



FISICA DEI NANOSISTEMI

FIS/03 - 9 CFU - 1° semestre

Docente titolare dell'insegnamento

GIUSEPPE FALCI

Email: gfalci@dmfci.unict.it

Edificio / Indirizzo: Dipartimento di Fisica e Astronomia, Città Universitaria, Ufficio 212

Telefono: 0953785337

Orario ricevimento: Lunedì 18:00-20:00 (ex DMFCI), Mercoledì 10:30-11:30 (DFA)

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso introduce principi e concetti fondamentali che governano la fisica microscopica e macroscopica dei nanosistemi e la funzionalità dei nanodispositivi. La fisica dei nanosistemi tratta sistemi elettronici con una o più dimensioni dell'ordine dei nanometri.

Il corso fornisce le nozioni di base della fisica, dalla meccanica quantistica alla teoria dei solidi al trasporto quantistico. L'obiettivo è quello di fornire allo studente abilità e competenze che complementino quelle di un curriculum in microelettronica, come (a) familiarità con le opportunità offerte dalla nanoelettronica; (b) capacità di utilizzare la meccanica quantistica in differenti contesti della ICT e delle nanotecnologie e valutare le diverse tecnologie dei nanosistemi; (c) acquisire una base per elaborare idee e proposte personali.

Il corso è motivato dalle esigenze multidisciplinari dei diversi settori industriali nel campo delle nanotecnologie, che offrono nuove opportunità di lavoro e specializzazione ai nostri laureati.

PREREQUISITI RICHIESTI

Lo studente deve possedere gli elementi del linguaggio, ossia una buona conoscenza della fisica classica, una conoscenza introduttiva della fisica dei semiconduttori e una certa "affinità" verso la fisica.

I prerequisiti comprendono:

- Meccanica classica e termodinamica (Fisica 1).
 - Elettromagnetismo classico (Fisica 2).
 - Elementi di algebra e analisi matematica: spazi vettoriali, trasformate integrali
 - Concetti elementari di fisica moderna e fisica dei semiconduttori (Dispositivi)
-

FREQUENZA LEZIONI

Non obbligatoria, ma suggerita.

CONTENUTI DEL CORSO

1. Solidi, nanosistemi e Meccanica Quantistica [1,5,8]

PARTE I: Meccanica Quantistica

2. Fenomenologia del dualismo onda-particella [2,3,5,6]
3. Meccanica ondulatoria [3,5,6]
4. Alcuni problemi stazionari [3,5]
5. Meccanica Quantistica e applicazioni illustrative [3,5,6]
6. Metodi di approssimazione [3,5]

PARTE II: Fisica dello Stato Solido

7. Sistemi a molte particelle [5,6]
8. Solidi cristallini [1,5]
9. Il solido di Bloch [1,5]
10. Trasporto semiclassico [1,5]

PARTE III: Nanostrutture

11. Effetto tunnel nei solidi [5,6,8]
 12. Tunneling incoerente ed effetti di charging [5,6,8]
 13. Sistemi a dimensionalit`a ridotta [5,6]
 14. Nanodispositivi (seminario)
 15. Trasporto quantistico [4,5]
 16. Computazione quantistica (seminario)
-

TESTI DI RIFERIMENTO

- [1] Neil W. Ashcroft and N. David Mermin. Solid State Physics. Holt Saunders, 1976.
- [2] B.H. Bransden and C.J. Joachain. Physics of atoms and molecules. Prentice Hall, 1983.
- [3] C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, and F. Laloë. Quantum Mechanics - vol 1, volume 1. Wiley-Interscience Publication, 1977.
- [4] Datta. Electronic Transport in Mesoscopic Systems. University Press, 1995. Cambridge
- [5] G. Falci. Appunti del corso di fisica dei nanosistemi. 2013.
- [6] G.W. Hanson. Fundamentals of Nanoelectronics. Prentice Hall, 2007.
- [7] Kittel. Introduzione alla Fisica dello Stato Solido. Casa Editrice Ambrosiana, 2005.
- [8] V. V. Mitin, D. I. Sementsov, and N. Z. Vagidov. Quantum Mechanics for Nanostructures. Cambridge University Press, 2010.

