

Istituzioni di Fisica della Materia

Alcuni esercizi preparatori alla prova scritta finale - Lorenzo Marrucci, 13/6/2002

Ricordate: la prova consisterà di due esercizi, un test di domande a risposta veloce, e un quesito che richiede una risposta scritta di circa mezza pagina. Esempi di quesiti li trovate qui e nel precedente gruppo di esercizi preparatori alla seconda prova. Per i test, vi consiglio di rivedere tutti quelli dati durante l'anno (a partire dall'inizio della Mecc. Quant.), per verificare se siete preparati. Esempi di esercizi sono qui di seguito, negli esercizi preparatori alla seconda prova intercorso, e negli esercizi assegnati come lavoro a casa.

- 1) Determinate le 2 lunghezze d'onda più grandi possibili di assorbimento o emissione per un sistema di 5 elettroni non interagenti confinati in una buca di potenziale quadrata infinita, di larghezza $L=3\text{\AA}$, tenendo conto dello spin.
- 2) In una buca di potenziale cubica 3D di lato $L=2\text{\AA}$, contenente un solo elettrone nello stato determinato dai numeri quantici $(n_1, n_2, n_3) = (2, 1, 1)$, determinate la probabilità di trovare l'elettrone in un volumetto piccolo $dV=0.1\text{\AA}^3$ centrato al centro della buca (a), e nel punto di coordinate $(x, y, z) = (1.5, 1, 1)\text{\AA}$ [la buca è compresa nella regione $0 < x < L$, $0 < y < L$, e $0 < z < L$]. Nello stesso stato, qual è la posizione media $(\langle x \rangle, \langle y \rangle, \langle z \rangle)$ dell'elettrone?
- 3) In un potenziale $U(x)$ caratteristico di un oscillatore armonico quantistico con frequenza angolare propria $\omega=10^{15}\text{ rad/s}$ si trovano due elettroni. Trascurando le interazioni tra i due elettroni e lo spin (ad esempio perché un campo magnetico forte fa sì che solo il numero quantico $m_s=1/2$ sia presente), determinate: (a) la configurazione elettronica dello stato fondamentale, (b) l'energia corrispondente, e (c) la funzione d'onda del sistema di due elettroni.
- 4) Determinate la configurazione elettronica dello stato fondamentale del sodio (Na, $Z=11$), e la configurazione elettronica di 3 stati eccitati possibili. L'ultimo elettrone del sodio risente di un potenziale schermato dagli altri elettroni. Approssimando questo potenziale con quello di un atomo idrogenoide, calcolare la lunghezza d'onda di emissione associata ai primi due stati eccitati dell'elettrone, e il potenziale di ionizzazione (energia necessaria per strappare l'elettrone all'atomo).
- 5) Determinate la configurazione elettronica dello stato fondamentale del fluoro (F, $Z=9$) e di due possibili stati eccitati che ritenete siano quelli di energia più bassa.
- 6) Calcolate la probabilità di trasmissione e di riflessione per un gradino di potenziale alto $U_0 = 10\text{ eV}$ per un elettrone incidente di energia pari a: (a) $E=5\text{ eV}$, (b) $E=20\text{ eV}$; in entrambi i casi determinare la funzione d'onda dell'elettrone in tutto lo spazio (1D).
- 7) Descrivete l'effetto fotoelettrico, con i principali risultati sperimentali, e la loro interpretazione "quantistica" da parte di Einstein (mezza pagina, esclusi i grafici).
- 8) Descrivete l'idea di de Broglie, di come essa sia collegata al modello atomico di Bohr, e accennate agli esperimenti che l'hanno confermata successivamente (mezza pagina).
- 9) Enunciate il postulato di simmetrizzazione, e come da esso si arrivi al principio di esclusione di Pauli (mezza pagina).
- 10) Discutete come la tavola periodica degli elementi discenda dalle proprietà elettroniche degli atomi ed in particolare dalla configurazione elettronica (mezza pagina).
- 11) Utilizzando il postulato di simmetrizzazione per il caso dei fermioni, dimostrate che due elettroni con lo stesso spin hanno una densità di probabilità nulla di trovarsi nello stesso posto (mezza pagina). Questo fenomeno, strettamente legato al principio di esclusione di Pauli, è alla base dell'impenetrabilità dei corpi materiali.