

2ª LISTA DE MECÂNICA QUÂNTICA II  
(2012-1)

1. Considere uma partícula em um poço infinito de largura  $a$ , sujeita a uma perturbação

$$V = \alpha \delta(x - a/3)$$

- (a) Calcule a correção em primeira ordem das energias. Identifique os níveis que não sofrem correções de primeira ordem e discuta fisicamente o porquê.
- (b) Calcule os três primeiros termos da correção de primeira ordem na função de onda do estado fundamental.

2. O hamiltoniano de um certo sistema é

$$H = \hbar\omega \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} + g \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2i & 0 & 0 \\ 0 & -2i & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

onde o primeiro termo representa o hamiltoniano não perturbado e o segundo é a perturbação .

- (a) Calcule a correção de primeira ordem da energia do primeiro nível excitado.
- (b) Calcule a correção de primeira ordem dos autoestados do primeiro nível excitado.

3. Considere um sistema formado por dois osciladores harmônicos independentes, de mesma frequência  $\omega$ , cujo hamiltoniano livre é:

$$H_0 = \hbar\omega (a_1^\dagger a_1 + a_2^\dagger a_2 + 1) ,$$

O sistema é submetido a uma perturbação

$$V = \lambda(a_1^\dagger a_2 + a_2^\dagger a_1) .$$

- (a) Determine a degenerescência dos três primeiros níveis de energia dos osciladores.
- (b) Determine as correções de primeira ordem nas energias e nos estados dos três primeiros níveis.
- (c) Determine as correções de segunda ordem nas energias dos três primeiros níveis.
4. Para os autoestados não perturbados  $|\varphi_{nlm}^0\rangle$  do átomo de hidrogênio, mostre que:

(a)

$$\left\langle \frac{1}{r} \right\rangle_{nlm} = \frac{1}{n^2 a_0} ,$$

(b)

$$\left\langle \frac{1}{r^2} \right\rangle_{nlm} = \frac{1}{(l + 1/2)n^3 a_0^2} ,$$

onde  $a_0$  é o raio de Bohr.