Natureza Ondulatória da Luz

1. Quando determinadas quantidades de gás xenônio são adicionadas às luzes de néon, sua cor se torna azul-esverdeada. Se o comprimento de onda dessa luz é 480 nm, qual é a frequência?

   Para calcular a frequência da luz, utilizamos a relação entre a velocidade da luz (c), o comprimento de onda (λ) e a frequência (f):

   $$c = \lambda \times f$$

   Sabemos que a velocidade da luz no vácuo é $c = 3,00 \times 10^8\,\text{m/s}$ e o comprimento de onda é $\lambda = 480\,\text{nm}$. Representado por $480 \times 10^{-9}\,\text{m}$. Portanto, a frequência f é dada por:

   $$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8\,\text{m/s}}{480 \times 10^{-9}\,\text{m}} = 6,25 \times 10^{14}\,\text{Hz}$$

   A frequência da luz azul-esverdeada é $6,25 \times 10^{14}\,\text{Hz}$.

2. Um laser infravermelho para uso de uma rede de comunicações de fibra ótica emite um comprimento de onda de 1,2 µm. Qual é a energia de um fóton para esta radiação?

   Para calcular a energia de um fóton, utilizamos a equação de Planck:

   $$E = h \times f$$

   Onde E é a energia do fóton, h é a constante de Planck ($h = 6,626 \times 10^{-34}\,\text{J}\cdot\text{s}$) e f é a frequência da radiação. Primeiro, calculamos a frequência f a partir do comprimento de onda $\lambda = 1,2\,\mu\text{m} = 1,2 \times 10^{-6}\,\text{m}$, utilizando a relação:

   $$f = \frac{c}{\lambda}$$

   Onde $c = 3,00 \times 10^8\,\text{m/s}$ é a velocidade da luz. Substituindo os valores:

   $$f = \frac{3,00 \times 10^8\,\text{m/s}}{1,2 \times 10^{-6}\,\text{m}} = 2,50 \times 10^{14}\,\text{Hz}$$

   Agora, calculamos a energia do fóton:

   $$E = h \times f = 6,626 \times 10^{-34}\,\text{J}\cdot\text{s} \times 2,50 \times 10^{14}\,\text{Hz} = 1,66 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

   Portanto, a energia de um fóton para esta radiação é $1,66 \times 10^{-19}\,\text{J}$.

3. Uma dada forma de radiação eletromagnética tem uma frequência de $8,11 \times 10^{14}\,\text{s}^{-1}$.

   a) Qual o seu comprimento de onda em nanômetro?

      Para calcular o comprimento de onda (λ), utilizamos a relação entre a velocidade da luz (c), a frequência (f) e o comprimento de onda:

      $$\lambda = \frac{c}{f}$$

      Onde $c = 3,00 \times 10^8\,\text{m/s}$ é a velocidade da luz e $f = 8,11 \times 10^{14}\,\text{s}^{-1}$ é a frequência. Substituindo os valores:

      $$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8\,\text{m/s}}{8,11 \times 10^{14}\,\text{s}^{-1}} = 3,699 \times 10^{-7}\,\text{m}$$

      Convertendo o comprimento de onda para nanômetros (1 nm = 10^{-9} m):

      $$\lambda = 3,699 \times 10^{-7} \times 10^9 = 3,69 \times 10^2\ \text{nm}$$

b) Qual a energia (em Joule) de um quantum dessa radiação?

A energia de um quantum (fóton) é dada pela equação de Planck:

$$E = h \times f$$

Onde $h = 6,626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$ é a constante de Planck e $f = 8,11 \times 10^{14}\,\mathrm{s^{-1}}$ é a frequência. Substituindo os valores:

$$E = 6,626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s} \times 8,11 \times 10^{14}\,\mathrm{s^{-1}} = 5,376 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$$

Arredondando para duas casas decimais, a energia de um quantum dessa radiação é $5,38 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$.

4. Uma análise espectral cuidadosa mostra que a luz amarela das lâmpadas de sódio (usadas nos postes de rua) é uma mistura de fótons de dois comprimentos de onda, 589,0 nm e 589,6 nm. Qual é a diferença de energia (em Joule) entre os fótons com estes comprimentos de onda?

Para calcular a diferença de energia entre os fótons, primeiro determinamos a energia de cada fóton usando a equação de Planck:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Onde:

$h = 6,626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$ é a constante de Planck.

$c = 3,00 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}$ é a velocidade da luz.

λ é o comprimento de onda.

Para o comprimento de onda de 589,0 nm:

$$\lambda_1 = 589,0\,\mathrm{nm} = 589,0 \times 10^{-9}\,\mathrm{m}$$

$$E_1 = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^{8}}{589,0 \times 10^{-9}} = 3,375 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$$

Para o comprimento de onda de 589,6 nm:

$$\lambda_2 = 589,6\,\mathrm{nm} = 589,6 \times 10^{-9}\,\mathrm{m}$$

$$E_2 = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^{8}}{589,6 \times 10^{-9}} = 3,371 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$$

A diferença de energia entre os fótons é:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 3,375 \times 10^{-19}\,\mathrm{J} - 3,370 \times 10^{-19}\,\mathrm{J} = 4,00 \times 10^{-22}\,\mathrm{J}$$

Portanto, a diferença de energia entre os fótons com comprimentos de onda de 589,0 nm e 589,6 nm é $4,00 \times 10^{-22}\,\mathrm{J}$.

5. Calcule a frequência em Hertz, a energia em joules de um fóton de raios X que tem comprimento de onda de 2,70 Å.

   Para calcular a frequência e a energia do fóton, utilizamos as seguintes relações:

   A frequência (f) é dada por:
   $$f = \frac{c}{\lambda}$$
   A energia (E) de um fóton é dada pela equação de Planck:
   $$E = h \cdot f$$
   Onde:

   $c = 3,00 \times 10^8\,\text{m/s}$ é a velocidade da luz.

   $h = 6,626 \times 10^{-34}\,\text{J} \cdot \text{s}$ é a constante de Planck.

   λ é o comprimento de onda.

   Primeiro, convertemos o comprimento de onda de angstroms (Å) para metros (m):
   $$\lambda = 2,70\,\text{Å} = 2,70 \times 10^{-10}\,\text{m}$$
   Cálculo da frequência:
   $$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8\,\text{m/s}}{2,70 \times 10^{-10}\,\text{m}} = 1,11 \times 10^{18}\,\text{Hz}$$
   Cálculo da energia:
   $$E = h \cdot f = 6,626 \times 10^{-34}\,\text{J} \cdot \text{s} \times 1,11 \times 10^{18}\,\text{Hz} = 7,36 \times 10^{-16}\,\text{J}$$
   Portanto:

   A frequência do fóton de raios X é $1,11 \times 10^{18}\,\text{Hz}$.

   A energia do fóton de raios X é $7,36 \times 10^{-16}\,\text{J}$.

6. Analise as seguintes informações sobre a radiação eletromagnética e determine se são verdadeiras ou falsas. Se forem falsas, corrija-as.

   a) (V) Numa superfície metálica nenhum elétron é ejetado até que a radiação tenha frequência igual ou acima de um determinado valor, característico da ligação do elétron com o metal.

      Justificativa: A afirmação é verdadeira, pois descreve corretamente o efeito fotoelétrico. Segundo esse fenômeno, a radiação incidente só pode ejetar elétrons de uma superfície metálica se sua frequência for maior ou igual à frequência de limiar, que depende da energia necessária para liberar o elétron do metal.

   b) (F) A energia de um fóton é diretamente proporcional ao comprimento de onda da radiação.

      Justificativa: A afirmação é falsa. A energia de um fóton é inversamente proporcional ao comprimento de onda, como descrito pela fórmula $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$, onde h é a constante de Planck, c a velocidade da luz e λ o comprimento de onda. Isso significa que quanto maior o comprimento de onda, menor a energia do fóton.

c) (F) Num espectro eletromagnético a faixa de frequência das radiações infravermelha e da ultravioleta é na ordem de $10^{14}\,\mathrm{s}^{-1}$ e $10^{16}\,\mathrm{s}^{-1}$, respectivamente, portanto a radiação ultravioleta é de menor energia.

Justificativa: A afirmação é falsa. A radiação ultravioleta tem frequências mais altas do que a radiação infravermelha, o que implica em maior energia. De acordo com a fórmula $E = h \cdot f$, onde f é a frequência, a radiação ultravioleta possui maior energia do que a infravermelha, pois sua frequência é maior.

7. Calcule e compare a energia de um fóton de comprimento de onda de 3,3 µm com um de comprimento de onda de 0,154 nm.

Para calcular a energia de um fóton, utilizamos a equação de Planck:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Onde:

$h = 6,626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$ é a constante de Planck.

$c = 3,00 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}$ é a velocidade da luz.

λ é o comprimento de onda.

Fóton 1: Comprimento de onda de 3,3 µm Primeiro, convertemos o comprimento de onda de micrômetros (µm) para metros (m):

$$\lambda_1 = 3,3\,\mu\mathrm{m} = 3,3 \times 10^{-6}\,\mathrm{m}$$

Agora, calculamos a energia do fóton:

$$E_1 = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^{8}}{3,3 \times 10^{-6}} = 6,02 \times 10^{-20}\,\mathrm{J}$$

Fóton 2: Comprimento de onda de 0,154 nm Primeiro, convertemos o comprimento de onda de nanômetros (nm) para metros (m):

$$\lambda_2 = 0,154\,\mathrm{nm} = 0,154 \times 10^{-9}\,\mathrm{m}$$

Agora, calculamos a energia do fóton:

$$E_2 = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^{8}}{0,154 \times 10^{-9}} = 1,29 \times 10^{-15}\,\mathrm{J}$$

Comparação das energias:

A energia do fóton com comprimento de onda de 3,3 µm é $6,02 \times 10^{-20}\,\mathrm{J}$.

A energia do fóton com comprimento de onda de 0,154 nm é $1,29 \times 10^{-15}\,\mathrm{J}$.

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1,29 \times 10^{-15}}{6,02 \times 10^{-20}} = 2,14 \times 10^{4}$$

Portanto, o fóton com comprimento de onda de 0,154 nm tem uma energia $2,14 \times 10^{4}$ vezes maior que o fóton com comprimento de onda de 3,3 µm.

8. Calcule o comprimento de onda (em nanômetro) do fóton emitido quando o elétron do átomo de hidrogênio decai do nível $n = 5$ para o nível $n = 2$.

   Para calcular o comprimento de onda do fóton emitido, utilizamos a fórmula de Rydberg para o átomo de hidrogênio:

   $$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

   Onde:

   λ é o comprimento de onda do fóton emitido.

   $R_H = 1,097 \times 10^7\,\mathrm{m}^{-1}$ é a constante de Rydberg para o hidrogênio.

   $n_i = 5$ é o nível inicial.

   $n_f = 2$ é o nível final.

   Substituindo os valores na fórmula:

   $$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

   $$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right)$$

   $$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 (0,25 - 0,04)$$

   $$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \times 0,21$$

   $$\frac{1}{\lambda} = 2,3037 \times 10^6\,\mathrm{m}^{-1}$$

   Agora, calculamos o comprimento de onda λ:

   $$\lambda = \frac{1}{2,3037 \times 10^6} = 4,34 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$$

   Convertendo o comprimento de onda para nanômetros (1 nm = 10^{-9} m):

   $$\lambda = 4,34 \times 10^{-7}\,\mathrm{m} \times 10^9\,\mathrm{nm/m} = 434\,\mathrm{nm}$$

   Apresentando o resultado em notação científica:

   $$\lambda = 4,34 \times 10^2\,\mathrm{nm}$$

   Portanto, o comprimento de onda do fóton emitido é $434\,\mathrm{nm}$ ou $4,34 \times 10^2\,\mathrm{nm}$.

9. As cores de luz exibidas na queima de fogos de artifício dependem de certas substâncias utilizadas na sua fabricação. Sabe-se que a frequência da luz emitida pela combustão do níquel é $6,0 \times 10^{14}\,\mathrm{Hz}$ e que a velocidade da luz é $3 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}$. Com base nesses dados e no espectro visível fornecido pela figura a seguir, diga qual a cor da luz dos fogos de artifício que contêm compostos de níquel.

   Para determinar a cor da luz emitida pelo níquel, primeiro calculamos seu comprimento de onda utilizando a relação entre a velocidade da luz c, o comprimento de onda λ e a frequência f:

$$c = \lambda \cdot f$$

   Isolando o comprimento de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

   Substituindo os valores:

$$\lambda = \frac{3,0 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}}{6,0 \times 10^{14}\,\mathrm{Hz}}$$

$$\lambda = 5,0 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$$

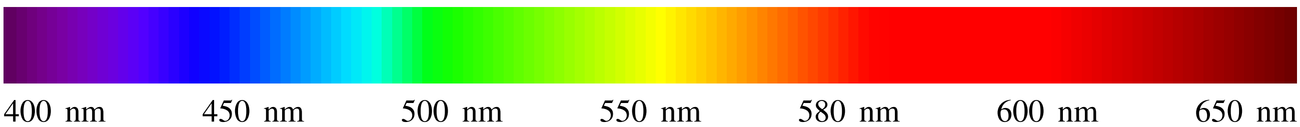
   Convertendo para nanômetros ($1\,\mathrm{nm} = 10^{-9}\,\mathrm{m}$):

$$\lambda = 5,0 \times 10^{-7}\,\mathrm{m} \times 10^{9}\,\mathrm{nm/m}$$

$$\lambda = 500\,\mathrm{nm}$$

   Consultando o espectro visível, a luz com comprimento de onda em torno de $500\,\mathrm{nm}$ corresponde à cor verde.

Espectro Visível



10. Um átomo de hidrogênio está em um estado excitado com $n = 2$, com uma energia $E_2 = -3,4\,\text{eV}$. Ocorre uma transição para o estado $n = 1$, com energia $E_1 = -13,6\,\text{eV}$, e um fóton é emitido. Qual a frequência da radiação emitida em Hz? (Dados: $1\,\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}\,\text{J}$; $h = 6,63 \times 10^{-34}\,\text{Js}$.)

    Para calcular a frequência da radiação emitida, utilizamos a diferença de energia entre os estados $n = 2$ e $n = 1$ e a relação de Planck:

    $$E = h \cdot f$$

    Onde:

    E é a energia do fóton emitido.

    $h = 6,63 \times 10^{-34}\,\text{Js}$ é a constante de Planck.

    f é a frequência da radiação emitida.

    A diferença de energia (ΔE) entre os estados $n = 2$ e $n = 1$ é:

    $$\Delta E = E_1 - E_2 = -13,6\,\text{eV} - (-3,4\,\text{eV}) = -10,2\,\text{eV}$$

    Como a energia do fóton emitido é positiva, consideramos o valor absoluto:

    $$\Delta E = 10,2\,\text{eV}$$

    Convertemos a energia de elétron-volts (eV) para joules (J) usando a conversão $1\,\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}\,\text{J}$:

    $$\Delta E = 10,2\,\text{eV} \times 1,6 \times 10^{-19}\,\text{J/eV} = 1,632 \times 10^{-18}\,\text{J}$$

    Agora, calculamos a frequência da radiação emitida usando a relação de Planck:

    $$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{1,632 \times 10^{-18}\,\text{J}}{6,63 \times 10^{-34}\,\text{Js}} = 2,46 \times 10^{15}\,\text{Hz}$$

    Portanto, a frequência da radiação emitida é $2,46 \times 10^{15}\,\text{Hz}$.

11. Calcule o comprimento de onda de De Broglie, em nanômetros, associado a uma bola de futebol, com massa de 400 g que se desloca a uma velocidade de 10 m/s.

    Para calcular o comprimento de onda de De Broglie, utilizamos a fórmula:

    $$\lambda = \frac{h}{mv}$$

    Onde:

    $h = 6,626 \times 10^{-34}\,\text{J} \cdot \text{s}$ é a constante de Planck;

    $m = 400\,\text{g} = 0,400\,\text{kg}$ é a massa da bola de futebol;

    $v = 10\,\text{m/s}$ é a velocidade da bola.

    Substituindo os valores:

    $$\lambda = \frac{6,626 \times 10^{-34}}{0,400 \times 10} = \frac{6,626 \times 10^{-34}}{4}$$

    $$\lambda = 1,6565 \times 10^{-34}\,\text{m}$$

    Convertendo para nanômetros ($1\,\text{nm} = 10^{-9}\,\text{m}$):

    $$\lambda = 1,6565 \times 10^{-34}\,\text{m} \times 10^{9}\,\text{nm/m} = 1,6565 \times 10^{-25}\,\text{nm}$$

    Portanto, o comprimento de onda de De Broglie associado à bola de futebol é $1,66 \times 10^{-25}\,\text{nm}$.

