UNIVERSITÀ DI PISA

ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO

MASSIMO MACUCCI

Academic year	2022/23
Course	INGEGNERIA ELETTRONICA
Code	195II
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO	ING-INF/01	LEZIONI	60	ELISABETTA DIMAGGIO MASSIMO MACUCCI MASSIMO PIOTTO

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
Gli studenti acquisiranno conoscenze sulla teoria, sui modelli e sul progetto di strutture e di dispositivi a semiconduttore di ultima generazione (ad esempio in scala submicrometrica e nanometrica) utilizzando la meccanica quantistica di base. Saranno discusse risoluzioni analitiche e numeriche di semplici casi di studio.

Modalità di verifica delle conoscenze
Durante l'esame orale lo studente deve essere in grado di dimostrare la propria conoscenza del materiale del corso e la sua capacita` di applicarlo alla valutazione e selezione di materiali per applicazioni nell'ambito della nanoelettronica.
Metodi:
Esame orale

Capacità
Lo studente sarà in grado di capire modelli quantistici di semplici strutture micro e nanoelettroniche.

Modalità di verifica delle capacità
Attraverso le domande nell'esame orale.

Comportamenti
Lo studente svilupperà una mentalità idonea a comprendere ed eventualmente approfondire tematiche nel campo dell'elettronica fisica.

Modalità di verifica dei comportamenti
Una verifica sara` condotta durante l'esame.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Nozioni di base di fisica e matematica (corsi del primo biennio di facoltà tecniche e scientiifche)

Indicazioni metodologiche
Il corso viene tenuto in italiano utilizzando slide che oono messe a disposizione dello studente tramite il sito e-learning. Le slide sono commentate e integrate con calcoli e precisazioni scritte a mano. Gli studenti possono usufruire del ricevimento e dell'indirizzo di posta elettronica dei docenti per chiarimenti tematici e organizzativi.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Argomenti propedeutici
- L'Equazione delle onde
- Lunghezza d'onda vs. posizione

- Vibrazioni reticolari. Fononi
- L'equazione della diffusione
- La fisica classica e i fenomeni microscopici
- Critica dei concetti classici di materia e radiazione
- La quantizzazione della radiazione
- L'effetto fotoelettrico
- Esperienza di diffrazione con elettroni.
- Esperienza di Franck-Hertz
- Sintesi e ipotesi di De Broglie
- Il principio di indeterminazione
- Pacchetti di onde di De Broglie e principio di indeterminazione
- Definizione di sistema
- La definizione classica di stato di un sistema
- Nuova definizione dello stato del sistema
- Valor medio di una variabile dinamica
- Algebra degli operatori
- Autovalori e autofunzioni di un operatore
- La relazione di indeterminazione generalizzata
- Lo stato del sistema in funzione del tempo
- Risoluzione dell'equazione di Schrödinger
- Spazi di Hilbert
- Base ortonormale di autofunzioni
- Matrice associata a un operatore
- Variazione temporale del valor medio di variabili dinamiche
- Ancora sugli operatori Hermitiani
- Costanti del moto
- La densità di corrente di probabilità
- Equazione d'onda nello spazio dei momenti
- Risoluzione numerica dell'equazione di Schrödinger
- Algoritmo alle differenze finite nel dominio del tempo (FDTD)
- Algoritmo Split-Step Fourier
- Trasformazione di Legendre ed equazioni canoniche
- Parentesi di Poisson
- Il teorema di Liouville
- Il teorema di Emmy Noether
- Stati stazionari in sistemi monodimensionali
- Particella libera
- Buche di energia potenziale
- Buca di energia potenziale infinita
- Densità degli stati monodimensionale
- Soluzione numerica con il metodo delle matrici finite
- Particella in una buca di energia potenziale finita
- Buca di energia potenziale triangolare
- Buca parabolica ovvero oscillatore armonico quantistico
- Barriere di energia potenziale
- Matrici di trasmissione e di scattering
- Gradino di energia potenziale
- Propagazione a energia potenziale costante
- Barriera rettangolare di ampiezza
- Barriera impulsiva
- Barriera impulsiva periodica e teorema di Bloch
- Teorema del commutatore
- Teorema di Bloch
- Array di barriere rettangolari
- Semplici sistemi a due dimensioni
- Due particelle identiche in una scatola monodimensionale
- Particella in una scatola bidimensionale
- Gas bidimensionale di elettroni
- Espansione in serie di potenze di ovvero metodo WKB
- Formule di connessione
- Applicazioni del metodo WKB
- Buca di energia potenziale di forma qualsiasi
- Barriera di potenziale di forma qualsiasi
- Elettroni nei cristalli
- Reticolo diretto e reciproco
- Il principio di Pauli
- La necessità di introdurre un nuovo grado di libertà
- Il principio di esclusione di Pauli
- Modello dell'elettrone libero in un solido

- Stima della profondità della buca di potenziale
- Statistiche classiche e quantiche
- Problema di occupazione
- Statistica canonica
- Statistica di Bose Einstein
- Statistica di Fermi
- Trattazione semiclassica del trasporto
- Quasi momento e massa efficace
- L'equazione del trasporto di Boltzmann
- L'approssimazione del tempo di rilassamento.
- Risoluzione approssimata della BTE
- Modelli quantistici di semplici dispositivi elettronici
- Nanofilo conduttore e quantizzazione della conduttanza
- Dispositivo MIM
- Calcolo della densità di stati
- Approssimazione di Simmons del coefficiente Tunnel
- Calcolo della corrente tunnel

Bibliografia e materiale didattico
Manuale "Elementi di Elettronica dello stato solido" Pisa University press.
Slide e altro materiale sul servizio di e-learning della Scuola di Ingegneria https://elearn.ing.unipi.it
Video e file pdf delle lezioni su http://brahms.iet.unipi.it/ess

Indicazioni per non frequentanti
Tutte le lezioni sono disponibili su Teams o sul sito http://brahms.iet.unipi.it, ricevimenti con i docenti possono essere fissati per e-mail o per telefono.

Modalità d'esame
L'esame e` orale e consiste di tre domande sugli argomenti trattati nel corso. Il voto finale e` la media dei voti ottenuti sulle tre domande. La durata media dell'esame e` di 30 minuti.

Altri riferimenti web
https://elearn.ing.unipi.it

Ultimo aggiornamento 05/08/2022 16:11