

Progetto Formativo
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA DELLE NANOTECNOLOGIE (NANOTECHNOLOGY ENGINEERING)

Classe LM 53 Ingegneria dei Materiali

I anno di corso: A.A. 2023-24

II anno di corso: A.A. 2024-25

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie ha l'obiettivo di consentire agli allievi l'acquisizione di conoscenze e abilità specifiche di ingegneria che consentano loro di sviluppare, utilizzando anche le capacità personali, le necessarie competenze in situazioni di lavoro o di studio e nello sviluppo professionale e/o personale, in particolare laddove si debbano affrontare problemi complessi connessi con l'analisi, lo sviluppo, la simulazione e l'ottimizzazione di dispositivi, materiali e processi fondati sull'uso delle nanotecnologie.

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie è erogato con continuità dall'a.a. 2008-2009. Nel 2023 il corso ha subito una rimodulazione (anche se formalmente risulta come nuova istituzione) che si è resa necessaria in conseguenza della modifica della classe di laurea (LM53) e del DM 147 del 09/02/2021, sfruttando la possibilità di flessibilità in accordo a quanto stabilito nel D.M. 1154 del 14/10/2021.

Profilo professionale e sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati (A.2a)

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 specifiche associate alla funzione dell'Ingegnere delle Nanotecnologie sono:

- lo sviluppo e l'ingegnerizzazione di micro-nano dispositivi nei diversi settori delle 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.

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.

Obiettivi formativi specifici del Corso e descrizione del percorso formativo (A.4a)

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 immetterlo nel contesto internazionale delle nanotecnologie.

Oggigiorno 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 naturale 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.

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.