate nel campo biologico e di quelle fotoniche su cui sono basati i comuni dispositivi bio-opto-fotonici.

10606062 LABORATORY OF ELECTRORHEOLOGY	2°	1°	6	ENG
--	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il Corso fornisce i principi base della reologia e reometria, sia in regime rotazionale che oscillatorio, con enfasi sui fluidi "intelligenti", in particolare quelli elettroreologici.

Risultati di apprendimento attesi:

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- Comprendere e applicare i modelli matematici elementari che descrivono il comportamento di flusso di un fluido ideale e di un fluido viscoelastico;
- Saper distinguere i fluidi in base al comportamento reologico;
- Progettare ed eseguire misure reometriche su materiali con svariati comportamenti reologici;
- Comprendere le potenzialità e le possibili applicazioni dei fluidi intelligenti in ambito industriale;
- Analizzare e interpretare misure sperimentali a partire dai dati grezzi;
- Sviluppare ed applicare modelli predittivi mediante software (Matlab);

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10589519 ELECTROMAGNETIC FIELDS AND NANOSYSTEMS FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	2°	1°	6	ENG

Obiettivi formativi

Gli obiettivi del corso sono legati alla conoscenza e all'uso dei campi elettromagnetici per la progettazione di applicazioni e tecnologie nell'ordine di grandezza dei nanometri (1-100 nm) e che abbiano utilizzi medici.

10592711 DYNAMICS OF MICRO- MECHATRONIC SYSTEMS	2°	1°	6	ENG
---	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Nel corso sono forniti gli elementi teorici per l'approfondimento della cinematica e la dinamica dei corpi rigidi, la meccanica delle vibrazioni di sistemi discreti e continui, l'analisi dei segnali deterministici e random in modo da permettere allo studente la corretta progettazione funzionale di macchine e dispositivi di dimensioni micrometriche.

1051927 MOLECULAR DYNAMICS AND ATOMISTIC SIMULATIONS	2°	1°	6	ENG
--	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

The main objective of this module is to introduce the students to the basic concepts of the statistical physics and its application in nano-science. Monte Carlo techniques will be studied as a random method to sample the statistical phase space and predict the measured values of the main observables.

CLASSICAL MD	2°	1°	3	ENG
--------------	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

This module is aimed to illustrate the deterministic methods, based on the integration of the canonical equations of motion, employed to sample the statistical phase space. The main observables will be examined, both configurational and dynamical and special attention will be devoted to the techniques needed for sampling the canonical ensemble and to the most common force fields for both hard and soft matter.

STATISTICAL MECHANICS AND MONTE CARLO TECHNIQUES	2°	1°	3	ENG
---	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
The main objective of this module is to introduce the students to the basic concepts of the statistical physics and its application in nano-science. Monte Carlo techniques will be studied as a random method to sample the statistical phase space and predict the measured values of the main observables.				
10592628 NANOBIOTECHNO LOGY	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
E' obiettivo del corso impartire la conoscenza delle tecnologie per produrre particolato nanometrico biocompatibile mediante l'utilizzo di processi altamente sostenibili massimamente "Green" e l'impiego prevalente di matrici biologiche di derivazione naturale.				
Lo studente apprenderà: 1. Le principali classi di sostanze biologiche, 2. Le metodologie per ottenere tali sostanze dalle biomasse naturali, 3. le metodologie per produrre nanoparticolato funzionale da ciascuna di dette classi di sostanze, 5. I processi e le apparecchiature principali che implementano tali processi produttivi. Lo studente inoltre apprenderà le principali problematiche di utilizzo biomedicale e cosmetico delle nanotecnologie.				
Lo studente che esibirà una regolare frequenza del corso potrà partecipare a lavori di gruppo intesi allo scopo di sviluppare e rafforzare soft skills quali: la capacità di lavoro di gruppo, la capacità di dialogo con colleghi di formazione differente, la capacità di elaborare un rapporto e la capacità di presentare il proprio lavoro.				
10589246 SENSORS AND ELECTRICAL- ELECTROMAGNETI C CHARACTERIZATI ON LABORATORY	2°	2°	6	ENG
Obiettivi formativi				
Gli obiettivi principali del corso sono:				
1) descrivere i metodi e gli strumenti comunemente impiegati per la caratterizzazione delle proprietà elettriche ed elettromagnetiche di materiali micro/nanostrutturati utili in diversi campi di applicazione, che vanno dalla compatibilità elettromagnetica alla sensoristica;				
2) fornire allo studente nozioni di base di sensoristica e un'esperienza pratica volta alla fabbricazione e caratterizzazione di sensori fisici ottenuti mediante l'uso di nuovi micro/nano materiali.				
Il corso si propone quindi di fornire all'allievo le nozioni necessarie:				
a) per la comprensione dei principi teorici che stanno alla base dei metodi di misura adottati, del funzionamento della strumentazione, dei campi di impiego, delle procedure di acquisizione ed elaborazione dati;				
b) per la caratterizzazione elettrica/elettromagnetica di nuovi materiali;				
c) per lo sviluppo di nuovi sensori per il monitoraggio strutturale e/o l'elettronica flessibile.				
Alla conclusione del corso lo studente saprà: caratterizzare le proprietà elettriche/elettromagnetiche di diverse tipologie di materiali; comprendere le relazioni che intercorrono tra le proprietà dei materiali utilizzati per la realizzazione dei sensori e la loro risposta elettromeccanica; pianificare e svolgere attività di laboratorio inerenti alla fabbricazione e caratterizzazione di sensori; valutare i punti di forza e limiti di un sensore; comprendere i principi operativi e le caratteristiche degli strumenti di misura.				
Gli obiettivi saranno perseguiti attraverso esperienze e attività di laboratorio.				
10589349 LABORATORIES OF ATOMISTIC AND MICRO-NANO- FLUIDICS SIMULATIONS	2°	2°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>L'insegnamento è finalizzato a fornire agli studenti gli strumenti operativi per l'implementazione e l'uso di codici per il campionamento dello spazio delle fasi di sistemi multi-corpo secondo schemi deterministici (dinamica molecolare) e aleatori (Metropolis-MonteCarlo) e per l'analisi della struttura elettronica di materiali secondo un semplice schema tight-binding semi-empirico. Verrà posto particolarmente l'accento sull'analisi critica dei dati prodotti in relazione e confronto con osservabili sperimentali dei sistemi considerati.</p> <p>Il corso può essere erogato solo a studenti che hanno frequentato e superato l'esame di Modelli e Tecniche di Simulazioni Atomistiche i cui contenuti costituiscono la necessaria base teorica per poter affrontare gli argomenti trattati. Verranno pertanto affrontati temi concernenti aspetti pratici sia di natura tecnica (ambienti di lavoro, codici di servizio e di visualizzazione, linguaggi di programmazione) che più prettamente teorico-simulativi riguardanti, ad esempio, gli algoritmi più diffusi e gli schemi di implementazione e d'uso.</p>				
Atomistic Simulations Laboratory	2°	2°	3	ENG
Obiettivi formativi				
<p>L'insegnamento è finalizzato a fornire agli studenti gli strumenti operativi per l'implementazione e l'uso di codici per il campionamento dello spazio delle fasi di sistemi multi-corpo secondo schemi deterministici (dinamica molecolare) e aleatori (Metropolis-MonteCarlo) e per l'analisi della struttura elettronica di materiali secondo un semplice schema tight-binding semi-empirico. Verrà posto particolarmente l'accento sull'analisi critica dei dati prodotti in relazione e confronto con osservabili sperimentali dei sistemi considerati.</p> <p>Il corso può essere erogato solo a studenti che hanno frequentato e superato l'esame di Modelli e Tecniche di Simulazioni Atomistiche i cui contenuti costituiscono la necessaria base teorica per poter affrontare gli argomenti trattati. Verranno pertanto affrontati temi concernenti aspetti pratici sia di natura tecnica (ambienti di lavoro, codici di servizio e di visualizzazione, linguaggi di programmazione) che più prettamente teorico-simulativi riguardanti, ad esempio, gli algoritmi più diffusi e gli schemi di implementazione e d'uso.</p>				
Micro-Nano Fluidics Simulations Laboratory	2°	2°	3	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
--------------	------	----------	-----	--------

