

Test di autovalutazione sulle

CONOSCENZE ACQUISITE

di meccanica quantistica

1. Enunciare l'ipotesi di de Broglie, spiegando il significato fisico di tutti i termini che vi compaiono.
2. Si consideri un'automobile di peso pari ad una tonnellata, che viaggia in linea retta a velocità di 50 Km/h. Calcolare la sua lunghezza d'onda di de Broglie. Commentare il significato fisico del risultato.
3. Si consideri un elettrone nel vuoto accelerato da una differenza di potenziale elettrostatico pari a 10^4 V. Calcolare la sua lunghezza d'onda di de Broglie. Commentare il significato fisico del risultato.
4. Si considerino onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda pari a 10^{-12} m (raggi γ), 10^{-10} m (raggi X), 10^{-8} m (ultra-violetto), 10^{-6} m (visibile), 10^{-4} m (infra-rosso), 10^{-2} m (micro-onde). Per ciascuna di esse si calcoli l'energia dei fotoni corrispondenti, esprimendo il risultato in eV.
5. Definire matematicamente la funzione d'onda e la probabilità di presenza in meccanica quantistica e discutere i corrispondenti significati fisici.
6. Si consideri un elettrone libero in una dimensione (che conveniamo chiamare direzione x) e non confinato (l'elettrone è pertanto libero di muoversi su tutto l'asse x , senza vincoli). Si scriva la sua funzione d'onda. È possibile normalizzare tale funzione d'onda? Perché? Che significato fisico ha, in questo caso specifico, il risultato del procedimento di normalizzazione?
7. Si consideri un elettrone confinato in una buca di potenziale tridimensionale a pareti infinite. Per questo specifico caso
 - discutere il significato della quantizzazione dei livelli di energia;
 - chiarire la differenza tra *stato quantistico* e *livello di energia*;
 - definire il concetto di degenerazione dei livelli energetici.
8. Come è definita e cosa rappresenta fisicamente la “forza di barriera” di una barriera di potenziale che si oppone al moto di un elettrone libero?
9. In termini fisici, cosa significa dire che, assegnata una certa barriera di potenziale, il suo coefficiente di trasmissione vale $T(E) = 0.67$ se gli elettroni vi incidono con energia E ?
10. Il numero di livelli energetici disponibili in un gas di elettroni liberi cresce all'aumentare dell'energia degli elettroni stessi e all'aumentare del volume del gas stesso. Spiegare questi due fatti.

11. Se $\mathcal{D}(E)$ è la densità di stati (per unità di volume) di un gas di elettroni liberi, che significato fisico ha la quantità $\mathcal{D}(E)dE$?
12. Discutere le principali proprietà quantistiche di un gas di elettroni liberi in tre dimensioni a temperatura finita.
13. Si consideri un gas di elettroni liberi, ma confinati dentro un materiale (il cui numero di elettroni per unità di volume è pari a n_0) di volume V . Dire quale delle seguenti affermazioni è giusta e quale è sbagliata, spiegando il perché:
 - è possibile definire rigorosamente l'energia di Fermi solo a $T = 0K$;
 - l'energia di Fermi dipende da V occupato dal materiale considerato;
 - l'energia di Fermi dipende dalla densità n_0 di elettroni;
 - l'energia di Fermi è una funzione della temperatura.
14. Chiarire la relazione esistente tra *grado di libertà di spin* e *momento magnetico* di un elettrone.
15. Enunciare in due diversi modi il principio di Pauli e dimostrare che i due modi non sono in contrasto.
16. Descrivere per quale motivo si scrive la funzione d'onda di un sistema di elettroni in forma di determinante di Slater.
17. Studiare l'andamento della legge di Fermi-Dirac nel limite di altissime temperature e confrontarlo con la legge di Boltzmann. Commentare il risultato.
18. In cosa consiste il fenomeno dell'eccitazione termica in un gas di elettroni all'equilibrio alla temperatura $T > 0$ K?
19. Dimostrare che l'ampiezza dell'intervallo di energie in corrispondenza del quale la funzione di Fermi-Dirac a $T > 0$ K si discosta dal comportamento a gradino tipico della temperatura nulla è $\sim k_B T$.
20. Definire il potenziale chimico, l'energia di Fermi e la relazione che tra essi sussiste.

Nota - I quesiti proposti trovano risposta nel Capitolo 2 del manuale.
