

# FISICA (LM38)

(Università degli Studi)

## Insegnamento NANOELETTRONICA

Insegnamento NANOELETTRONICA

Anno di corso 2

GenCod A004161

Docente titolare Giuseppe MARUCCIO

Insegnamento in inglese  
NANO ELECTRONICS

Lingua ITALIANO

Settore disciplinare FIS/03

Percorso NANOTECNOLOGIE, FISICA  
DELLA MATERIA E APPLICATA

Corso di studi di riferimento FISICA

Tipo corso di studi Laurea Magistrale

Sede

Crediti 7.0

Periodo Primo Semestre

Ripartizione oraria Ore Attività frontale: 49.0

Tipo esame Orale

Per immatricolati nel 2019/2020

Valutazione Voto Finale

Erogato nel 2020/2021

Orario dell'insegnamento

<https://easyroom.unisalento.it/Orario>

### BREVE DESCRIZIONE DEL CORSO

L'insegnamento fornisce agli studenti conoscenze riguardanti la differenza tra la fisica (classica) su scala macroscopica e quella su scala nanometrica, in cui i fenomeni quantistici rivestono particolare importanza. A conclusione di questo insegnamento gli studenti avranno appreso:

- le diverse proprietà elettroniche delle nanostrutture inorganiche a bassa dimensionalità (2D, 1D e 0D) e delle nanostrutture organiche basate sul carbonio;
  - la peculiare fisica che governa il trasporto di carica in nanostrutture 2D, 1D e 0D, nel grafene e nei nanotubi di carbonio;
  - il funzionamento di dispositivi mesoscopici basati su trasporto quantistico e tunneling dei portatori;
  - la differenza tra le proprietà magnetiche su scala macroscopica e nanometrica (nanoparticelle magnetiche e magneti molecolari) e l'esistenza di nuove classi di materiali magnetici "esotici";
  - il concetto di magnetoresistenza e la fisica del trasporto di spin.

A tal fine, oltre agli aspetti formali, saranno analizzati anche i principali risultati sperimentali a supporto e saranno discusse le potenziali applicazioni dei singoli fenomeni fisici e delle varie nanostrutture. In questo modo gli studenti saranno gradualmente introdotti nell'ambito della moderna ricerca in fisica dello stato solido, nanoscienze e nanotecnologie, quale ad esempio l'implementazione di sistemi materiali e protocolli per la computazione quantistica.

### PREREQUISITI

Sono richieste in particolare conoscenze relative ai corsi di Struttura della materia e Fisica dello stato solido.

---

## OBIETTIVI FORMATIVI

**Conoscenze e comprensione.** Comprendere le diverse proprietà elettroniche delle nanostrutture inorganiche a bassa dimensionalità (2D, 1D e 0D) e delle nanostrutture organiche basate sul carbonio; la peculiare fisica che governa il trasporto di carica in nanostrutture 2D, 1D e 0D, nel grafene e nei nanotubi di carbonio; il funzionamento di dispositivi mesoscopici basati su trasporto quantistico e tunneling dei portatori; la differenza tra le proprietà magnetiche su scala macroscopica e nanometrica (nanoparticelle magnetiche e magneti molecolari) e l'esistenza di nuove classi di materiali magnetici "esotici"; il concetto di magnetoresistenza e la fisica del trasporto di spin.

**Capacità di applicare conoscenze e comprensione.** Essere in grado di condurre esperimenti avanzati, anche con attrezzature criogeniche, per la caratterizzazione di nuovi materiali e dispositivi ed il test di aspetti teorici studiati.

**Autonomia di giudizio.** Migliorare la capacità dello studente di analizzare con spirito critico la moderna ricerca nel settore, gli articoli scientifici e le tecniche sperimentali disponibili/impiegate.

**Abilità comunicative.** Acquisire una buona padronanza degli argomenti ed esser in grado di presentare una tematica di ricerca attuale in una presentazione orale col supporto di slides.

**Capacità di apprendimento.** Maturare un approccio metodologico tale da permettere un apprendimento autonomo di nuovi argomenti ed ulteriori approfondimenti/ricerche tramite la

---

## METODI DIDATTICI

Presentazioni power point multimediali contenenti animazioni ed immagini atte ad illustrare i principali argomenti del corso. Le presentazioni sono fornite agli studenti prima della lezione per permettere loro di prendere eventuali appunti durante la spiegazione in aula.

---

## MODALITA' D'ESAME

L'esame consiste di una prova orale atta a verificare l'abilità di esporre in modo chiaro e rigoroso alcuni contenuti del corso partendo da una presentazione power point su un argomento a scelta dello studente e continuando con due domande su argomenti relativi ad altre unità didattiche. Gli studenti possono prenotarsi per l'esame finale esclusivamente utilizzando le modalità previste dal sistema VOL.

**I. Proprietà elettroniche dei nanomateriali (richiami / approfondimenti in base a conoscenze studenti).**

- Fisica delle nanostrutture inorganiche: Ingegnerizzazione di struttura a bande e densità degli stati, confinamento quantistico, quantum wells/wires/dots.
- Fisica dei nanosistemi organici, in particolare nanostrutture di carbonio e grafene.

**II. Trasporto di carica ed applicazioni in nanoelettronica.**

- Effetto Hall Quantistico: 2D electron gas (2DEG) in campo magnetico, Livelli di Landau, effetti Hall quantistici (intero e frazionario), Spin Hall Effect, Effetto Hall Anomalo ed isolanti topologici.
- Trasporto quantistico mesoscopico: Regimi di trasporto, formalismo di Landauer-Buttiker, Quantum point contacts, Elettronica quantistica ed esempi di dispositivi mesoscopici.
- Tunneling: Microscopia a scansione e spettroscopia ad effetto tunnel, Coulomb blockade e Transistor a singolo elettrone.

**III. Nanomagnetismo e spintronica.**

- Magnetismo quantistico e alla nanoscala: Termini magnetici nelle Hamiltoniane, Interazione spin-orbita nello stato solido, Interazioni di scambio ed ordinamenti magnetici, Modello di Heisenberg, Magnetismo di banda, Superparamagnetismo, Tunneling quantistico della Magnetizzazione, Semiconduttori ed isolanti magnetici, Materiali multiferroici.
- Magnetoresistenza e spintronica: tipologie e loro origine fisica, Modello di Julliere, Spin-dependent tunneling e scattering, SP-STM, Dispositivi logici magnetici, Nanospintronica e Spintronica molecolare.

**IV. Nanotecnologie per computazione quantistica.**

- Cenni di teoria dell'informazione quantistica, Computazione quantistica con sistemi allo stato solido (vari approcci con spin impurities, few electron QDs, superconducting qubits, circuit QED).

**V. Cenni su dispositivi a superconduttore, microfluidica, nanotecnologie per diagnostica e nanomedicina. (a scelta in base ad interessi studenti).**

---

TESTI DI RIFERIMENTO

Dispense fornite dal docente e per supporto/approfondimenti:

- Solid State Physics, N. W. Ashcroft, N. D. Mermin
- Quantum semiconductor structures, C. Weisbuch, B. Vinter
- Mesoscopic quantum transport, Markus Büttiker (European School on Nanosciences and Nanotechnologies)
- Magnetic Materials: Fundamentals and applications, N. A. Spaldin