

# Mecânica Quântica – Série 6

Curso de Engenharia Física Tecnológica – 2007/2008

(Versão de 08/10/2007)

6.1 *Gasiorowicz 6.1*

6.2 *Gasiorowicz 6.3*

6.3 *Gasiorowicz 6.4*

6.4 *Gasiorowicz 6.5*

6.5 *Gasiorowicz 6.11*

6.6 *Gasiorowicz 6.12*

6.7 *Adaptado de Griffiths 3.35*

Considere os estados coerentes do problema anterior.

a) Calcule, para estes estados,  $\langle x \rangle$ ,  $\langle x^2 \rangle$ ,  $\langle p \rangle$  e  $\langle p^2 \rangle$  e mostre que  $\Delta x \Delta p = \frac{\hbar}{2}$ , isto é a incerteza é mínima, tal como para estados gaussianos.

b) Introduza a dependência temporal

$$|n\rangle \rightarrow |n\rangle e^{-\frac{i}{\hbar} E_n t}$$

e mostre que o estado  $|\alpha(t)\rangle$  continua a ser um estado coerente, isto é,

$$A |\alpha(t)\rangle = \alpha(t) |\alpha(t)\rangle$$

onde

$$\alpha(t) = e^{-i\omega t} \alpha$$

6.8 *Gasiorowicz 6.14*

6.9 *Adaptado de Griffiths 3.39*

a) Para uma função  $f(x)$  que possa ser expandida em série de Taylor, mostre que

$$f(x + x_0) = e^{\frac{i}{\hbar} x_0 p_{\text{op}}} f(x)$$

onde  $x_0$  é qualquer distância constante e  $p_{\text{op}} = -i\hbar \frac{d}{dx}$  é o operador momento. Por esta razão se diz que  $p_{\text{op}}/\hbar$  é o **gerador das translações no espaço**.

b) Se  $\psi(x, t)$  satisfizer a equação de Schrödinger, mostre que

$$\psi(x, t + t_0) = e^{-\frac{i}{\hbar} t_0 H} \psi(x, t)$$

onde  $t_0$  é um tempo constante. Por isso se diz que  $-H/\hbar$  é o **gerador das translações no tempo**.