UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# COURSE SYLLABUS

# Properties and Applications of Nanostructured Materials

**2627-3-ESM01Q019**

## Obiettivi

Il corso si propone di fornire i concetti fondamentali della fisica delle nanostrutture di metalli e semiconduttori, nonché una panoramica delle principali e più moderne applicazioni tecnologiche per ciascuna tipologia di nanostruttura.

Obiettivi
Conoscenza e comprensione:
• Conoscenza dettagliata dei concetti e degli approcci di base nella ricerca sui materiali nanostrutturati.
• Comprendere i fenomeni derivanti dal nanoconfinamento
• Conoscenza delle principali tecniche di nanostrutturazione ed applicazioni pratiche dei materiali nanostrutturati

Applicazione della conoscenza:
• Acquisizione della capacità di applicare le nozioni apprese nel corso alla descrizione efficace di materiali nanostrutturati.

Competenze comunicative:
• Acquisizione di capacità comunicative verbali e scritte in concetti avanzati di fisica e chimica dei materiali nanostrutturati.

Elaborazione di giudizi:
• Lo studente acquisirà la competenza di giudicare quali fenomeni ed osservabili per un dato sistema possano essere ricondotti agli effetti di nanostrutturazione.

Competenze di apprendimento
• Lo studente è in grado di estendere quanto appreso nelle lezioni a casi di studio non trattati durante il corso. In particolare è in grado di gestire autonomamente la vasta letteratura dedicata ai nanomaterialii.

## Contenuti sintetici

Saranno forniti i concetti chiave sulla fisica delle nanostrutture e delle loro applicazioni con particolare attenzione agli effetti di dimensioni e taglia sulle proprietà elettroniche e ottiche dei materiali. Saranno inoltre fornite le nozioni di base sulle tecniche e metodi di sintesi e caratterizzazione dei materiali nanostrutturati.

## Programma esteso

1. Suddivisione “classica” delle nanostrutture per dimensionalità (0D, 1D, 2D) - Suddivisione per tipologia di materiale (metalli, semiconduttori, etc.).
2. Panoramica degli effetti della nanostrutturazione su proprietà elettroniche, ottiche e dielettriche dei materiali con modelli di complessità crescente dal gas di elettroni liberi all'approssimazione di massa efficace.
3. Nanostrutture metalliche: obiettivi di ricerca chiave nella moderna scienza delle nanostrutture metalliche - principali metodi di sintesi (“top-down” e “bottom-up”) di nanoparticelle metalliche - proprietà ottiche delle nanoparticelle metalliche, plasmoni di superficie e localizzati, applicazioni (sensoristica, nanomedicina, optoelettronica).
4. Nanostrutture a semiconduttore: confinamento quantistico - quantum wells - quantum wires - quantum dot a barriera infinita e finita - superreticoli - principali metodi e tecniche di sintesi/crescita e loro fondamenti termodinamici e cinetici - proprietà elettroniche - proprietà ottiche - proprietà optoelettroniche - applicazioni (LED, LASER, dispositivi fotovoltaici).
5. Materiali di Van der Waals e nanostrutture derivate: metodologie per ottenere monostrati atomici, esfoliazione meccanica, esfoliazione liquida, epitassia di Van der Waals, CVD. Cenni alle applicazioni dei materiali 2D. Tecniche di ingegnerizzazione dei materiali 2D i.e. strain ed eterostrutture.

## Prerequisiti

Conoscenza di meccanica quantistica e, dell'elettromagnetismo e della fisica dello stato solido. Conoscenze di base di termodinamica, e chimica e fisica dello stato solido.

## Modalità didattica

Il corso prevede 24 lezioni da due ore (48 ore in totale) svolte in modalità erogativa in presenza (Didattica Erogativa).
L'insegnamento verrà erogato interamente in lingua italiana.

## Materiale didattico

Le diapositive saranno messe a disposizione degli studenti attraverso la presente piattaforma e-learning.

Testi principali:

- Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics of Semiconductor Nanostructures, Harrison & Valavanis 2016, John Wiley & Sons, Ltd (free online con credenziali unimib,

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118923337);
- Metal nanoparticles: synthesis, characterization, and applications, Felheim & Foss, 2002, Marcel Dekker, New York;

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

Esame orale, che sarà diviso in due parti all'interno di un'unica seduta.
Verrà valutata la preparazione generale dello studente sui contenuti del corso. In particolare, nella prima parte lo studente dovrà rispondere a domande riguardanti contenuti teorici/formali da cui derivano le proprietà dei materiali nanostrutturati. Nella seconda parte sarà invece valutata la conoscenza dello studente sulle principali strategie di nanostrutturazione, selezionata tra quelle studiate durante il corso.
Non sono previste valutazioni in itinere.

La graduazione dei voti sarà la seguente:
< 18: votazione insufficiente; non raggiunto il livello minimo di preparazione;
18-21: preparazione su un numero ridotto di argomenti presenti nel programma del corso, con capacità di trattazione e analisi limitate che emergono solo a seguito dell'aiuto e delle domande del docente; competenza espositiva e lessico non sempre corretti, capacità di elaborazione critica limitata;
22-24: preparazione su una parte degli argomenti presenti nel programma del corso, capacità di analisi autonoma limitata, uso di un lessico corretto anche se non del tutto accurato e chiaro e di una capacità espositiva a tratti incerta;
25-27: preparazione su un numero ampio di argomenti trattati nel programma del corso, capacità di svolgere in modo autonomo l'argomentazione e l'analisi critica, capacità di applicazione delle conoscenze ai casi concreti, uso di un lessico corretto e competenza nell'uso del linguaggio disciplinare;
28-30/30L: preparazione completa ed esaustiva sugli argomenti in programma d'esame, capacità personale di trattazione autonoma e di analisi critica dei temi, ottima capacità di pensiero critico e autonomo, piena padronanza del lessico disciplinare e di una capacità espositiva rigorosa e articolata.

## Orario di ricevimento

Dal lunedì al venerdì a qualsiasi ora lavorativa (previo appuntamento con il docente via email).

## Sustainable Development Goals

ACQUA PULITA E SERVIZI IGIENICO-SANITARI | ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI