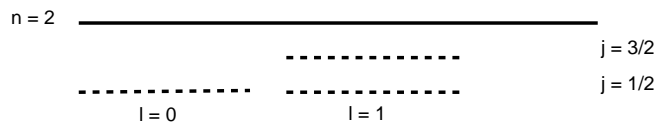


**Universidade Federal de Pelotas**  
**IFM – Departamento de Física**  
**Mecânica Quântica I – UNIDADE III – Lista de Problemas**

- O nível excitado de um átomo de hidrogênio é caracterizado por  $j = 3/2$ . Escreva os valores possíveis para o número quântico de momento angular orbital e o número quântico principal.
- O desdobramento fino dos estados  $n = 2$ ,  $l = 1$  do hidrogênio é  $4,5 \times 10^{-5}$  eV. A partir desta informação, estime o valor do campo magnético experimentado por elétron neste estado. Suponha que o campo é paralelo ao eixo  $z$ .
- Faça um esquema como o ilustrado abaixo (a figura corresponde a  $n = 2$ ) para os níveis  $n = 3$  e  $n = 4$  do átomo de hidrogênio e indique nele as transições permitidas pelas regras de transição  $\Delta l = \pm 1$  e  $\Delta j = 0, \pm 1$ . Calcule a frequência do fóton emitido por uma das transições.



- Calcule a taxa de transição entre os dois menores níveis de energia permitidos pelas regras de seleção para um elétron no potencial poço quadrado infinito simétrico ( $-1/2 < x < 1/2$ ) supondo uma frequência aplicada de 1,0 kHz. Dica:  $k_n = n\pi$ ,  $A_n = \sqrt{2}$ ,  $E_n = \hbar^2 k_n^2 / 2m$ .
- O momento angular do átomo de ítrio é caracterizado pelo número quântico  $j = 3/2$ . quantas linhas serão observadas em um experimento Stern-Gerlach com estes átomos? (b) Quantas linhas serão observadas se o feixe for constituído por átomos com spin nulo e  $l = 1$ ?
- Considere um sistema de dois elétrons, ambos com  $l = 1$  e  $s = 1/2$ . (a) Ignorando o spin, quais são os possíveis números quânticos para o momento angular total  $\mathbf{L} = \mathbf{L}_1 + \mathbf{L}_2$ ? (b) Quais os possíveis valores do número quântico de spin,  $\mathbf{S} = \mathbf{S}_1 + \mathbf{S}_2$ ? (c) Quais os possíveis valores do número quântico momento angular total,  $\mathbf{J} = \mathbf{L} + \mathbf{S}$ ?
- Se um átomo de hidrogênio no estado fundamental for colocado em um campo magnético externo muito intenso, seus momentos angulares de dipolo magnético de spin e orbital precessionam independentemente em torno do campo externo e sua energia dependerá dos números quânticos  $m_l$  e  $m_s$ . (a) Determine o desdobramento dos níveis de energia segundo os

valores de  $m_l$  e  $m_s$ . (b) Desenhe a configuração de níveis desdobrados provenientes dos níveis  $n = 2$  e  $3$ , explicitando os números quânticos de cada componente de configuração.

- (a) Calcule a taxa de transição espontânea entre os estados  $n = 1$  e  $n = 0$  de um oscilador harmônico simples que possui uma carga  $e$ . Tome como a massa do oscilador como sendo de doze prótons e a constante restauradora como  $10^3 \text{ J/m}^2$ . A partir da taxa de transição calcule o tempo de vida do estado  $n = 1$  do oscilador.
- O nível excitado de um átomo de hidrogênio é caracterizado por  $j = 5/2$ . (a) Escreva os valores possíveis para o número quântico de momento angular orbital e o número quântico principal. (b) Quantas linhas serão observadas em um experimento Stern-Gerlach com estes átomos?
- (a) Calcule a taxa de transição espontânea entre os estados  $n = 2$  e  $n = 0$  de um oscilador harmônico simples que possui uma carga  $e$ . Tome como a massa do oscilador como sendo de doze prótons e a constante restauradora como  $10^3 \text{ J/m}^2$ . A partir da taxa de transição calcule o tempo de vida do estado  $n = 2$  do oscilador.
- Um átomo de hidrogênio se encontra no estado  $n = 3$ ,  $l = 2$ . (a) Quais os valores possíveis de  $j$ ? (b) Quais são os possíveis valores do módulo do momento angular total? (c) Quais são os possíveis valores da componente  $z$  do momento angular total?
- O espectro do sódio apresenta um duplete de linhas causado pela transição dos estados  $n = 3$ ,  $l = 1$ ,  $j = 3/2$  e  $n = 3$ ,  $l = 1$ ,  $j = 1/2$  para o estado fundamental. Os comprimentos de onda destas linhas são 589,6 nm e 589,0 nm. (a) A diferença de energia entre os dois estados se deve ao efeito *spin*-órbita. Calcule a diferença de energia. (b) Se o elétron  $n = 3$ ,  $l = 1$  do sódio estiver submetido a um campo interno  $B$ , estime seu valor em teslas.
- Análise a separação do nível  $n = 3$ ,  $l = 2$  do hidrogênio devido a um campo magnético (a) quando este for fraco e (b) este for forte comparado com a interação *spin*-órbita.
- Desenhe o diagrama dos níveis de energia do hidrogênio para todos os estados até  $n = 3$ , explicitando os níveis de energia segundo  $l$  e indicando as transições possíveis.
- Calcule a taxa de transição entre os dois menores níveis de energia permitidos pelas regras de seleção para um elétron no potencial poço quadrado infinito simétrico ( $-1/2 < x < 1/2$ ) supondo uma frequência aplicada de 1,0 kHz. Dica:  $k_n = n\pi$ ,  $A_n = \sqrt{2}$ ,  $E_n = \hbar^2 k_n^2 / 2m$ .