

2ª LISTA DE MECÂNICA QUÂNTICA II
(2013-2)

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

$$V = \alpha \delta(x - a/2)$$

- (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

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

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

- (a) Calcule as correções de primeira ordem das energias.
- (b) Calcule as correções de primeira ordem dos autoestados.

3. Considere um oscilador harmônico em duas dimensões, cujo hamiltoneano livre é:

$$H_0 = \hbar\omega (a_x^\dagger a_x + a_y^\dagger a_y + 1) ,$$

O sistema é submetido a uma perturbação

$$V = i g (a_x^\dagger a_y - a_y^\dagger a_x) .$$

- (a) Determine a degenerescência dos três primeiros níveis de energia do oscilador.
 - (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.

- (c) Determine

$$\left\langle \frac{1}{r^3} \right\rangle_{nlm} .$$