

## Estrutura da Matéria II

1a LISTA

II/2018

- 1) Calcule, em elétron-volts, as energias dos três níveis,  $n = 1, 2$  e  $3$ , do átomo de hidrogênio. Em seguida, calcule as frequências, em hertz, e os comprimentos de onda, em angstroms, dos fótons que podem ser emitidos pelo átomo em transições entre estes níveis. Em que região do espectro eletromagnético estão eles?
  
- 2) Calcule a posição na qual a densidade de probabilidade radial é máxima para o nível  $n = 2$  e  $l = 1$  do átomo de hidrogênio. Em seguida calcule o valor esperado da coordenada radial neste estado. Explique a diferença entre estes dois resultados.
  
- 3) Encontre o valor esperado  $\bar{V}$  da energia potencial no estado fundamental do átomo de hidrogênio. Mostre ainda que neste estado temos  $E = \bar{V}/2$ , onde  $E$  é a sua energia total. Use a relação  $E = K + V$  para calcular o valor esperado  $\bar{K}$  da energia cinética do átomo neste estado e mostre que  $\bar{K} = -\bar{V}/2$ . Estas relações podem ser obtidas em qualquer estado, clássico ou quântico, em um potencial da forma  $V(r) \propto -1/r$ . Isso é muitas vezes chamado de o *teorema virial*.
  
- 4) Mostre que a soma das densidades de probabilidade para os níveis correspondentes a  $n = 3$  do átomo de hidrogênio é esfericamente simétrica.
  
- 5) Considere a probabilidade de se encontrar o elétron do átomo de hidrogênio dentro de um cone de semiângulo  $23,5^\circ$  cujo eixo é a direção  $\hat{z}$  ("região polar ártica"). Se o elétron fosse igualmente provável de ser encontrado em qualquer ponto do espaço, qual seria a probabilidade de encontrá-lo na região polar ártica? Suponha que o elétron esteja no estado

$n = 2$ ,  $l = 1$  e  $m_l = 0$  e recalcule a mesma probabilidade da questão anterior.

6) Todas as quatro funções  $e^{im_l\varphi}$ ,  $e^{-im_l\varphi}$ ,  $\cos m_l\varphi$  e  $\sin m_l\varphi$  são soluções da equação diferencial para a parte angular  $\Phi(\varphi)$  da função de onda  $\psi(\mathbf{r})$  do átomo de hidrogênio. Quais delas são autofunções do operador  $L_z$ ? Interprete seus resultados.

7) Supondo que um elétron se comporte como uma esfera de raio  $10^{-15}\text{m}$ , use o módulo do spin  $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar = (3/4)^{1/2}\hbar$  para calcular a velocidade tangencial de um ponto situado do equador do elétron. Compare seu resultado com a velocidade da luz.

8) Em um experimento de Stern-Gerlach, são usados átomos de hidrogênio no estado fundamental com uma velocidade  $v_x = 14,5 \text{ km/s}$ . O campo magnético é paralelo ao eixo  $\hat{\mathbf{z}}$  e seu gradiente máximo é  $dB/dz = 600 \text{ T/m}$ . Determine a aceleração máxima dos átomos do feixe. Se a largura da região onde existe campo é  $\Delta x = 75\text{cm}$  e os átomos percorrem uma distância adicional de  $1,25\text{m}$  até chegarem ao detector, determine a distância máxima entre as duas linhas nele observadas.