**Instituto de Física da USP**
**Física Moderna II**
**1º semestre de 2011**
***Prof ª Márcia de Almeida Rizzutto***

# *1ª Lista de Exercícios*

**Questões**

**1.** Por que $\Phi(\phi)$ deve ser unívoca? Por que isso leva à restrição de que $m_l$ deve ser um inteiro?

**2.** Por que aparecem três números quânticos no tratamento do átomo de um elétron (sem spin)?

**3.** O que é degenerescência?

**4.** Qual é a relação entre o tamanho do átomo de Bohr e o tamanho do átomo de Schrödinger?

**5.** Para um átomo de um elétron no espaço livre, qual seria a conseqüência matemática de mudar a escolha da direção do eixo dos *z*? E a conseqüência física? E no caso do átomo estar sujeito a um campo externo, elétrico ou magnético?

**6.** No estado fundamental do átomo de hidrogênio $|\Psi|^2$ é máximo na origem, no entanto a probabilidade de encontrar o elétron a uma distância $r$ do núcleo vai a 0 para $r \rightarrow 0$. Explique.

**7.** Por que o torque que atua sobre um dipolo magnético num campo magnético faz o dipolo precessionar em torno do campo em vez de alinhá-lo ao campo?

**8.** Exatamente por que concluímos que os números quânticos de spin são semi-inteiros?

**9.** Explique em termos simples por que um elétron num átomo de hidrogênio está submetido a um campo magnético. Este campo existe em todo e qualquer estado quântico?

**10.** No estado fundamental do átomo de hidrogênio, as energias cinética e potencial do elétron são mal definidas, enquanto a energia total é bem definida (todas as medidas dão o mesmo valor). Explique.

**11.** Porque, no experimento de Stern-Gerlach, é usado um campo magnético não homogêneo?

**Problemas**

1. Das condições impostas durante a resolução da Eq. de Schroedinger, obteve-se restrições sobre os números quânticos $l$ e $m_l$. Quais são estas as condições e quais os valores possíveis para $l$ e $m_l$ quando n=1,2,3 e 4.
2. Uma partícula de massa $m$ pode se mover livremente sobre o eixo x entre os pontos x=–a/2 e x=a/2, mas está estritamente proibida de ser encontrada fora dessa região (partícula oscila entre as paredes x= ± a/2, ou seja, está presa a uma caixa unidimensional).
    a. Verifique que a função de onda

    $\Psi(x,t) = A sen\frac{2\pi x}{a} e^{-iEt/\hbar}$ -a/2 < × > +a/2 e

    $\Psi(x,t) = 0$ x <-a/2 ou × >+a/2

    é uma solução para a equação de Schroedinger na região -a/2 <×<+a/2
    b. Determine também o valor da energia total E da partícula neste primeiro estado excitado do sistema
    c. Trace o gráfico da dependência espacial dessa função de onda
    d. Normalize a função de onda, ajustando o valor da constante multiplicativa A de forma que a probabilidade de encontrar a partícula associada em algum ponto da região de comprimento a seja um.
    e. Resolva a equação de Schroedinger, para este poço quadrado infinito levando-se em conta as condições de contorno como unicidade, continuidade e finitude, e encontre a equação geral da função de onda dentro deste poço..

3. Determine, em eV, as energias dos três níveis do átomo de hidrogênio, nos estados definidos por $n$ = l, 2 e 3. (*b*) Calcule então as freqüências, em Hz, e os comprimentos de onda, em nm, dos fótons que podem ser emitidos pelo átomo em transições entre esses níveis, (*c*) Em que região do espectro eletromagnético estão esses fótons?
4. A função de onda normalizada para o estado fundamental do átomo de hidrogênio é: $\psi(r,\theta,\varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{1}{a_0}\right)^{3/2} e^{-r/a_0}$ , onde $r$ é a coordenada radial e $a_0$ o raio de Bohr. ***a)*** Esboce $\psi(r)$ x $r$; ***b)*** mostre que $P(r)dr=|\psi(r)|^2 4\pi r^2 dr$; ***c)*** Esboce $P(r)$ x $r$ e determine o raio em que é mais provável encontrar o elétron; ***d)*** mostre que a função de onda dada é normalizada; ***e)*** determine a probabilidade de encontrar o elétron na região $a_0/2 < r < 3a_0/2$.
5. Quantos estados distintos (e conseqüentemente funções de onda) existem para o nível 4d para o átomo de H ? (use spin)
6. Encontre o raio mais provável para o elétron do átomo de H para o estado 2p?