Obiettivi formativi

L'obiettivo formativo del corso è di introdurre gli studenti alla teoria e alla pratica delle simulazioni atomistiche attraverso l'insegnamento dei vari aspetti di carattere multi-disciplinare inerenti. L'insegnamento riguarderà aspetti fondamentali dei modelli classici e approfondimenti dei principali approcci quantistici. Attività di laboratorio ed esercitazioni saranno focalizzati sulle problematiche numeriche connesse.

Risultati di apprendimento attesi:

Conoscenze e capacità di comprendere (I descrittore di Dublino)

Lo studente, al termine del Corso, sarà in possesso delle conoscenze di base riguardanti i principali metodi e modelli per studiare dal punto di vista modellistico e teorico le nano-strutture sulla base della loro composizione atomistica. Sarà quindi in grado di comprendere l'ambiente che lo circonda dal punto di vista della sua struttura, microscopica e macroscopica. Sarà inoltre consapevole delle molteplici relazioni con le altre materie e della necessità di un continuo aggiornamento sullo stato dell'arte, dovuto ai continui progressi della conoscenza e della tecnica.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate (descrittore II)

Alla fine del percorso di studio lo studente avrà sviluppato la capacità di comprendere la natura delle proprietà atomistiche delle nano-strutture e la loro relazione con quelle macroscopiche

Autonomia di giudizio (descrittore III)

Al termine del Corso lo studente dovrà possedere gli strumenti per valutare in maniera critica i limiti di applicazione delle varie tecniche e le possibili informazioni deducibili dal loro uso.

Abilità comunicative (descrittore IV)

Al termine del Corso lo studente dovrà aver maturato una buona proprietà di linguaggio, specialmente per quanto attiene la terminologia scientifica specifica dell'insegnamento, in modo tale da saper comunicare in modo chiaro le proprie conoscenze e le proprie conclusioni a interlocutori esperti della materia e non.

Capacità di apprendere (descrittore V)

Al termine del Corso lo studente dovrà aver sviluppato una capacità di apprendimento tale da consentirgli di studiare ed approfondire gli aspetti atomistici delle nanostrutture. Inoltre le conoscenze e le abilità acquisite costituiranno una base solida su cui eventualmente approfondire ulteriormente la materia.

10589354 Nanoelectronics Laboratory	2°	2°	6	ENG
---	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il modulo fornisce allo studente un adeguato supporto formativo per quanto riguarda simulazioni numeriche agli elementi finiti con modelli di letteratura di dispositivi elettronici sia per esigenze R&D che di processi di produzione di interesse delle nanotecnologie elettroniche.

Durante il corso vengono anche fornite adeguate informazioni di base sulle principali tecniche di caratterizzazione elettrica su componenti nanometrici integrati su wafer.

In particolare il corso ha l'obiettivo di fornire al laureato magistrale in ingegneria delle nanotecnologie industriali le necessarie conoscenze per consentirgli la scelta delle tecniche e delle metodologie di nanocaratterizzazione elettronica ottimali all'interno dei processi e procedure che sarà chiamato a definire/progettare nell'ambito del suo profilo professionale.

Nanoelectronic device characterization	2°	2°	3	ENG
--	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Il modulo fornisce allo studente un adeguato supporto formativo per quanto riguarda le tecniche di caratterizzazione di componenti nanoelettronici, con particolare riferimento ai metodi utilizzati nella produzione industriale di circuiti integrati, sia per esigenze R&D che di processi di produzione.

Saranno presentati metodi di caratterizzazione basati sulla microscopia elettronica con valutazioni di tipo fisico-chimico ed elettrico. In particolare il corso ha l'obiettivo di presentare le correlazioni tra risultati sperimentali e processo di produzione.

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Nanoelectronics Laboratory	2°	2°	3	ENG

Obiettivi formativi

Il modulo fornisce allo studente un adeguato supporto formativo per quanto riguarda simulazioni numeriche agli elementi finiti con modelli di letteratura di dispositivi elettronici sia per esigenze R&D che di processi di produzione di interesse delle nanotecnologie elettroniche.

Durante il corso vengono anche fornite adeguate informazioni di base sulle principali tecniche di caratterizzazione elettrica su componenti nanometrici integrati su wafer.

