



Universidade Federal do Paraná
Dep. Química – Curso de Licenciatura e Bacharelado em
Química
Terceira Lista de Exercícios de Química Quântica (CQ115)
Professor Eduardo Lemos de Sá

1ª Questão: Escreva o operador de energia cinética de uma partícula de massa m que se move no espaço tridimensional. Em seguida, escreva o operador de energia potencial para uma partícula de massa m presa a uma mola cuja constante de força é k .

2ª Questão: Mostre que o operador \hat{p}_x é hermitiano. O que isto significa?

3ª Questão: Uma partícula de massa m tem o seu estado descrito por $\psi_{(x)} = \sqrt{a} \exp\left(\frac{ax}{2}\right)$,

onde a é uma constante e $-\infty \leq x \leq +\infty$. Pede-se:

- Esta função de onda está normalizada? Justifique.
- Determine o valor médio do operador posição.
- Determine o valor médio do operador momento linear.
- Determine o valor médio do operador energia cinética.

4ª Questão: Calcule o valor médio do operador momento linear de uma partícula cujo estado é descrito pelas funções:

- $\psi_{(x)} = \exp(ikx)$
- $\psi_{(x)} = \cos(kx)$
- $\psi_{(x)} = \exp(-ax^2)$, onde $-\infty \leq x \leq +\infty$

5ª Questão: O movimento de uma partícula que gira em torno de um ponto fixo pode ser descrito pela função de onda $\psi_\phi = \exp(im\phi)$, onde m é um número inteiro e $0 \leq \phi \leq 2\pi$. Mostre que as funções de onda para $m = +1$ e $m = +2$ são ortogonais.

6ª Questão: Determine a constante de normalização para a função de onda do átomo de hidrogênio $\psi = r \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\phi) \cdot \exp\left(\frac{-r}{2a_0}\right)$

7ª Questão: Mostre que os operadores $\hat{a} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\hat{x} + i\hat{p})$ e $\hat{b} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\hat{x} - i\hat{p})$ não comutam.

8ª Questão: O estado de um sistema é descrito pela função $\Psi = \mathbf{a} \exp(-i\mathbf{b}t) \exp\left(\frac{-\mathbf{b}m\mathbf{x}^2}{\hbar}\right)$, onde \mathbf{a} e \mathbf{b} são constantes e \mathbf{m} é a massa da partícula. Encontre a expressão para a energia potencial deste sistema. (Sugestão: use a equação de Schrödinger dependente do tempo).

Bom trabalho