

Física Moderna 2 — Lista 2

Questões elaboradas:

1. O que é degenerescência? O que é degenerescência de troca? Dê exemplos.
2. Para um sistema de 2 elétrons temos duas autofunções correspondentes ao mesmo autovalor E dadas por:

$$\Psi_S = (1/2)^{1/2} [\Psi_\alpha(1)\Psi_\beta(2) + \Psi_\beta(1)\Psi_\alpha(2)]$$

$$\Psi_A = (1/2)^{1/2} [\Psi_\alpha(1)\Psi_\beta(2) - \Psi_\beta(1)\Psi_\alpha(2)]$$

onde α e β representam estados de spin e os índices S (simétrica) e A (antissimétrica) são relativos à simetria das autofunções.

- a) Mostre a simetria das autofunções com permutações das partículas.
 - b) Mostre, para ambas as funções, que a densidade de probabilidade não se altera com a permutação das partículas.
3. Enuncie o princípio de exclusão de Pauli. Utilizando esse princípio, faça um diagrama com as possíveis configurações de “spins” para um átomo de 2 elétrons (use a notação $\uparrow \rightarrow 1/2$ e $\downarrow \rightarrow -1/2$).
 4. Descreva sucintamente as aproximações feitas na Teoria de Hartree para resolver sistemas de átomos multieletrônicos.

Eisberg & Resnick, Cap. 11. Questões: 1, 3, 4, 7, 11, 13, 17, 21, 23, 24, 26. Problemas: 23 e 24.

1. A energia de Fermi do cobre a 300 K é 7,05 eV. Determine: **a)** a energia média de um elétron de condução do cobre; **b)** a temperatura na qual a energia média de uma molécula de gás ideal seria a mesma que a obtida em **a)**.
2. A energia de Fermi do alumínio é 11,63 eV. Assumindo que o modelo de gás de elétrons livres seja aplicável ao alumínio, determine: **a)** o número de elétrons livres por unidade de volume a temperaturas muito baixas; **b)** a valência do alumínio, dividindo a resposta de **a)** pelo número de átomos de Al por unidade de volume ($\rho_{Al} = 2,7 \text{ g/cm}^3$ e $M_{Al} = 27 \text{ g}$).
3. Átomos de He têm spin 0 e portanto são bósons. **a)** Devemos usar a distribuição de Bose-Einstein para descrever o gás He em CNPT, ou a de Boltzmann é suficiente? **b)** o He torna-se líquido, com uma densidade de $0,145 \text{ g/cm}^3$, a 4,2 K e pressão atmosférica. E nesse caso, precisamos da distribuição de Bose-Einstein ou não?

4. No Hg, a diferença de energia entre o primeiro estado excitado e o fundamental é 4,86 eV. Se uma amostra de Hg vaporizado em uma chama contém 10^{20} átomos em equilíbrio térmico a 1600 K, calcule: **a)** o número de átomos nos estados $n = 1$ (fundamental) e $n = 2$ (primeiro excitado), usando o fator de Boltzmann e assumindo o mesmo peso estatístico para ambos; **b)** a potência emitida pelos fótons emitidos na transição $2 \rightarrow 1$, se a meia-vida, $T_{1/2}$, do estado $n = 2$ é 100 ns. Lembre-se: $P_{transição} = 1/T_{1/2}$ e o número de fótons emitidos por unidade de tempo é $nP_{transição}$.
5. Por que um material, para poder ser usado como laser, deve ter pelo menos 3 níveis de energia?
6. Por que é necessário o uso de uma fonte luminosa para bombear energia em um laser?
7. Considere um laser pulsado que usa um cristal de rubi como elemento ativo. O cristal (Al_2O_3) contém impurezas de Cr^{3+} , que dão ao rubi sua cor vermelha. Suponha que essas impurezas configurem um sistema de 3 níveis cuja população é invertida e que a luz laser seja emitida em pulsos de 50 ns. O cristal de rubi contém 3×10^{19} íons de Cr^{3+} . Se o comprimento de onda da luz emitida é 694,4 nm, determine: **a)** a energia dos fótons em eV; **b)** a energia total disponível em cada pulso, assumindo todos os íons Cr^{3+} no estado excitado; **c)** a potência por pulso; **d)** explique porque a potência obtida na prática é muito inferior à obtida em **c)**.
8. Para um gás ideal em equilíbrio térmico, qual é a fração de moléculas cujas velocidades diferem em menos de 1% da velocidade mais provável v_p ? Note que podemos aproximar $\Delta v \approx dv$, neste caso.
9. Um sistema composto de N partículas idênticas tem distribuição de velocidades dada por $dN_V = a v dv$, onde dN_V é o número de partículas com velocidade entre v e $v+dv$, e a é uma constante. As velocidades variam entre 0 e V.
- Encontre a constante a em termos de N e V.
 - Calcule v_m (velocidade média), v_{qm} (velocidade quadrática média) e v_p (velocidade mais provável) em termos de V.
 - Calcule a porcentagem de partículas com velocidade entre v_m e V.
 - Calcule a porcentagem de partículas com velocidade entre v_{qm} e V.