

Introdução a Física Moderna Conjunto 9

Para discutir na aula TP de 6 janeiro 2021

1. Considere um neutrão localizado dentro do núcleo dum átomo.
(a) Se o núcleo tiver uma dimensão de $6 \times 10^{-15} \text{m}$, qual é a incerteza resultante do seu momento linear?

Resposta: O princípio de incerteza de Heisenberg implica que a incerteza mínima no momento linear é $\Delta p = \hbar / (2\Delta x) \approx 8.8 \times 10^{-21} \text{kgm/s}$

Se o núcleo estiver em repouso podemos concluir que o valor médio do momento linear do neutrão é nulo (porque?).

Se $\langle p \rangle$ não for 0 o neutrão iria separar do núcleo.

Uma vez que $(\Delta p)^2 = \langle p^2 \rangle - \langle p \rangle^2$ onde $\langle \rangle$ representa o valor médio, podemos usar o valor na alínea anterior para estimar a energia cinética em média do neutrão. Qual é o valor que resulta (em eV)? Nota que este valor é significativamente superior as energias típicas dos eletrões nos átomos o que indique que as forças nucleares responsáveis para manter os nucleões juntos são bastante fortes.

Resposta: a energia cinética é $E = \frac{1}{2}mv^2 = p^2 / 2m$

$$\begin{aligned}\langle E \rangle &= \langle p^2 \rangle / 2m = \Delta p^2 / 2m \\ &= (8.8 \times 10^{-21} \text{kgm/s})^2 / 2(1.67 \times 10^{-27} \text{kg}) \\ &\approx 2.3 \times 10^{-14} \text{J} \approx 144 \text{keV}\end{aligned}$$

2. O eletrão num átomo de hidrogénio se encontra num estado com o número principal quântico, $n=3$.
(a) Na descrição quântica do átomo (com os 4 números quânticos n, L, m_L e S_z) qual é o valor máximo que o momento angular orbital pode assumir?

Resposta: L é sempre menor ou igual á $n-1$, $L_{\text{max}} = 2$

No modelo vetorial a grandeza do momento angular orbital é de $\hbar\sqrt{L(L+1)}$ ou que neste caso dá $\hbar\sqrt{6}$

(b) Calcule a diferença em percentagem entre esta valor máximo e o valor assumindo no modelo de Bohr.

Resposta: a diferença em percentagem entre $L_{\text{max}}=2$ e $L=3$ é - 33% ou se usamos a grandeza vetorial $(\sqrt{2(2+1)}-3)/3 \approx -18\%$.

3. Uma casca atômica (definida pelos valores do número principal quântico e o momento angular orbital total L) dum átomo contém 9 elétrons. Quais são os valores mínimos possíveis para n e L ?

Resposta: O número de espaços disponíveis em cada casca atômica é $2*(2L+1)$ onde o fator 2 vem da contribuição do spin e o fator $2L+1$ vem da contribuição das projeções possíveis no eixo dos z do momento angular orbital.

Queremos que $2*(2L+1) \geq 9$ ou $L \geq (9/2-1)/2=1.75$, logo L tem ser pelo menos 2 (pois L é inteiro). Como $L_{\max} = n-1$, n terá ser no mínimo 3.