

FÍSICA MODERNA

Respostas da Lista 7

1. (a) $\lambda = 6,63 \times 10^{-26}$ m. Impossível detectar.
(b) $\lambda = 0,055$ nm
(c) $K = 7,4 \times 10^{-6}$ eV

2. (a) $\lambda = 640$ fm
(b) $\lambda = 504$ fm
(c)

Energia	λ (elétron)	λ (fóton)
1 keV	0,0388 nm	1,24 nm
1 MeV	870 fm	1240 fm
1 GeV	1,239 fm	1,24 fm

3. (a) Para fótons, $\lambda = h/p = hc/E$; para elétrons, $\lambda = hc/(E^2 - (mc^2)^2)^{1/2}$
(b) $\lambda_f/\lambda_e = (E^2 - (mc^2)^2)^{1/2}/E = (1 - (mc^2/E)^2)^{1/2}$. Este valor é próximo de 1 se $E/mc^2 \gg 1$ e se aproxima de 1 se $E \rightarrow \infty$
4. (a) As cristas da onda $y(x,t) = A \sin(ax - bt)$ ocorrem quando o argumento do seno é $\pi/2, 5\pi/2$ e assim por diante. Vamos focalizar a crista em $\pi/2$, cuja posição x_c é determinada pela condição $ax_c - bt = \pi/2$, logo $x_c = (\pi/2 + bt)/a$. A taxa de variação de x_c – a velocidade desta fase – é portanto $dx_c/dt = b/a$.
(b) se o sinal da parte temporal do argumento do seno é trocado, raciocínio idêntico mostra que $dx_c/dt = -b/a$.
5. (a) $\Delta p \geq \hbar/(2 \Delta x) \rightarrow \Delta v \geq \hbar/(2m \Delta x) = 0,018c$
(b) $\Delta x \leq 1 \mu\text{m}$; como $\Delta p \geq \hbar/(2 \Delta x)$, $K \geq (\Delta p)^2/(2m) \geq \hbar^2/[8m(\Delta x)^2] \geq 2,3 \times 10^{-56}$ J
6. (a) $K_{\min} = \hbar^2/(2ma^2) = 0,85$ MeV
(b) Em 3 dimensões, $K = (p_x^2 + p_y^2 + p_z^2)/(2m)$. Cada um dos termos quadráticos tem o valor mínimo calculado no item (a), logo $K_{\min} = 2,5$ MeV.
7. O valor médio mínimo de p^2 é cerca de $[\hbar/(2\Delta x)]^2$. Logo, $(pc) \geq \hbar c/(2\Delta x) \approx 40$ MeV, e o valor mínimo de $E = [(pc)^2 + (mc^2)^2]^{1/2}$ também é cerca de 40 MeV.
8. (a) $v_{\text{esc}} = (2GM/R)^{1/2}$
(b) $M = Rc^2/(2G)$, e $E = Mc^2 = Rc^4/(2G)$. Mas $E \approx pc$ e, pelo princípio da incerteza, $p \geq \Delta p \geq \hbar/(2\Delta x) \approx \hbar/2R$. Logo, $E \approx pc \approx \hbar c/(2R)$. Igualando estas 2 expressões para E, vemos que $R \approx (G\hbar/c^3)^{1/2}$
(c) $R \approx 1,6 \times 10^{-35}$ m

(d) O diâmetro do próton é cerca de $2 \times 10^{-15} \text{ m} \approx 10^{20}$ comprimentos de Planck.

9. (a) $\Delta E \geq \hbar/(2\Delta t) = 3,3 \times 10^{-13} \text{ eV}$

(b) Diferenciando $\lambda = hc/E$ encontramos $\Delta\lambda = (hc/E^2)\Delta E = (\lambda^2/hc)\Delta E$ (como as incertezas são definidas como números positivos, omitimos o sinal negativo nesta expressão).

Logo, $\Delta\lambda = 8 \times 10^{-11} \text{ nm}$, e $\Delta\lambda/\lambda = 1,5 \times 10^{-13}$