In particolare il corso ha l'obiettivo di fornire al laureato magistrale in ingegneria delle nanotecnologie industriali le necessarie conoscenze per consentirgli la scelta delle tecniche e delle metodologie di nanocaratterizzazione elettronica ottimali all'interno dei processi e procedure che sarà chiamato a definire/progettare nell'ambito del suo profilo professionale.

1041749 LASER FUNDAMENTALS	2°	2°	6	ENG
------------------------------	----	----	---	-----

Obiettivi formativi

Portare lo studente alla comprensione del comportamento dell'interazione radiazione materia nell'intervallo di frequenze. Fornire la comprensione dei meccanismi con cui sia possibile realizzare sorgenti laser, anche miniaturizzate, oltre che dispositivi in grado di convertire e manipolare la luce. Capacità di individuare, sulle base delle leggi fondamentali dell'interazione radiazione materia, il modello più adatto per la progettazione di sorgenti ottiche miniaturizzate.

Lo studente deve acquisire 6 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1041743 TRANSPORT PHENOMENA IN MICROSYSTEMS AND MICRO-NANO REACTIVE DEVICES	1°	2°	6	ENG

Obiettivi formativi

Il corso propone l'analisi delle unità base costituenti un circuito microfluidico, vale a dire unità di mescolamento, di scambio termico e di separazione. Sono forniti gli elementi di base della teoria dei fenomeni di trasporto con particolare enfasi sull'interazione tra trasporto di quantità di moto e campi elettromagnetici in soluzioni elettrolitiche (pompaggio elettroosmotico e flussi magneto-idrodinamici). Il punto di partenza è costituito dalla derivazione di soluzioni analitiche ai problemi di trasporto in geometrie semplici. L'analisi di geometrie e/o condizioni operative complesse è sviluppata avvalendosi dell'ausilio di software commerciale.

10610455 PHYSICAL METALLURGY OF INNOVATIVE NANO-STRUCTURED MATERIALS	2°	1°	6	ENG
--	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
1. Comprendere le proprietà e i comportamenti distintivi dei materiali nano-strutturati. 2. Esplorare i principi fondamentali della metallurgia fisica che sono pertinenti ai nano-materiali. 3. Acquisire la capacità di sintetizzare tecniche e metodi di lavorazione applicabili ai materiali nano-strutturati. 4. Sviluppare competenze nella caratterizzazione di materiali nano-strutturati utilizzando tecniche avanzate. 5. Indagare le applicazioni e il potenziale impatto dei materiali nano-strutturati in diversi contesti industriali.				
10610454 ADDITIVE MANUFACTURING AND LASER TEXTURING	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
L' obiettivo del corso è quello di fornire agli studenti conoscenze su: processi non convenzionali che consentono di operare sulla modifica strutturale delle superfici o sulla generazione di strutture superficiali complesse, sia su scala micro che nano; tecnologie di Additive Manufacturing per la fabbricazione di geometrie complesse. I principali processi produttivi saranno individuati tra quelli di maggiore interesse industriale al fine di consentire agli studenti: (i) di acquisire conoscenze sui meccanismi termici, chimici e meccanici, (ii) di acquisire conoscenze sulle prestazioni dei pezzi prodotti, (iii) di fare considerazioni sugli aspetti economici, prestazionali e tecnologici.				

Lo studente deve acquisire 6 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
10610453 SEMICONDUCTOR DEVICES	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
Comprensione dei modelli fisici che governano il funzionamento dei componenti a semiconduttore di base e sviluppo di opportune metodologie di analisi. Comprensione delle tecnologie di fabbricazione dei dispositivi a semiconduttore integrati, della loro evoluzione, dei loro limiti attuali e dei possibili scenari futuri.				
10589170 ARTIFICIAL MATERIALS - METAMATERIALS AND PLASMONICS FOR ELECTROMAGNETI C APPLICATIONS	2°	1°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
Obiettivi formativi				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il corso intende fornire la teoria elettromagnetica generale dei materiali artificiali, dei metamateriali e delle strutture plasmoniche, di notevole importanza in molte recenti applicazioni.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti saranno in grado di modellare dal punto di vista elettromagnetico alcuni materiali di particolare interesse nelle applicazioni, e di simularne il relativo comportamento usando tecniche numeriche.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Essere in grado di formulare una propria valutazione relativa agli argomenti del corso e alla loro rilevanza applicativa. Essere in grado di raccogliere e valutare criticamente informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa agli argomenti del corso.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Saper descrivere gli argomenti del corso. Saper comunicare le conoscenze acquisite sugli argomenti del corso.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Strumenti chiave usati estensivamente per la loro intuitività fisica e generalità rappresentativa sono le relazioni costitutive, il concetto di omogeneizzazione e le rappresentazioni circuitali equivalenti.</p>				
1041744 OPTOELECTRONIC S	2°	1°	6	ENG
Obiettivi formativi				
<p>L'obiettivo del corso intende fornire una conoscenza solida e coordinata dei fenomeni, dei materiali, dei dispositivi e delle tecniche optoelettroniche, con particolare riferimento alla generazione, rivelazione e processamento di segnali ottici.</p>				

