

Mecânica Quântica – Série 2 – Soluções

Curso de Engenharia Biomédica – 2008/2009

Versão de 11/09/2008

2.1 Resposta no enunciado. Utilize o Mathematica para fazer os integrais.

2.2 Resposta no enunciado. Verifique as respostas com o Mathematica.

2.3 Resposta: $v_g = \frac{c}{\sqrt{1 + \omega_0^2/(k^2 c^2)}} < c$

2.4 Resposta no enunciado.

*2.5 Resposta: a) $\Delta x = 23$ m; b) $\Delta x = 10^{-3}$ m.

2.6 Resposta: $\sigma(t) = \sigma(0)$. Não há dispersão do grupo de ondas.

*2.7 Resposta: $\Delta E = 3.3 \times 10^{-8}$ eV.

*2.8 Resposta:

a) $\Delta E = 1.27 \times 10^{-14}$ MeV, $\Delta E/(m_{\pi^+} c^2) = 9 \times 10^{-17}$;

b) $\Delta E = 3.96 \times 10^{-6}$ MeV, $\Delta E/(m_{\pi^0} c^2) = 2.9 \times 10^{-8}$;

c) $\Delta E = 74.8$ MeV, $\Delta E/(m_p c^2) = 9.8\%$

2.9 Resposta:

$$\frac{dP(t)}{dt} = -\frac{\Gamma}{\hbar} P(t)$$

onde

$$P(t) = \int_{-\infty}^{\infty} dx P(x, t)$$

e $V = V_0 - \frac{i}{2}\Gamma$. A solução da equação é

$$P(t) = P(0) e^{-\frac{\Gamma}{\hbar}t}$$

e portanto o tempo de vida média é

$$\tau = \frac{\hbar}{\Gamma}$$

*2.10 Resposta: $N = \frac{1}{\sqrt{4\pi k}}$

*2.11 Resposta: $\langle x^{2n+1} \rangle = 0, \langle x^{2n} \rangle = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{\alpha^n} \Gamma(n + 1/2)$

2.12 Resposta: $\psi(p) = \frac{1}{\sqrt{\hbar}} \frac{1}{(\alpha\pi)^{1/4}} e^{-p^2/(2\alpha\hbar^2)}, \langle p \rangle = 0, \langle p^2 \rangle = \frac{\alpha\hbar^2}{2}$.

2.13 Resposta: $\Delta x \Delta p = \frac{\hbar}{2}$.

*2.14 Resposta: a) $A = \sqrt{3/b}$; c) $x = a$; d) $P = a/b$; e) $\langle x \rangle = 1/4(b + 2a)$.

***2.15** Resposta: a) $A = \sqrt{15/16a^5}$; b) $\langle x \rangle = 0$; c) $\langle p \rangle = 0$;

$$d) \phi(p) = \sqrt{\frac{15\hbar^5}{2\pi a^5}} \frac{1}{p^3} \left[\sin\left(\frac{pa}{\hbar}\right) - \frac{pa}{\hbar} \cos\left(\frac{pa}{\hbar}\right) \right]$$

***2.16** Resposta: a) $\langle x^2 \rangle = 1/7a^2$; b) $\langle p^2 \rangle = 5/2\hbar^2/a^2$; c) $\sigma_x = \sqrt{1/7} a$;

d) $\sigma_p = \sqrt{5/2} \hbar/a$; e) $\sigma_x\sigma_p = \sqrt{5/14} \hbar > 1/2 \hbar$.

2.17 Respostas: a), b) e c) dadas no enunciado; d) Não é quântico.