

# Primeira Lista de Exercícios de Física Moderna II

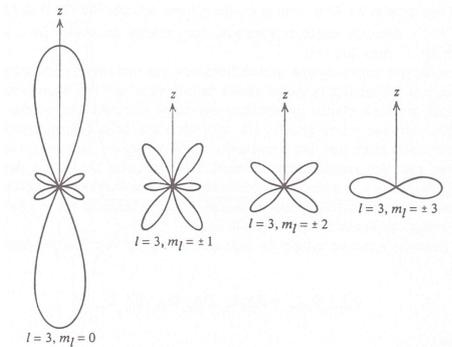
## O átomo de um elétron

1. Considere a equação de Schroedinger tridimensional:

(a) escreva o operador laplaciano em coordenadas esféricas

(b) a partir desse resultado, escreva a equação de Schroedinger tridimensional em coordenadas esféricas

2. A partir da distribuição da densidade de probabilidade em função do angulo  $\theta$  dada na figura abaixo para 4 estados diferentes do átomo de um elétron, relacione a posição mais provável do elétron em cada estado com os números quânticos  $l$  e  $m$ .



## Aprimorando a descrição do átomo de um elétron

3. Por que não podemos definir exatamente o valor do momento angular na mecânica quântica?

4. Mas afinal, o que é o spin do elétron? Ele é compatível com uma rotação dessa partícula em torno do próprio eixo? Por quê?

5. Mostre que o momento de dipolo magnético de um elétron em um átomo precessiona em torno da direção de um campo magnético uniforme com a frequência:

$$\omega = \frac{g\mu_b}{\hbar} \cdot B$$

6. Enumere os valores de  $j$  e  $m_j$  para os estados com  $l=3$  e  $s=1/2$

## Átomo de 2 elétrons

7. É possível distinguir duas partículas do mesmo tipo (dois elétrons, dois prótons, etc.) do ponto de vista da mecânica quântica? Por quê? Em que situação a distinção seria possível?

8. Discuta porque o princípio de exclusão de Pauli explica uma energia potencial menor no átomo de dois elétrons quando os *spins* dos elétrons estão no mesmo sentido.

9. Mostre que para um sistema com 3 partículas a função de onda abaixo é de fato anti-simétrica e a constante de normalização está correta.

$$\psi_A = \frac{1}{\sqrt{3!}} [\psi_\alpha(1)\psi_\beta(2)\psi_\gamma(3) + \psi_\beta(1)\psi_\gamma(2)\psi_\alpha(3) + \psi_\gamma(1)\psi_\alpha(2)\psi_\beta(3) - \psi_\gamma(1)\psi_\beta(2)\psi_\alpha(3) - \psi_\beta(1)\psi_\alpha(2)\psi_\gamma(3) - \psi_\alpha(1)\psi_\gamma(2)\psi_\beta(3)]$$

## Átomos de muitos elétrons

10. A partir da figura abaixo a esquerda, estime o valor de  $Z_n$  para o átomo de Argônio para  $n = 1, 2$  e 3 segundo os cálculos de Hartree. Em seguida estime os valores do raio esperado considerando que:

$$\bar{r} \approx \frac{n^2 a_0}{Z_n}$$

Em seguida, compare com a figura à direita. O que podemos concluir?