Obiettivi formativi

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie si pone l'obiettivo di offrire allo studente una formazione scientifica e professionale avanzata volta ad immergerlo nel contesto internazionale delle nanotecnologie. Nell'attuale contesto, è necessario preparare una nuova classe di laureati magistrali, le cui conoscenze e abilità operative contemperino quelle che caratterizzano gli specialisti di nano-scienza (tipicamente fisici, chimici e biotecnologi) con le abilità progettuali, realizzative e organizzative che sono naturali appannaggio degli specialisti in ingegneria. Il punto fondamentale è che c'è necessità della visione progettuale e funzionale di un ingegnere che al contempo possieda però una conoscenza molto più ampia e profonda degli aspetti fondamentali e di base rispetto ad un ingegnere tradizionale. Con il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie si vuole formare dunque questa nuova categoria di ingegneri in grado di padroneggiare le tecniche necessarie a manipolare la materia alla micro e nanoscala con l'obiettivo di concepire, progettare, realizzare e controllare dispositivi, processi e sistemi che operano a livello microscopico. Tali sistemi sono caratterizzati da parti funzionali che agiscono alla nanoscala (scala del nanometro, corrispondente a milionesimi di millimetro - il nanometro è come ordine di grandezza dieci volte la dimensione di un atomo di idrogeno) che devono venire contenuti e organizzati in un ambiente ben controllato costituito, tipicamente, da dispositivi di scala micrometrica (millesimi di millimetro). Per formare specialisti con le caratteristiche illustrate si può partire da due basi distinte e complementari: da una parte puntare sulla formazione di ingegneri di I livello nelle classi dell'ingegneria industriale ed elettronica e accrescerne le competenze sugli aspetti fondamentali fornendo successivamente competenze operative specifiche per l'ingegneria delle nanotecnologie. E' questo il bacino di utenza elettivo del CdS. Alternativamente si può utilizzare la formazione di I livello in fisica e chimica, completarla con le necessarie competenze di ingegneria e finalmente fornire competenze specifiche dell'ingegneria delle nanotecnologie. Per conseguire questi obiettivi si prevedono due percorsi, uno fondamentalmente rivolto ad allievi formati nel sistema universitario nazionale ed uno rivolto ad allievi formati in istituzioni universitarie extra-nazionali. Quest'ultimo percorso è erogato integralmente in lingua inglese, mentre il corso rivolto agli allievi formati in Italia è costruito con corsi erogati parzialmente in lingua italiana e parzialmente in lingua inglese. Questa suddivisione consente agli allievi italiani di conseguire la laurea magistrale in ingegneria delle nanotecnologie seguendo, in caso, un percorso formativo integralmente erogato in lingua italiana. Questa opportunità, seppur resa disponibile, non viene comunque incoraggiata dal CdS, data la natura tipicamente internazionale del contesto applicativo delle nanotecnologie. Al contrario è evidente che, nel contesto della desiderata internazionalizzazione del sistema formativo superiore nazionale, un percorso integralmente erogato in lingua inglese sia da considerarsi assolutamente necessario. Al di là degli aspetti linguistici, lo sdoppiamento della LM in due percorsi sostanzialmente paralleli consente di adattare la didattica dei singoli insegnamenti alle

diverse attitudini culturali degli allievi provenienti dal sistema universitario nazionale e di quelle degli allievi che provengono da istituzioni extra-nazionali, tipicamente extra-europee. I primi sono tipicamente caratterizzati da un'ottima preparazione a livello fondamentale e una significativa elasticità culturale. Al contrario, nella formazione pregressa dei secondi vengono molto spesso privilegiati gli aspetti pratici con qualche carenza a livello fondamentale e di adattabilità a nuovi contesti. La formazione è finalizzata principalmente allo sviluppo di strumenti di indagine e di progetto multiscala avanzati e all'innovazione tecnologica nei diversi settori in cui trovano applicazione le nanotecnologie. In parallelo ai corsi fondamentali, l'attività sperimentale di laboratorio è largamente sviluppata al fine di formare nell'allievo una spiccata sensibilità alle problematiche realizzative e applicative. Il percorso formativo è inoltre progettato per garantire che l'ingegnere delle Nanotecnologie sappia integrare le capacità tecnico-scientifiche con conoscenze di contesto e abilità trasversali, con particolare riguardo alla comunicazione in un contesto internazionale. Costituisce primario obiettivo formativo il conseguimento delle seguenti capacità: - capacità di gestire ed utilizzare le micro- e nanotecnologie per lo sviluppo di materiali, biotecnologie e processi destinati alla realizzazione di nuovi micro- e nano-dispositivi; - capacità di progettare utilizzando metodi di simulazione a livello atomistico e di mesoscala nuovi micro/nanodispositivi per specifiche applicazioni funzionali e multifunzionali; - capacità di progettare e gestire micro- e nano-sistemi complessi; - conoscenza e capacità di gestione delle problematiche relative al rischio e alla sicurezza nell'utilizzo delle nanotecnologie. Le capacità sopra descritte sono conseguibili grazie ad un percorso formativo nel quale vengono approfonditi gli aspetti relativi alle tecniche di nanofabbricazione e ai processi di autoassemblaggio di nanostrutture, alla ingegneria delle superfici, ai metodi di modellistica atomistica di nanostrutture e alle tecniche di caratterizzazione fino alla scala nanoscopica. Vengono inoltre studiate le tecniche e i metodi di analisi e progettazione di nuovi materiali e superfici micro- e nanostrutturati, multifunzionali ed intelligenti, per la realizzazione di nano- e micro-dispositivi meccanici, fluidici, elettrici, elettronici, elettromagnetici, fotonici, o ibridi, e per lo sviluppo di microsistemi a flusso e reagenti per il trasporto, la separazione, la purificazione e l'amplificazione di composti cellulari e subcellulari, di microsonde e di materiali biocompatibili per il recupero e la riabilitazione di tessuti e organi. I due percorsi si articolano sostanzialmente in parallelo e, a parte le lingue di erogazione, si distinguono per i contenuti formativi dei singoli insegnamenti, pensati per costruire sulla diversa base culturale tipicamente posseduta dalle due classi di fruitori. Il corso di Laurea è articolato in due anni. Il primo è deputato a fornire le conoscenze fondamentali e di base. Il secondo fornisce le competenze di natura più direttamente legata all'ingegneria. Entrambi i percorsi sono imperniati su un insieme di insegnamenti obbligatori che sono completati con un'ampia offerta di corsi specialistici.

