

## Fótons e ondas de matéria

1. Um detector de luz (o olho humano) tem uma área de  $2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  e absorve 80% da luz incidente, cujo comprimento de onda é 500 nm. O detector é colocado diante de uma fonte luminosa isotrópica, a 3 m da fonte. Se o detector absorve fótons à taxa de  $4 \text{ s}^{-1}$ , qual é a potência da fonte?
2. Uma lâmpada de sódio de 100 W ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) irradia energia uniformemente em todas as direções. (a) Quantos fótons por segundo são emitidos pela lâmpada? (b) A que distância da lâmpada uma tela totalmente absorvente absorve fótons à taxa de 1 fóton/cm . s? Qual é o fluxo de fótons (fótons por unidade de área e por unidade de tempo) em uma pequena tela situada a 2 m da lâmpada?
3. (a) Se a função trabalho de um certo metal é 1,8 eV, qual é o potencial de corte dos elétrons ejetados quando uma luz com um comprimento de onda de 400 nm incide no metal? (b) Qual é a velocidade máxima dos elétrons ejetados?
4. Um feixe de raios-X com um comprimento de onda de 71 pm incide em uma folha de ouro e ejeta elétrons firmemente presos aos átomos de ouro. Os elétrons ejetados descrevem órbitas circulares de raio  $r$  na presença de um campo magnético uniforme  $\mathbf{B}$ . para os elétrons ejetados de maior velocidade, o produto  $Br = 1,88 \times 10^{-4} \text{ T.m}$ . Determine (a) a energia cinética máxima dos elétrons; (b) o trabalho executado para remover esses elétrons dos átomos de ouro.
5. Um fóton sofre espalhamento Compton por parte de um elétron livre estacionário. O ângulo de espalhamento é  $90^\circ$  em relação à direção inicial e o comprimento de onda inicial é 3 pm. Qual é a energia cinética do elétron?
6. Considere uma colisão entre um fóton de raios-X de energia inicial 50 keV e um elétron em repouso na qual o fóton é espalhado para a frente. (a) Qual é a energia do fóton espalhado? (b) Qual é a energia cinética do fóton espalhado?
7. A resolução de um microscópio eletrônico (menor dimensão linear que pode ser observada) é igual ao comprimento de onda dos elétrons. Qual é a tensão de aceleração dos elétrons necessária para que um microscópio eletrônico tenha a mesma resolução que um microscópio óptico operando com raios gama de 100 keV?
8. Calcule o comprimento de onda de (a) um fóton com uma energia de 1 eV; (b) um elétron com uma energia de 1 eV; (c) um fóton com uma energia de 1 GeV; (d) um elétron com uma energia de 1 GeV.
9. A função  $\psi(x) = \psi_0 e^{ikx}$  descreve uma partícula livre para a qual foi suposto que  $U(x) = 0$  na equação de Schrödinger:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} [E - U(x)]\psi = 0. \quad (1)$$

Suponha que  $U(x) = U_0$ , onde  $U_0$  é uma constante. Mostre que  $\psi(x) = \psi_0 e^{ikx}$  continua a ser uma solução de (1), mas o valor do número de onda angular  $k$  da partícula passa a ser:

$$k = \frac{2\pi}{h} \sqrt{2m(E - U_0)}. \quad (2)$$

10. A Fig. 1 mostra um caso em que a componente  $p_x$  do momento de uma partícula é dada e, portanto,  $\Delta p_x = 0$ . De acordo com o princípio da incerteza de Heisenberg, isso significa que a posição  $x$  da partícula é totalmente indeterminada. A recíproca também é verdadeira: se a posição da partícula é conhecida com precisão absoluta ( $\Delta x = 0$ ), a indeterminação do momento é infinita. Considere um caso intermediário no qual a posição de uma partícula é medida com uma indeterminação (incerteza) da ordem de  $\lambda/2\pi$ , onde  $\lambda$  é o comprimento de onda de de Broglie da partícula.

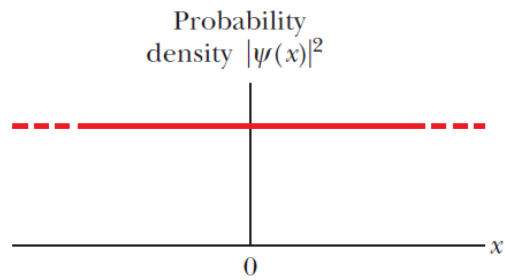


Figura 1: Problema 10.

Mostre que, nesse caso, a indeterminação da componente  $p_x$  do momento (medida simultaneamente) é igual ao próprio momento, isto é, que  $\Delta p_x = p$ . Nessas circunstâncias, seria surpreendente que o momento da partícula fosse zero?  $0.5p$ ?  $2p$ ?  $12p$ ?

11. Prótons de 3 MeV incidem em uma barreira de energia potencial de 10 fm de espessura e 10 MeV de altura. Determine (a) o coeficiente de transmissão  $T$ ; (b) a energia cinética  $K_t$ , dos prótons que atravessam a barreira por efeito túnel; (c) a energia cinética  $K_r$ , dos prótons que são refletidos pela barreira. Dêuterons (partículas com a mesma carga que o próton e uma massa duas vezes maior) de 3 MeV incidem na mesma barreira. Determine os valores de (d)  $T$ , (e)  $K_t$  e (f)  $K_r$  para este caso.

## Lista 5- Fótons e ondas de matéria

1. 7,01 eV/s.

2.

a)  $2,966 \cdot 10^{20}$  fótons por segundo.

b)

i –  $4,86 \cdot 10^7$  m

ii –  $5,9 \cdot 10^{18}$  fótons/m<sup>2</sup>s

3.

a) 1,305V

b)  $6,8 \cdot 10^5$  m/s

4.

a)  $K_{\text{máx}} = 3,093$  KeV

b) 13,9 KeV

5.  $1,85 \cdot 10^5$  eV

6.

a) 41,81 KeV

b) Como o fóton não tem massa, toda sua energia é cinética.  $K = 4,181$  KeV

7.  $9,76 \cdot 10^3$  V

8.

a) 1,24  $\mu\text{m}$

b) 1,23 nm

c) 1,24 fm

d) 1,2 fm

9. Demonstração

10. Esperaríamos que  $p$  estivesse entre 0 e  $2p$ , qualquer valor for a deste intervalo seria surpreendente.

11.

a)  $9,02 \cdot 10^{-6}$    b) 3 MeV   c) 3 MeV   d)  $7,33 \cdot 10^{-6}$    e) 3 MeV   f) 3 MeV