ALTRO MATERIALE DIDATTICO

Materiale divulgativo di introduzione al corso viene fornito a richiesta per e-mail.

Materiale didattico (appunti, presentazioni, notebook dimostrativi, etc.) viene fornito tramite un link ad una cartella Dropbox da richiedere direttamente al docente.

PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

* Argomenti	Riferimenti testi
1 * Gas elettronico semiclassico	[1,5]
2 * Dualismo onda-particella	[2,3,5,6]
3 * Meccanica Quantistica e applicazioni illustrative	[3,5,6]
4 * Gas di Fermi, solidi cristallini, solido di Bloch e trasporto semiclassico	[1,5]
5 * Tunneling ed effetti di charging	[5,6,8]
6 * Sistemi a dimensionalità ridotta	[5,6]
7 * Trasporto quantistico	[4,5]

* Conoscenze minime irrinunciabili per il superamento dell'esame.

N.B. La conoscenza degli argomenti contrassegnati con l'asterisco è condizione necessaria ma non sufficiente per il superamento dell'esame. Rispondere in maniera sufficiente o anche più che sufficiente alle domande su tali argomenti non assicura, pertanto, il superamento dell'esame.

VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

- L'esame consiste di una prova scritta e di una eventuale prova orale.
- La prova scritta si svolge su sei quesiti, senza l'ausilio di testi o appunti. Si ritiene superata se almeno tre quesiti sono svolti in maniera corretta e completa. Gli altri tre quesiti determinano una valutazione preliminare, che va da 18 a 27/30.
- Si procede alla prova orale, se necessario. Essa comprende: (a) esposizione di un breve argomento a scelta del candidato; (b) esposizione di un argomento scelto dal candidato tra tre proposti, di diverso grado di difficoltà. Il superamento dell'esame dipende dalla prova (a) mentre la valutazione dipende dalla (b).
- Il voto formulato alla fine dell'esame, non è una media né una somma di voti parziali. Esso è ottenuto da una valutazione qualitativa dell'esame nel suo complesso.
- E' possibile, a richiesta dello studente e di concerto col docente, sostituire l'orale con un elaborato. Anche in questo caso esso comprenderà una breve esposizione del tema, che determina il superamento della prova, e la presentazione dell'elaborato che determina il voto.
- Sono previste durante il corso due prove in itinere, che hanno un effetto sulla valutazione finale.

PROVE IN ITINERE

Le prove in itinere consistono ciascuna di quattro quesiti, di livello di difficoltà pari a quelli di esame, sul

programma fino ad allora svolto. Le prove sono fissate con preavviso minimo (due o tre giorni) e possono essere svolte con l'ausilio di testi e appunti. L'impatto sul voto finale viene valutato sul complesso delle due prove, che se positivamente svolte determinano un ulteriore punto da aggiungere al voto della prova finale, e di approssimare per eccesso la votazione così ottenuta.

ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

E' a disposizione nel materiale didattico del corso una raccolta di esercizi di esame.

Durante la prova orale saranno formulate domande che, prendendo spunto dall'esposizione dell'argomento, possono spaziare su tutto il programma svolto.

L'elaborato sostitutivo dell'orale consiste in un calcolo, da effettuare generalmente con l'ausilio di software dedicato, su un argomento relativo al corso. Alcuni esempi sono i seguenti:

- Autovalori ed autovettori per potenziali scalari unidimensionali.
 - Moto di pacchetti d'onda unidimensionali in potenziali assegnati.
 - Calcolo di semplici strutture a bande: reticoli unidimensionali, quadrato o a nido d'api, cubico semplice.
 - Struttura a bande in cristalli fotonici e metamateriali.
 - Determinazione di correnti di tunneling mediante il metodo della transfer matrix.
 - Trasporto coerente in semplici reti quantistiche (di interesse come modelli di materiali per l'efficienza energetica).
 - Altri elaborati di interesse del candidato, se possono preludere ad un lavoro di tesi.
-