Profilo professionale

Profilo

Ingegnere delle Nanotecnologie

Funzioni

Il corso di studi definisce la nuova figura professionale (Ingegnere delle Nanotecnologie), che è in grado di controllare e gestire il processo di innovazione tecnologica legato allo sviluppo e all'applicazione delle nanotecnologie, nei diversi settori dell'ingegneria industriale ed elettronica. Nel contesto lavorativo le funzioni che la nuova figura dell'Ingegnere delle Nanotecnologie può ricoprire riguardano ad esempio: - il coordinamento e la direzione di progetti tecnologici ad elevata complessità che facciano uso di nanotecnologie. - lo sviluppo e l'ingegnerizzazione di tecnologie innovative nell'ambito di diversi contesti produttivi (meccanica, aerospazio, automotive, trasporti, materiali avanzati, elettrotecnica, bioingegneria, processi di trasformazione e di produzione, ingegneria biomedica, industria agro-alimentare) e nelle aziende che operano nel settore dell'elettronica. - controllo di micro/nano sistemi complessi; - risoluzione di problemi tecnologici tramite l'utilizzo di nanotecnologie. Queste funzioni potranno essere espletate grazie alla formazione ricevuta che riguarda: • competenze fondamentali sulla fisica e la chimica dei sistemi alla nanoscala; • conoscenze teoriche sul comportamento dei materiali innovativi resi disponibili dallo sviluppo delle nanotecnologie; • abilità sperimentali e capacità di caratterizzazione geometrica, fisica, chimica ed elettrica dei micro e nanosistemi; • competenze nelle tecniche di simulazione numerica di sistemi molecolari, fluidi e solidi; • capacità di progettare e realizzare campagne sperimentali e di caratterizzazione volte a qualificare le proprietà di un materiale nanostrutturato o di un micro-nano dispositivo; • conoscenze fondamentali sulle proprietà della materia biologica

Competenze

Competenze specifiche associate alla funzione dell'Ingegnere delle Nanotecnologie sono: - lo sviluppo e

l'ingegnerizzazione di micro-nano dispositivi nei diversi settori della nanotecnologie (microsistemi e nano-sistemi meccanici, elettrici ed elettromagnetici; sistemi microfluidici; sistemi elettronici, microfotonici, optoelettronici; micro e nano sistemi per applicazioni biologiche e biomediche); - lo sviluppo di materiali speciali e delle relative applicazioni ingegneristiche nei diversi ambiti dell'ingegneria industriale, elettrica, elettronica e delle biotecnologie; - la caratterizzazione di micro e nanodispositivi e materiali innovativi sia in fase prototipale che in fase di produzione; - la progettazione e lo sviluppo di tecniche avanzate per la caratterizzazione multiscala e multifunzionale; - l'organizzazione e la gestione dei sistemi di produzione di dispositivi e materiali realizzati con nanotecnologie; - il coordinamento e la gestione delle attività di laboratorio per lo sviluppo di tecnologie alla micro e nano scala.

Sbocchi lavorativi

Il corso prepara alle professioni di Ingegnere esperto nelle micro- e nano-tecnologie, Ingegnere esperto nello sviluppo di prodotti, dispositivi e materiali mediante l'utilizzo di micro e nano tecnologie, Ingegnere esperto nella progettazione e gestione di micro e nano sistemi complessi. Tale ingegnere è in grado di gestire, coordinare e dirigere progetti di elevata complessità, grazie alle acquisite capacità di sviluppo di metodologie e prodotti innovativi, di progettazione e controllo di micro- e nano-sistemi complessi e di risoluzione delle problematiche trasversali relative all'utilizzo delle micro- e nano tecnologie. Nel contesto nazionale ed internazionale, tali figure professionali trovano impiego nell'industria manifatturiera ad alto contenuto tecnologico che opera nei diversi settori dell'ingegneria, come ad esempio nel contesto di meccanica, aerospazio, automotive, trasporti, materiali avanzati, chimica, elettrotecnica, bioingegneria, processi di trasformazione e produzione dell'energia, ingegneria biomedica, elettronica e telecomunicazioni, dove vengono occupate sia in aziende medio-grandi che in piccole e medie aziende specializzate nell'alta tecnologia. Ulteriori sbocchi lavorativi di elezione dell'Ingegnere magistrale delle Nanotecnologie sono i centri di ricerca avanzati, pubblici e privati, e l'accesso alla formazione superiore nel contesto dei Dottorati di Ricerca, sia in ambito nazionale che internazionale. Grazie alla approfondita conoscenza delle discipline caratterizzanti l'ingegneria industriale ed elettronica ed alla possibilità di accesso all'albo degli Ingegneri per la sezione industriale, l'Ingegnere delle Nanotecnologie si propone anche come qualificato professionista

Frequentare

Laurearsi

La prova finale consiste nello svolgimento di una tesi, teorica e/o sperimentale, su argomenti relativi agli insegnamenti del Corso di Laurea Magistrale, da svilupparsi in modo originale dallo studente sotto la guida di un docente appartenente al Consiglio didattico relativo, anche in collaborazione con enti pubblici e privati, aziende e/o centri di ricerca operanti nel settore di interesse.

Organizzazione

Presidente del Corso di studio - Presidente del Consiglio di area didattica

Alessio Tamburrano

Tutor del corso

GIUSEPPE ZOLLO
ANTONIO D'ALESSANDRO
ANTONIO CULLA

Manager didattico

Lia Matrisciano

Rappresentanti degli studenti

Luca BONCRISTIANI
Andrea DI LAZZARO
Nwshad Anwar ABIEER

Docenti di riferimento

PAOLO POSTORINO
GIOVANNI PULCI
MARCO ROSSI
WALTER LACARBONARA
MASSIMILIANO GIONA
CRISTIAN VENDITTOZZI

Regolamento del corso

FOR INTERNATIONAL STUDENTS the detailed information are available at the following link:
<https://web.uniroma1.it/nano/en/course-information>

