

Física Moderna 2 — Lista 1

Eisberg & Resnick, Cap. 8. **Questões:**

1. Por que, ao discutirmos as figuras 8-1 e 8-4, falamos em pólos magnéticos fictícios?

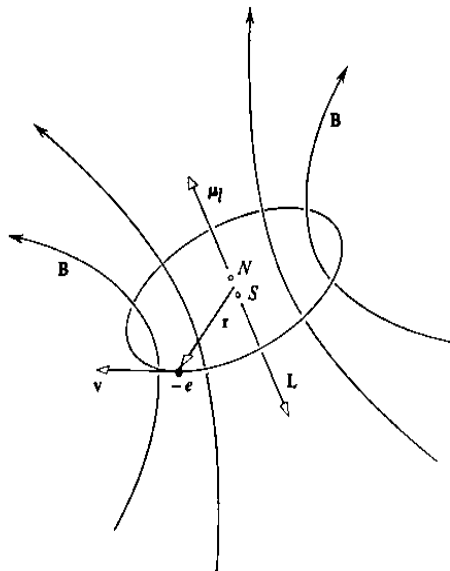


FIGURA 8-1. O momento angular orbital L e o momento de dipolo magnético orbital μ_l de um elétron $-e$ que se move numa órbita de Bohr. O campo magnético B produzido pela carga que circula aparece indicado pelas linhas curvas. O dipolo magnético fictício que produziria um campo

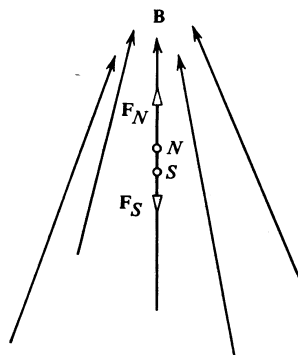


FIGURA 8-4. As forças F_N e F_S agem nos pólos do dipolo magnético fictício, equivalente ao elétron em órbita circular da figura 8-3, situado numa região onde o campo aplicado B é convergente. Como F_N é mais intensa do que F_S , a força resultante atuando sobre o dipolo tem a direção onde B torna-se mais intenso. Essa situação talvez seja familiar para o estudante no caso em que o campo e o momento de dipolo são elétricos e não magnéticos.

2. Por que o torque que atua sobre um dipolo magnético num campo magnético faz o dipolo precessionar em torno do campo em vez de alinhá-lo ao campo?
3. Exatamente por que concluímos que os números quânticos de spin são semi-inteiros?
4. É justo criticar a mecânica quântica de Schrödinger por não prever o spin do elétron?

5. Explique em termos simples por que um elétron num átomo de hidrogênio está submetido a um campo magnético. Este campo existe em todo e qualquer estado quântico?
6. O que é exatamente a interação spin-órbita? Como ela leva ao desdobramento de estrutura fina observado nas linhas espectrais do átomo de H?
7. Quando se considera a interação spin-órbita, diz-se às vezes que m_l e m_s não são mais “bons números quânticos”. Explique por que tal terminologia é apropriada. Quais são os bons números quânticos quando a interação spin-órbita é levada em conta?
8. Quais são os bons números quânticos para um átomo de um só elétron num campo magnético externo que, comparado ao campo interno, é muito fraco? E muito forte?
9. Por que a interação spin-órbita é particularmente sensível à forma do potencial $V(r)$ para pequenos valores de r ? Como pode isto ser utilizado para o estudo experimental dos potenciais dos átomos multieletrônicos?
10. Qual a relação existente entre emissão espontânea e estimulada?
11. Todos os átomos levam o mesmo tempo para realizarem uma transição entre um certo par de níveis?

Problemas:

1. Use o procedimento do exemplo 8.3 (pag. 360) para estimar a energia de interação spin-órbita no estado $n = 2$ e $l = 1$ de um átomo muônico, definido no exemplo 4-9.
2. Enumere os possíveis valores de j e m_j para os estados onde $l = 3$ e $s = \frac{1}{2}$.

Eisberg & Resnick, **Cap. 9, questões:** 1, 4, 5, 7-9, 11-15, 18-20.

Cap. 10, questões: 3, 5, 8 e 17.

Questões elaboradas:

1. Quais são os números quânticos que necessariamente caracterizam qualquer estado quântico de uma partícula, sujeita a um potencial central, com energia bem definida, segundo a mecânica de Schrödinger? Diga que grandezas físicas estão associadas a cada um destes números, e que valores eles podem ter.

2. Para estados atômicos com $l = 0$, a densidade de probabilidade $|\psi|^2$ é máxima na origem. No entanto, a probabilidade de encontrar o elétron a uma certa distância do núcleo, $P(r)$, vai a zero quando $r \rightarrow 0$. Explique.
3. No estado fundamental do átomo de hidrogênio, as energias cinética e potencial do elétron são mal definidas, enquanto a energia total é bem definida (todas as medidas dão o mesmo valor). Explique.
4. A função de onda normalizada para o estado fundamental do átomo de hidrogênio é:

$$\psi(r, \theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{a_0} \right)^{3/2} e^{-r/a_0}$$
, onde r é a coordenada radial e a_0 o raio de Bohr. **a)** Esboce $\psi(r)$ x r ; **b)** mostre que $P(r)dr = |\psi(r)|^2 4\pi r^2 dr$; **c)** Esboce $P(r)$ x r e determine o raio em que é mais provável encontrar o elétron; **d)** mostre que a função de onda dada é normalizada; **e)** determine a probabilidade de encontrar o elétron na região $a_0/2 < r < 3a_0/2$.
5. Porque são necessários 3 números quânticos para descrever o estado de um átomo monoelétrônico e 4 para o de um átomo multieletrônico?
6. Porque a direção do momento angular orbital de um elétron é oposta à de seu momento de dipolo magnético?
7. Porque, no experimento de Stern-Gerlach, é usado um campo magnético não homogêneo?
8. No experimento de Stern-Gerlach poderiam ser usados íons em vez de átomos neutros?
9. Porque o Lítio, o Potássio e o Sódio exibem propriedades químicas semelhantes?
10. Uma energia de 21 eV é necessária para excitar um elétron de um átomo de He do estado $1s$ para o $2s$. A mesma transição, no íon He^+ , requer aproximadamente o dobro de energia. Explique.
11. O acoplamento spin-órbita quebra a degenerescência de todos os estados, menos os s . Porque eles são exceção?