

Linee guida per gli esami (orali):

1. Discussione della soluzione di uno degli esercizi assegnati durante il corso;
2. Un argomento a scelta della commissione;
3. Un argomento a scelta del candidato.

NB: nella discussione degli argomenti elencati, è richiesta anche la familiarità con i tipici ordini di grandezza e con le unità di misura delle grandezze fisiche e delle costanti fondamentali coinvolte.

Lista degli argomenti inclusi nel programma:

1. Relatività ristretta: trasformazioni di Lorentz, simultaneità di eventi, contrazione delle lunghezze, dilatazione dei tempi
2. Relatività ristretta: composizione delle velocità, energia a riposo, energia totale, energia cinetica.
3. Crisi della fisica classica: un esempio di comportamento corpuscolare della radiazione elettromagnetica.
4. Crisi della fisica classica: un esempio di comportamento ondulatorio delle particelle.
5. Modello di Bohr per l'atomo d'idrogeno.
6. I postulati della meccanica quantistica e l'equazione di Schrödinger. Soluzioni separabili per una particella con energia potenziale indipendente dal tempo. Autovalori e autofunzioni delle osservabili. Valori di aspettazione.
7. Particella vincolata in una buca di potenziale infinita: funzioni d'onda separabili, livelli energetici, valori di aspettazione per le osservabili.
8. Particella libera: funzioni d'onda piane (separabili), pacchetti d'onda; velocità di fase e di gruppo; principio di indeterminazione.
9. Potenziale a scalino: funzioni d'onda, densità di corrente di probabilità, coefficienti di riflessione e trasmissione.
10. Barriera (buca) di potenziale a delta di Dirac; soluzioni dell'equazione di Schrödinger e coefficienti di trasmissione e riflessione. Barriera finita: effetto tunnel, coefficiente di trasmissione (solo metodo e risultati).
11. Potenziale periodico: teorema di Bloch (solo enunciato) e modello di Kronig-Penney (versione semplificata, con delta di Dirac): bande permesse e proibite per gli autovalori dell'energia., relazioni di dispersione, prima zona di Brillouin.
12. Moto di elettroni in un cristallo ideale ed in un campo di forze “esterno”: approssimazione semiclassica, massa efficace, oscillazioni di Bloch. Elettroni e lacune.
13. Resistività e conducibilità dei materiali: isolanti, semiconduttori e conduttori. Mobilità dei portatori di carica.
14. Densità degli stati disponibili per gli elettroni per energie vicine al bordo di una banda. Funzione di densità di probabilità (pdf) di Fermi-Dirac.
15. Concentrazione di elettroni e lacune in un semiconduttore intrinseco all'equilibrio termico; legge di azione di massa.

16. Semiconduttori estrinseci di tipo n e tipo p (drogati). Densità dei portatori di carica all'equilibrio termico. Livello di Fermi al variare della concentrazione dei droganti e della temperatura. Semiconduttori degeneri.
17. Deriva e diffusione dei portatori di carica. Campo elettrico “built-in” per drogaggio non uniforme. Relazione di Einstein tra mobilità e coefficiente di diffusione.
18. Equazione di continuità. Conducibilità elettrica in funzione della temperatura nei semiconduttori e spiegazione in termini di urti degli elettroni con difetti reticolari e con fononi.
19. Iniezione di portatori di carica; condizioni di “bassa” e “alta” iniezione.
20. Fenomeni di generazione e ricombinazione. Ricombinazione diretta e indiretta (attraverso trappole). Vita media dei portatori e “rate” di ricombinazione. Velocità di ricombinazione superficiale.
21. Transizioni (generazione, ricombinazione) radiative: semiconduttori diretti e indiretti, ruolo e caratteristiche dei fononi.
22. Un esempio di soluzione analitica dell’equazione di continuità. Lunghezza di diffusione e velocità di ricombinazione superficiale. Interpretazione dell’esperimento di Heynes-Shockley (diffusione, deriva, ricombinazione).
23. Condizioni di neutralità o quasi-neutralità elettrica. Rilassamento del dielettrico e lunghezza di Debye.
24. Semiconduttori fuori dall’equilibrio: livelli di “quasi-Fermi”
25. Effetti di campi elettrici intensi: saturazione delle velocità di deriva, ionizzazione secondaria e fenomeni di “valanga”.

Argomenti facoltativi (non richiesti all'esame: eventuali approfondimenti individuali)

1. Equazione di trasporto di Boltzmann e derivazione da questa di espressioni per la densità di corrente elettrica.
2. Derivazione della relazione di dispersione per fononi nel caso più semplice.
3. Vite medie e “rate” di ricombinazione per portatori secondo il modello di Shockley-Read-Hall.
4. Trasporto ambipolare.
5. Un esempio di dispositivo a semiconduttore: diodo a giunzione pn, cella fotovoltaica.