***** La Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie offre due percorsi, di analogo contenuto formativo, che si distinguono essenzialmente per la lingua di erogazione: -Ingegneria delle Nanotecnologie (percorso A): con insegnamenti in prevalenza in lingua italiana - Nanotechnology Engineering (percorso B): con insegnamenti esclusivamente in lingua inglese, dedicato agli studenti internazionali Entrambi i percorsi formativi la Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie si articolano in due tipologie di insegnamenti: i) Obbligatori; ii) di Completamento e Specializzazione. Il carico didattico corrispondente a ciascuna tipologia è espresso utilizzando il Credito Formativo Universitario (CFU), unità standard di carico didattici del sistema formativo universitario nazionale, che corrisponde a circa 25 ore di impegno per l'allievo. Il carico didattico è ripartito nelle due categorie di insegnamenti come segue. Il percorso formativo A prevede: I) 6 insegnamenti (per un totale di 57 CFU) obbligatori II) 2 insegnamenti (per un totale di 12 CFU) a scelta in un gruppo opzionale III) 1 insegnamento (9 CFU) a scelta in un gruppo opzionale IV) 2 insegnamenti (per un totale di 12 CFU) a scelta in un blocco di completamento Il percorso formativo B prevede: I) 7 insegnamenti (per un totale di 66 CFU) obbligatori II) 1 insegnamento (per un totale di 6 CFU) a scelta in gruppo opzionale III) 1 insegnamento (per un totale di 6 CFU) a scelta in un secondo gruppo opzionale IV) 2 insegnamenti (per un totale di 12 CFU) a scelta in un blocco di completamento Entrambi i percorsi (di complessivi 120 CFU) vengono completati da: V) Insegnamenti a scelta libera dell'allievo (12 CFU) – tipologia attività D VI) Prova finale (17 CFU) – tipologia attività E VII) Altre attività utili all'inserimento nel mondo del lavoro (1 CFU) – tipologia attività F Alcuni insegnamenti sono organizzati per ragioni di omogeneità culturale e formativa in Unità Didattiche Integrate (UDI). Ogni UDI corrisponde ad un solo esame verbalizzato. Le attività di cui al punto VII) sono approvate in anticipo dal Consiglio d'Area e certificate o dal Presidente o dai docenti di riferimento indicati dal Consiglio stesso. Per la compilazione del piano di studi individuale sono state predisposte linee-guida pubblicate sul sito: <https://web.uniroma1.it/nano/> Allo scopo di

garantire la massima flessibilità formativa, l'allievo ha comunque la possibilità di presentare un piano di studi individuale senza seguire le linee guida; in questa eventualità dovrà chiaramente specificare le motivazioni culturali della sua scelta, che sarà attentamente vagliata dal Consiglio d'Area. In ogni caso il piano di studi dovrà rispettare tutti i vincoli previsti dall'ordinamento vigente per questa laurea magistrale, cui l'allievo dovrà fare attento riferimento per la compilazione del piano di studi individuale.

Assicurazione qualità

Consultazioni iniziali con le parti interessate

A seguito della pubblicazione del D.M. 9 febbraio 2021, n. 147, si è reso necessario procedere alla riproposizione del corso di studio nella nuova classe di laurea magistrale LM-53 - Ingegneria dei Materiali. Per mantenere le caratteristiche di multidisciplinarietà che hanno contraddistinto il percorso formativo sin dalla prima attivazione, nell'a.a. 2008-2009, nell'ambito della classe LM-53 Scienza e ingegneria e con l'intento di proporre il nuovo corso di studio in continuità con il precedente percorso formativo, che consolidatosi attraverso un continuo processo di aggiornamento e adeguamento alle esigenze di formazione, nel costante confronto con il mondo produttivo e con il mondo della ricerca, sia in ambito pubblico che industriale, è stato necessario far ricorso alla flessibilità dell'offerta formativa, prevista dall'art. 8 del D.M. 14 ottobre 2021, n. 1154, proponendo, quindi, il CdS come nuova istituzione. Nella costante rielaborazione della proposta formativa della LM sono state approfondite le esigenze dei settori industriali e di ricerca di riferimento. Le esigenze manifestate dal mondo della produzione hanno evidenziato la necessità di un profilo di laureato magistrale con conoscenze e abilità specialistiche multidisciplinari con competenze nella progettazione e sviluppo di tecnologie, componenti, dispositivi e sistemi nell'ambito dei più diversi contesti applicativi sia specifici delle nanotecnologie, che, più in generale, dell'innovazione tecnologica. Analogamente, anche il settore della ricerca scientifica necessita di laureati magistrali che sappiano dimostrare competenze tecnologiche multidisciplinari nell'ambito delle nano-scienze e delle applicazioni nanotecnologiche. Le esigenze delle diverse parti interessate sono state individuate sia attraverso l'analisi di fonti normative, studi e ricerche (tra cui in particolare quelle di AlmaLaurea, per gli aspetti generali che riguardano l'Ingegneria, e quelle dell'Associazione Italiana per la Ricerca Industriale (AIRI), che ha al suo interno uno specifico gruppo di lavoro Nanotec, per gli aspetti riguardanti più specificatamente le nanotecnologie), sia soprattutto attraverso consultazioni dirette. Le aziende vengono consultate costantemente, con periodicità almeno annuale, a livello di Facoltà, attraverso il Progetto Facoltà di Ingegneria Grandi Imprese (FIGI - <https://figi.ing.uniroma1.it/>), che ha l'obiettivo di concorrere alla valutazione, progettazione e sviluppo di un'offerta formativa adeguata alle esigenze del mondo del lavoro, integrare il processo formativo, orientare gli studenti e facilitarne l'ingresso nel mondo del lavoro. Il CAD di Ingegneria delle Nanotecnologie ha inoltre sviluppato specifiche strategie di consultazione dirette con le aziende e gli enti di ricerca con interesse nelle nanotecnologie, anche sulla base della rete di rapporti dei singoli docenti afferenti al CAD. Tra le aziende con cui sono attive consultazioni dirette e con le quali i docenti del corso hanno anche accordi per lo svolgimento di attività di ricerca, ricordiamo: Leonardo Spa (ex-Finmeccanica), LFoundry, ST Microelectronics, FIAT Ricerche (gruppo STELLANTIS), ENEL, Thales Alenia Spazio, Colorobbia, Klopman, Assing, IMEC, Zeiss, Nanoshare srl, RISE Technology. Per quanto riguarda i centri di ricerca, esistono consolidati rapporti di collaborazione e interscambio sia didattico che di ricerca tra i docenti che afferiscono al CAD e i principali enti e centri di ricerca italiani: Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Istituto Italiano di Tecnologia (IIT), Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Fondazione Bruno Kessler (FBK) e Istituto Superiore di Sanità (ISS). Sono inoltre attive consultazioni con distretti tecnologici (Dhitec scarl) e associazioni (AIRI, Associazione Nanoitaly) con interessi nel settore delle nanotecnologie. Come si evince dal verbale della Commissione per la gestione della comunicazione e per l'orientamento (CCOM) del 22 marzo 2022, le consultazioni con il mondo industriale, ma anche con gli enti di ricerca, potenziale bacino assunzionale, avvengono con continuità e si concretizzano nella presenza di importanti rappresentanti industriali nell'annuale edizione del Nanoday, durante il quale agli allievi viene illustrato direttamente da alcuni dei loro potenziali futuri datori di lavoro sia le potenzialità in termini di placement del corso di LM in Ingegneria delle Nanotecnologie, sia le aspettative del mondo del lavoro dalla figura dell'Ingegnere delle Nanotecnologie. Le predette consultazioni hanno contribuito al consolidamento del percorso formativo proposto. Il verbale indicato è disponibile al seguente link:

https://web.uniroma1.it/nano/sites/default/files/allegati/verbale_riunione_2022.pdf

