INSTITUTO DE FÍSICA DA USP

2º. SEMESTRE DE 2013

Física V – 4300311 - noturno

Prof. Mazé Bechara

4º (e último *– ufa!)* Trabalho Extra-Classe – peso 2

As ondas das partículas materiais na mecânica quântica e as interpretações de Max Born/Copenhague

---

Prazo limite para entrega: 26/11/2013 (terça-feira) às 19h10

Obs. Importantes:

1. **Leia com atenção pense e discuta como e com quem quiser. Porém elabore as soluções com reflexão, detalhes e cuidado.**
2. **Se tiver dúvidas, busque esclarecê-las completamente antes de fazer sua redação *individual* - *condição para que seu trabalho* não seja anulado*.***
3. **O nível de exigência na avaliação será de trabalho bem feito no conteúdo e na forma, no sentido de compreensão do que está feito. Evite entregar "qualquer coisa de qualquer jeito", que de nada serve.**
4. **Por favor, entregue cada uma das questões com nome e iniciando em nova folha. Poderão ser corrigidas por diferentes pessoas.**
5. **Na data limite os trabalhos devem ser entregues à professora no início da aula.**

Questão 1. A dinâmica de uma partícula na mecânica quântica de Schroedinger.

Uma partícula de massa m emmovimento não relativístico tem uma auto-função de energia cuja parte espacial é dada por:

$$\psi_o(x,t) = A_0 e^{-\frac{\alpha x^2}{2}} e^{-i\frac{E_o}{\hbar}t} \qquad \alpha = \frac{\sqrt{km}}{\hbar}, \qquad E_0 = \frac{\hbar}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

X é a coordenada de posição, t é o instante, k é uma constante da dinâmica da partícula e A_o uma constante da solução da equação fundamental, matematicamente arbitrária.

a) (1,0) Diga todas as propriedades desta função que permitem que ela represente um estado físico na mecânica quântica.
b) (0,75) Esta função de onda pode ser normalizada? Se puder normalize e diga, em palavras, a razão física desta normalização.
c) (0,75) Determine a densidade de probabilidade da partícula estar em uma posição x no instante t. Esboce o gráfico desta densidade de probabilidade.
d) (1,0) Determine: os valores mais prováveis e os menos provávis da posição da partícula. Determine ainda: a probabilidade da partícula estar nestas posições no estado em questão. Indique todos estes valores no gráfico da densidade de probabilidade.
e) (1,5) Mostre formalmente se a energia cinética é ou não é uma constante de movimento no estado acima. Se for, determine o valor da eneria cinética. Se não for, determine o valor médio desta grandeza. Justifique.
f) (1,5) Mostre formalmente que esta função de onda obedece ao princípio de incerteza momento linear-posição e energia-tempo. Diga em palavras o seu entendimento físico deste princípio para posição-momento linear e energia-tempo.

g) (1,0) A partir das informações dadas determine a energia potencial de interação a qual está sujeita essa partícula. Justifique.

h) (1,0) O que pode ser previsto como resultado **de uma única medida** para a energia cinética usando diretamente a função de onda dada? E sobre a energia potencial? E sobre a energia total? **E em 100 medidas**, o que pode ser previsto para a energia cinética? Para a energia potencial? E para a enrgia total? Justifique**.**

i) (1,5) A partícula sujeita a essa interação pode estar em estados fisicos com energia mecânica variável no tempo segundo a física clássica? Justifique. E segundo a física quântica? Justifique. Se sua resposta foi positiva para o caso clássico ou quâhtico, dê um exemplo, justificando.

questão 2. Solução da mecânica de Schroedinger para um potencial esquemático unidimensional.

Uma partícula de massa m se move com velocidade não relativística sob ação de um potencial V(x) tal que:

$$V(x<0) = V_o$$
$$V(0<x<a) = -V_o$$
$$V(x>a) = +3\,V_o/2$$

(a) (0,25) Desenhe este potencial.

(b) (1,0) Com base na **mecânica clássica** argumente sobre as **possíveis energias** da partícula, com os **tipos de movimento e sua relação com as energias da partícula**. Deixe claras as **razões físicas** nos seus argumentos. **Justifique.**

(c) (1,0) Escreva **as equações dos auto-estados de energia** desta partícula. Diga em palavras o seu entendimento **de auto-estados de energia**.

(d) (1,5) **A partir das equações do item anterior determine as autofunções de energia** da partícula **em função de constantes não nulas para E > 2V_o.** Explicite as **razões físicas** que obrigam a **anulação ou não anulação** de constantes da **solução matemática geral**. **Justifique.**

(e) (1,5) Faça **o esboço das funções de uma função de onda versus a posição da partícula em todo o espaço.** Abaixo, **na mesma escala, faça um esboço da densidade linear de probabilidade versus a posição no mesmo estado**. Estes gráficos dependem de um particular instante? **Justifique.**

(f) (0,75) **Argumente** sobre as posições que a partícula pode ocupar em seu movimento segundo a mecânica de Schroedinger. **Compare** essa resposta com a as posições ocupadas segundo a física clássica (resposta ao item (b)) e **comente, semelhanças e diferenças.**

(g) (2,0) **Escreva explicitamente todas as condições** que as funções de onda devem obedecer **neste caso**. **Explicite as razões físicas** de cada uma das condições. **Explicite ainda** quais são as **incógnitas que devem ser determinadas** a partir das condições que você escreveu para que a dinâmica da partícula esteja completamente resolvida **(Você não precisa chegar à solução das condições escritas). São as energias quantizadas? Justifique.**

(h) (2,0) São as autofunções determinadas normalizáveis? **Justifique. Se** a resposta for **positiva escreva a condição de normalização**. Em caso de resposta **negativa escreva a equação “equivalente”** para **essa particular partícula dizendo explicitamente o significado físico da equação**. **Justifique.**