

## Capítulo 39(41): A Natureza Ondulatória das Partículas

- Número de aulas: 3 aulas
- Seções do livro texto: 39.3 (41.4) *Probabilidade e Incerteza* e 39.5 (41.6) *A Função de Onda e a Equação de Schrödinger*.
- Exercícios sugeridos: 39.22(41.16), 39.24(41.14), 39.26(41.18), 39.29(41.25), 39.48(41.36), 39.52(41.40), 39.66(41.52), 39.70(41.56).

**39.22** a) A incerteza na medida da coordenada  $x$  da posição de um elétron é 0,20 nm. Qual é o componente  $x$  da velocidade  $v_x$  do elétron, sabendo que a porcentagem da incerteza mínima para medir simultaneamente a posição e a velocidade  $v_x$  é igual a 1,0%?  
b) Repita o item (a) para um próton.

**39.24** a) A incerteza na medida da coordenada  $y$  da posição de um próton é igual a  $2,0 \times 10^{-12}$  m. Qual é a incerteza mínima para se medir simultaneamente a posição e a componente  $y$  da velocidade do próton? b) A incerteza na medida da componente  $z$  da velocidade de um elétron é igual a 0,250 m/s. Qual é a incerteza mínima para medir simultaneamente a velocidade e a coordenada  $z$  do elétron?

**39.26** **Vida média de uma partícula.** A partícula instável  $W^+$  possui energia de repouso igual a 80,41 GeV ( $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$ ) e a incerteza na energia de repouso é 2,06 GeV. Estime a vida média de uma partícula  $W^+$ .

**39.29** Considere uma função de onda dada por  $\psi(x) = A \sin kx$ , onde  $k = 2\pi/\lambda$  e  $A$  é uma constante real. a) Para quais valores de  $x$  ocorre a probabilidade máxima de encontrar a partícula descrita por essa função de onda? Explique. b) Para quais valores de  $x$  a probabilidade é igual a zero? Explique.

**39.48** Suponha que a incerteza na posição de um elétron seja igual ao raio da órbita  $n = 1$  do modelo de Bohr do átomo de hidrogênio. Calcule a incerteza mínima na determinação do componente correspondente do momento linear e compare o resultado com o módulo do momento linear do elétron na órbita  $n = 1$  do modelo de Bohr do átomo de hidrogênio. Discuta seus resultados.

**39.52** No cinescópio de uma TV, a voltagem de aceleração é igual a 15,0 kV; o feixe de elétrons passa através de uma abertura de 0,50 mm de diâmetro e atinge uma tela situada a uma distância de 0,300 m da abertura. a) Calcule a incerteza no componente da velocidade do elétron perpendicular à reta entre a abertura e a tela. b) Qual é a incerteza na localização do ponto onde o elétron atinge a tela? c) O efeito da incerteza afeta significativamente a nitidez da imagem? (Use expressões não-relativísticas para o movimento dos elétrons. Isso fornece uma precisão bastante boa e certamente é adequado para a estimativa dos efeitos da incerteza.)

**39.66** Uma partícula é descrita por uma função de onda normalizada dada por  $\psi(x, y, z) = A x e^{-\alpha x^2} e^{-\beta y^2} e^{-\gamma z^2}$ , onde  $A$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são constantes positivas reais. A probabilidade de que a partícula seja encontrada no volume infinitesimal  $dx dy dz$  centralizado no ponto  $(x_0, y_0, z_0)$  é dada por  $|\psi(x_0, y_0, z_0)|^2 dx dy dz$ . a) Em que valores de  $x_0$  é mais provável encontrar a partícula? b) Existem valores de  $x_0$  em que a probabilidade de encontrar a partícula seja igual a zero? Caso existam, quais são esses valores de  $x_0$ ?

**39.70** De acordo com a mecânica quântica, a natureza ondulatória das partículas faz com que partículas encerradas em uma caixa possuam apenas comprimentos de onda que resultam de ondas estacionárias na caixa, e as paredes da caixa são necessariamente nós dessas ondas. a) Mostre que um elétron confinado em uma caixa de comprimento  $L$  em uma dimensão possui níveis de energia dados por

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$$

(*Sugestão:* lembre que a relação entre o comprimento de onda de De Broglie e a velocidade de uma partícula não-relativística é dada por  $m v = h/\lambda$ . A energia de uma partícula é dada por  $\frac{1}{2} m v^2$ .) b) Se um átomo de hidrogênio for imaginado como uma caixa em uma dimensão cujo comprimento seja igual ao raio de Bohr, qual será a energia (em elétrons-volt) do nível mais baixo de energia do elétron?