Consultazioni successive con le parti interessate

Il CAD di Ingegneria delle Nanotecnologie ha sviluppato specifiche strategie di consultazione dirette con le aziende e gli enti di ricerca con interesse nelle nanotecnologie. Nella definizione di tali strategie si è tenuto in conto che le prospettive occupazionali per un laureato magistrale in ingegneria delle nanotecnologie sono innanzitutto, seppure non esclusivamente: - in aziende sia di dimensioni medio-grandi che piccole e aziende medie specializzate nel produrre materiali innovativi e prodotti ad alta tecnologia nell'ambito dell'industria meccanica, aeronautica, aerospaziale, chimica, elettronica, dell'energia, delle telecomunicazioni, delle

costruzioni, dei trasporti, biomedico, ambientale e per il restauro; - nei laboratori industriali e nei centri di ricerca e sviluppo di aziende ed enti pubblici e privati. Le consultazioni dirette hanno una doppia finalità: - definire un'offerta formativa orientata alle esigenze del mondo del lavoro e fornire agli allievi il supporto per la compilazione di percorsi formativi in linea con le proprie ambizioni e aspettative, nel contesto del trend della domanda di mercato; - promuovere e organizzare incontri con le aziende e gli enti di ricerca con interessi nelle nanotecnologie, per far conoscere le opportunità di lavoro ad allievi e laureati. Per il raggiungimento di tali finalità, le strategie di consultazione prevedono due diversi approcci complementari e sinergici, da cui si ottengono informazioni che vengono poi riportate nella sede collegiale del CAD per valutare e definire le azioni correttive sull'offerta formativa: - interazioni dirette dei singoli docenti con industrie e enti, che risultano fondamentali anche per lo svolgimento di Tesi di laurea in laboratori e realtà industriali, anche tramite la sottoscrizione di specifici accordi di tirocinio sulla piattaforma JobSoul [www.jobsoul.it], fortemente stimolati dal CAD; - eventi pubblici periodici in cui mettere in contatto allievi e mondo del lavoro, ed in cui organizzare spazi di discussione e confronto per verificare in un contesto dialettico e multidisciplinare la corrispondenza dell'offerta formativa alle reali esigenze del mondo del lavoro. Da alcuni anni si organizza nel Chiostro della Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale, l'evento NanoInnovation [www.nanoinnovation.eu] con lo scopo di promuovere lo scambio culturale e informativo su tematiche nanotecnologiche tra mondo dell'industria, mondo della ricerca e mondo della formazione. L'evento rappresenta una proficua occasione in cui raccogliere le informazioni direttamente dai rappresentanti del mondo industriale al fine di monitorare i risultati conseguiti ed individuare eventuali adeguamenti sia dell'offerta formativa nel suo complesso che dei programmi di singoli insegnamenti. Inoltre, nell'ambito di NanoInnovation, il CAD organizza un workshop dedicato alla consultazione collegiale di quelle aziende ed enti con cui sono già in corso consultazioni dirette e a cui vengono invitate anche le organizzazioni rappresentative – a livello nazionale e internazionale – della produzione di beni e servizi, e delle professioni con attività e/o interessi nel settore delle nanotecnologie. Si prevede di definire in tale occasione la bozza tipo di Accordo che, sulla falsariga di quelli già stipulati a livello di Facoltà all'interno del progetto FIGI; preveda e formalizzi, in particolare: le modalità di consultazione, coordinamento e avvio di iniziative congiunte tra Impresa/Ente e il CAD; le forme con cui l'Impresa/Ente contribuisce ad impostare, valutare e supportare l'offerta formativa del CAD; le forme attraverso le quali l'Impresa/Ente, in base alle proprie previsioni di domanda di risorse professionali, propone specifici programmi di orientamento, di formazione mirata e di inserimento accelerato di studenti selezionati; eventuali forme di collaborazione per la messa a punto di progetti di ricerca, individuando, di volta in volta, le risorse messe a disposizione in termini di strutture, risorse umane ed economiche. A livello di Facoltà è attiva una regolare consultazione delle organizzazioni rappresentative degli ambiti professionali ai quali è diretta la proposta formativa dei CdS, effettuata tramite il Protocollo di intesa FIGI - Facoltà di Ingegneria e Grandi Imprese (<http://figi.ing.uniroma1.it/#governance>). Durante le riunioni i rappresentanti delle aziende prendono visione dell'offerta formativa, degli obiettivi e dei rispettivi curricula, analizzandone i punti di forza e le criticità. L'ultimo incontro è avvenuto il 24/04/2023; il prossimo è previsto per il 06/05/2024. I verbali delle riunioni sono disponibili sul sito <https://figi.ing.uniroma1.it/verbali-consultazioni> Nel mese di maggio, il CAD organizza altresì una giornata di presentazione del corso di laurea magistrale (NANODAY). L'incontro è rivolto agli allievi dei corsi di laurea di I Livello erogati presso le Facoltà di Ingegneria civile e industriale e di Ingegneria dell'Informazione, Informatica e Statistica della Sapienza e coinvolge mediamente 150/200 studenti. L'evento è organizzato in tre fasi. Nella prima parte esperti provenienti dal mondo delle aziende e della ricerca nell'ambito delle nanotecnologie illustrano le specificità della professione di Ingegnere delle Nanotecnologie, spiegando il ruolo che tale figura svolge nelle aziende e nei centri di ricerca. Durante la seconda parte dell'incontro giovani laureati che hanno già maturato una significativa attività professionale/scientifica illustrano le proprie esperienze nel mondo del lavoro evidenziando i punti di forza del corso in Ingegneria delle Nanotecnologie che hanno frequentato con successo negli anni precedenti. Infine, la terza parte, a cura dei docenti rappresentanti le varie aree culturali del corso, è destinata ad illustrare nel dettaglio i percorsi formativi, le finalità e i requisiti di accesso della Laurea Magistrale, le attività di ricerca e le infrastrutture per le Nanotecnologie in Sapienza. I verbali della commissione CCOM relativi alla organizzazione degli eventi del 2023 e del 2024 sono disponibili ai seguenti indirizzi: - https://web.uniroma1.it/nano/sites/default/files/allegati/verbale_riunione_nanoday_2023.pdf ; - https://web.uniroma1.it/nano/sites/default/files/allegati/verbale_riunione_nanoday_2024.pdf L'attualizzazione del percorso formativo avviene anche attraverso il confronto con corsi analoghi esistenti a livello internazionale nelle accademie più prestigiose. Si riportano, a titolo esemplificativo, i principali corsi che vengono monitorati e che nello specifico sono stati anche utilizzati per l'ultima rimodulazione dell'offerta formativa: -University of California, San Diego, USA (nanoengineering.ucsd.edu/graduate-prgrams/degree/nanoengineering/masters) -University of Pennsylvania (masters.nano.upenn.edu/curriculum/) -Johns Hopkins University (ep.jhu.edu/programs-and-courses/programs/materials-science-and-engineering) -KU Leuven, Belgium (onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/e/CQ_50269006.htm#activetab=diploma_omschrijving) -Rice University, USA (msne.rice.edu/graduate-program/professional-masters/mmsne-admissions) -ETH Zurich, Svizzera (www.master-micronano.ethz.ch) -NUS – National University of Singapore, China

