

# Mecânica Quântica – Série 2 – Soluções

Curso de Engenharia Tecnológica – 2009/2010

Versão de 25/09/2009

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.