Universidade de São Paulo em São Carlos   Lista 1, resolver até 14.8.2015

SPI5814 Física atômica e molecular

Nome:

Espalhamento de Rutherford

a. Um feixe de partículas α de energia 3 MeV e intensidade $5 \cdot 10^3$ s^{-1} impinge numa película de ouro de espessura $x = 1$ mm. Usando a formula de Rutherford calcule quantas partículas são espalhadas em 10 minutos dentro do intervalo angular $10° \leq \theta \leq 30°$.
b. A película de ouro seja substituída por uma película de alumínio com a mesma espessura. Quantas partículas α são espalhadas, se as outras condições ficam iguais?

Espalhamento de Rutherford

a. Quais conclusões podem ser deduzidas à partir da observação que a formula de Rutherford descreve bem o espalhamento de partícula carregadas na transição através de matéria numa grande faixa de parâmetros?
b. Porque observa-se um desvio da formula de Rutherford para grandes energias?
c. O espalhamento de protons com a energia E numa fina película de thorium é bem descrita até energias de $E = 4.3$ MeV pela formula de Rutherford. Faz para este caso uma estimativa do alcance das forças nucleares.
d. No espalhamento para pequenos ângulos θ observa-se grandes desvios da formula de Rutherford. Explique porque?

Momentos magnéticos

a. Derive com a eletrodinâmica clássica como o momento magnético dipolar $\vec{\mu}$ devido à órbita do elétron é ligado ao momento angular $\mathbf{L}$.
b. O comprimento do vetor do momento angular sendo dado por $|\mathbf{L}| = \hbar$, calcule o momento magnético para um elétron e para um próton.

Realidade dos autovalores

Demonstre que os autovalores de uma observável são reais.

Ortogonalidade

Demonstre que dois autovetores de um operador hermiteano associados a dois autovalores diferentes são ortogonais.

Molécula de amônia

Considere os dois estados $|1\rangle$ e $|2\rangle$ da molécula de amônia ilustrados embaixo. Suponha que eles estão ortonormalizados, $\langle i|j\rangle = \delta_{ij}$, e que apenas esses dois estados sejam acessíveis ao sistema, de forma que podemos descrevê-lo usando a base formada por $|1\rangle$ e $|2\rangle$. Nessa base o hamiltoniano H do sistema é dado por

$$H = \begin{pmatrix} E_0 & -E_1 \\ -E_1 & E_0 \end{pmatrix} .$$

a. Se inicialmente o sistema estiver no estado $|1\rangle$, ele permanecerá nesse estado em um instante posterior? E se estiver no estado $|2\rangle$?
b. Obtenha os autovalores E_I e E_{II} e os respectivos autovetores $|I\rangle$ e $|II\rangle$ de H, expressando os em termos de $|1\rangle$ e $|2\rangle$.
c. Qual a probabilidade de medirmos uma energia E_I no estado seguinte

$$|\psi\rangle = \tfrac{1}{\sqrt{5}}|1\rangle - \tfrac{2}{\sqrt{5}}|2\rangle .$$

d. Baseado no resultado acima, podemos prever pelo menos uma frequência de emissão de radiação eletromagnética possível para uma amostra de amônia. Qual é essa frequência?

Elétron na caixa

Considere um elétron numa "caixa unidimensional", isto é, num poço infinito de largura a na direção x. Quando um campo uniforme $\mathcal{E}$ é ligado também na direção x, o elétron experimenta uma força igual a $-e\mathcal{E}$, sendo $-e$ a carga do elétron, de forma que a energia potencial no interior da caixa torna-se $e\mathcal{E}x$.
a. Qual a energia do estado fundamental do elétron (em aproximação de primeira ordem)? Podemos assumir que $e\mathcal{E}a$ seja muito menor que a energia do estado fundamental do elétron na caixa, na ausência do campo elétrico.
b. Utilize a TPID em primeira ordem para obter uma aproximação para a função de onda do estado fundamental, calculando o primeiro termo da correção.