(www.nus.edu.sg/ngs/ra_nanoscience_nanotechnology.html) Quindi il calendario di massima delle consultazioni, al di là delle già esplicitate modalità dirette con aziende, enti, studenti e istituti di istruzione, prevede annualmente l'organizzazione di almeno due eventi ricorrenti a maggio (Nanoday, rivolto a studenti e famiglie) e settembre (workshop e tavole rotonde con gli stakeholders durante il congresso Nanoinnovation). Inoltre, dal 2023, il CdS ha avviato un'importante iniziativa per coinvolgere periodicamente le parti sociali al fine di garantire la rilevanza dell'offerta formativa rispetto alle esigenze del mercato ed apportare eventuali miglioramenti nel tempo. A tal fine, è stato sviluppato un questionario consultivo in collaborazione con le principali Organizzazioni Rappresentative della Produzione, dei Servizi, delle Professioni. Questo strumento contiene dettagli sulle figure professionali che il corso di studio si propone di formare, nonché sulle conoscenze e competenze che si prefigge di fornire agli studenti. Nel mese di ottobre, dopo l'evento Nanoinnovation 2023, il questionario è stato inviato ad aziende di rilievo, tra cui LEONARDO, Labor Srl, Jeol, Lfoundry Srl, Carl Zeiss SpA, Renovit. I risultati hanno evidenziato un apprezzamento generale per l'offerta formativa, con nessuna critica particolare, ma con alcuni suggerimenti e commenti significativi. Le aziende hanno suggerito di intensificare le interazioni con le realtà aziendali del settore per garantire una formazione maggiormente orientata alle esigenze del mercato professionale. Inoltre, è stato raccomandato di mantenere una linea formativa dedicata alla comprensione dei processi e alle competenze tecnologiche specifiche. Un aspetto rilevato è la carenza di figure specializzate nel campo delle nanotecnologie e delle tecnologie correlate nel mercato italiano. Le aziende hanno sottolineato la continua ricerca di professionisti con competenze avanzate in questo ambito, sia a livello nazionale che internazionale. Il relativo verbale è disponibile all'indirizzo

https://web.uniroma1.it/nano/sites/default/files/allegati/verbale_questionario_parti_interessate_%20finale%202020_11_2023

Le consultazioni relative all'offerta formativa di ICI 24-25 si sono tenute il 06 maggio 2024. Durante la riunione i rappresentanti delle aziende hanno preso visione dell'offerta formativa, degli obiettivi e dei rispettivi curricula. Alcuni rappresentanti hanno proposto di collaborare attivamente all'erogazione di contenuti specifici sui temi di interesse del mondo del lavoro. Il verbale della riunione è disponibile sul sito <https://figi.ing.uniroma1.it/verbali-consultazioni>

Organizzazione e responsabilità della AQ del Cds

Il Sistema di Assicurazione Qualità (AQ) di Sapienza è descritto diffusamente nelle Pagine Web del Team Qualità consultabili all'indirizzo <https://www.uniroma1.it/it/pagina/team-qualita>. Nelle Pagine Web vengono descritti il percorso decennale sviluppato dall'Ateneo per la costruzione dell'Assicurazione Qualità Sapienza, il modello organizzativo adottato, gli attori dell'AQ (Team Qualità, Comitati di Monitoraggio, Commissioni Paritetiche Docenti-Studenti, Commissioni Qualità dei Corsi di Studio), i Gruppi di Lavoro attivi, le principali attività sviluppate, la documentazione predisposta per la gestione dei processi e delle attività di Assicurazione della Qualità nella Didattica, nella Ricerca e nella Terza Missione. Le Pagine Web rappresentano inoltre la piattaforma di comunicazione e di messa a disposizione dei dati di riferimento per le attività di Riesame, di stesura delle relazioni delle Commissioni Paritetiche Docenti-Studenti e dei Comitati di Monitoraggio e per la compilazione delle Schede SUA-Didattica e SUA-Ricerca. Ciascun Corso di Studio e ciascun Dipartimento ha poi facoltà di declinare il Modello di Assicurazione Qualità Sapienza definito nelle Pagine Web del Team Qualità nell'Assicurazione Qualità del CdS/Dipartimento mutuandolo ed adattandolo alle proprie specificità organizzative pur nel rispetto dei modelli e delle procedure definite dall'Anvur e dal Team Qualità. Le Pagine Web di CdS/Dipartimento rappresentano, unitamente alle Schede SUA-Didattica e SUA-Ricerca, gli strumenti di comunicazione delle modalità di attuazione del Sistema di Assicurazione Qualità a livello di CdS/Dipartimento.