



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Física

PROVA DE SELEÇÃO

*Referente ao Edital de Seleção nº 04/2017 para ingresso nos
cursos de Mestrado e Doutorado do PPGF/UFPB – Semestre Letivo 2018.1*

Data da Prova: 17/01/2018

Duração da Prova: 09:00 às 12:00

Instituição e cidade de realização da prova: _____

Código de Identificação do(a) Candidato(a):

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: (2,5 pontos) Considere uma partícula de massa m , em uma caixa unidimensional, confinada mediante um potencial $V(x)$, com mínimo global V_0 em $x_0 = 0$. A energia total da partícula, E , é um pouco maior que V_0 . As descrições da dinâmica da partícula podem ser quânticas ou clássicas, com desdobramentos dramaticamente distintos.

(i) Do ponto de vista clássico, descreva a dinâmica da partícula e indique a região de maior probabilidade de encontrá-la caso as condições iniciais não sejam especificadas.

(ii) Do ponto de vista quântico, descreva a dinâmica da partícula e, para o estado fundamental, indique graficamente a região de maior probabilidade de encontrá-la. Explique as diferenças fundamentais com relação à descrição feita no item (i).

No instante inicial $t = 0$, a função de onda do sistema é controlada de tal modo que

$$\psi(x, 0) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(1 - \frac{x}{|x|} \right) f(x),$$

onde $f(x)$ é uma função real normalizada que é ímpar sob reflexão espacial, isto é, $f(-x) = -f(x)$.

(iii) A função de onda está normalizada?

(iv) Calcule a densidade de probabilidade inicial, isto é, para $t = 0$, no ponto $x = 0$.

(v) Qual é a paridade da função de onda no instante inicial? Qual é a paridade da função de onda em tempos posteriores?

(vi) Existe um tempo t_1 para o qual a partícula estará, certamente, na região $x > 0$?

Segunda Questão: (2,5 pontos) Seja $\psi(x, t)$ a solução da Equação de Schrödinger da partícula livre unidimensional com um comprimento de onda, λ , definido para um observador O em um sistema de coordenadas (x, t) . Considere a mesma partícula descrita pela função de onda $\psi'(x', t')$ de acordo com o observador O' em um sistema de coordenadas (x', t') relacionado ao (x, t) mediante a transformação de Galileu $x' = x - vt$, $t' = t$.

(i) Mostre explicitamente se as funções $\psi(x, t)$ e $\psi'(x', t')$ descrevem ondas de mesmo comprimento de onda.

(ii) Qual a relação entre $\psi(x, t)$ e $\psi'(x', t')$ se ambas satisfazem a Equação de Schrödinger nos seus respectivos sistemas de coordenadas?

Terceira Questão: (2,5 pontos) O fenômeno quântico é normalmente negligenciável no mundo “macroscópico”. Mostre isto numericamente para os seguintes casos

(i) A amplitude da oscilação de ponto zero para um pêndulo de comprimento $l = 1$ m e massa $m = 1$ kg.

(ii) A probabilidade de tunelamento de uma bolinha de gude de massa $m = 5$ g com velocidade $v = 10$ cm/s contra um objeto de altura $H = 5$ cm e largura $w = 1$ cm.

(iii) A difração de uma bola de tênis de massa $m = 0,1$ kg com velocidade $v = 0,5$ m/s por uma janela de $1 \times 1,5$ m².

Quarta Questão: (2,5 pontos) Em 1922, dois físicos alemães, Otto Stern e Walther Gerlach, executaram um experimento que comprovaria a existência do momento angular intrínseco quantizado de um átomo. O experimento consiste em gerar átomos de prata livres em um forno e, mediante colimadores, concentrá-los em uma região permeada por um campo magnético não-homogêneo em uma das direções espaciais, conforme a figura (1)

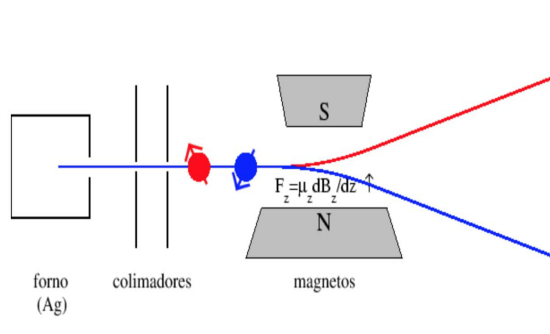


FIG. 1: Arranjo experimental de Stern-Gerlach.

(i) Explique o resultado previsto pela eletrodinâmica clássica para as regiões ocupadas pelos átomos de prata na tela à direita do magneto.



FIG. 2: A figura da direita indica duas bandas formadas.

(ii) Na figura (2), estão indicados os resultados seminais de Stern-Gerlach. Na tela da direita, observamos a formação de duas bandas. O resultado experimental indicou que as duas regiões (bandas) estão separadas por um intervalo (gap) onde os átomos de prata não podem incidir. Explique o que sugere a formação destas duas bandas independentes.

(iii) De acordo com o resultado experimental, qual o momento angular dos átomos? Justifique sua resposta.

(iv) Estas duas bandas podem indicar momento angular orbital? Qual foi a conclusão de Stern e Gerlach?

Dado auxiliar: A constante de Planck dividida por 2π no SI é aproximadamente $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.