

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
Centro de Ciências Exatas e da Natureza  
Departamento de Física  
Programa de Pós-Graduação em Física

Processo de Seleção para o Programa de Pós-Graduação

**Primeira Questão: (3,5 pontos)** No tempo  $t_0 = 0$ , uma partícula é representada pela função de onda

$$\Psi(x, 0) = \begin{cases} A x/a & \text{para } 0 \leq x \leq a \\ A \frac{b-x}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{para qualquer outro valor de } x \end{cases}$$

- Normalize  $\Psi(x, t_0)$
- Esboce  $\Psi(x, t_0)$ , como função de  $x$ .
- Encontre a posição  $x$  onde mais provavelmente a partícula será encontrada em  $t_0$ . Calcule também a posição média e explique por qual razão o resultado é idêntico ao encontrado para o valor mais provável.
- Qual é a probabilidade de encontrar a partícula do lado esquerdo de  $a$ ?

**Segunda Questão: (3,0 pontos)** Sejam dois observáveis  $A$  e  $B$  arbitrários. Sabendo-se que o princípio da incerteza, na sua forma mais geral, é dado por  $\langle (\Delta A)^2 \rangle \langle (\Delta B)^2 \rangle \geq \left| \frac{1}{2i} [A, B] \right|^2$  e que  $p_x = \frac{\hbar}{i} \frac{d}{dx}$

- Para o caso em que o observável  $A = x$  é a posição de uma partícula em uma dimensão e  $B = p_x$  é o momento linear associado, mostre que  $[x, p_x] = i\hbar$  e indique o significado físico da não comutação destes observáveis.
- A partir do resultado obtido no item a), calcule a relação de incerteza  $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$ . Qual o significado físico da finitude de  $\Delta x$  e de  $\Delta p_x$  na mecânica quântica ondulatória de uma partícula?
- Quais as consequências desse resultado para a dinâmica de uma partícula?

**Terceira Questão: (3,5 pontos)** É bem sabido que a energia potencial entre o elétron e o próton, no átomo de hidrogênio, é dada por  $V(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$ . A partir da equação de Schrödinger, mostra-se que os auto-valores de energia para esse sistema, é dado por  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ , em eV, com  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ . A partir desse resultado, discuta:

- O que significa o fato dessa energia ser negativa?
- Quais os valores de energia necessários, para que haja transições de um nível de energia 1 para um nível 2, de  $n = 2$  para  $n = 3$  e de  $n = 8$  para  $n = 9$ . Calcule a diferença entre dois níveis de energia consecutivos no limite de  $n$  grande e mostre a consistência com o princípio da correspondência. Comente apropriadamente o significado físico do princípio neste sistema.
- O que acontecerá com o elétron, em  $n = 1$ , estado fundamental, ao absorver uma valor de energia  $E = 13,6$  eV? justifique sua resposta.