12. Um elétron se move a velocidade igual a $4,7 \times 10^6$ m/s. Determine o comprimento de onda de De Broglie, em nanômetro, para esse elétron. Obs.: apresentar todas as unidades durante as operações.

Para determinar o comprimento de onda de De Broglie, utilizamos a fórmula:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Onde:

$h = 6,626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$ é a constante de Planck;

$m = 9,11 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$ é a massa do elétron;

$v = 4,7 \times 10^6\,\mathrm{m/s}$ é a velocidade do elétron.

Substituindo os valores na fórmula:

$$\lambda = \frac{6,626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}}{9,11 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg} \times 4,7 \times 10^6\,\mathrm{m/s}}$$

Calculando o denominador:

$$9,11 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg} \times 4,7 \times 10^6\,\mathrm{m/s} = 4,2817 \times 10^{-24}\,\mathrm{kg \cdot m/s}$$

Assim:

$$\lambda = \frac{6,626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}}{4,2817 \times 10^{-24}\,\mathrm{kg \cdot m/s}} = 1,548 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$$

Convertendo para nanômetros ($1\,\mathrm{nm} = 10^{-9}\,\mathrm{m}$):

$$\lambda = 1,548 \times 10^{-10}\,\mathrm{m} \times 10^9\,\mathrm{nm} = 1,548 \times 10^{-1}\,\mathrm{nm}$$

Portanto, o comprimento de onda de De Broglie para esse elétron é $0,1548\,\mathrm{nm}$ ou $1,548 \times 10^{-1}\,\mathrm{nm}$.

Números Quânticos

13. Um orbital tem números quânticos de $n = 4$, $l = 2$, $m_l = -1$. Que tipo de orbital é esse?

Para identificar o tipo de orbital, analisamos os números quânticos fornecidos:

$n = 4$ é o nível de energia (camada).

$l = 2$ é o subnível d.

$m_l = -1$ é a orientação do orbital.

O orbital é um $4d$, com $m_l = -1$, uma das cinco orientações possíveis para um orbital d. A distribuição dos elétrons no subnível d é feita da seguinte forma:

Quando há 2 elétrons no subnível d, a configuração é $4d^2$.

Quando há 7 elétrons, a configuração é $4d^7$.

$\uparrow$	$\uparrow$			
-2	-1	0	$+1$	$+2$

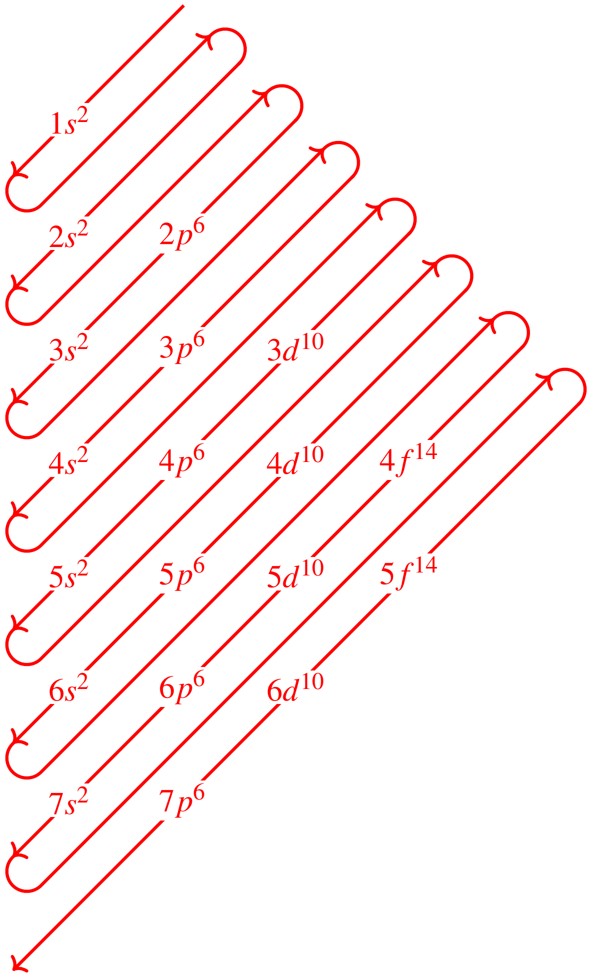
ou

$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
-2	-1	0	$+1$	$+2$

Portanto, o orbital pode ter configuração $4d^2$ ou $4d^7$.

14. Qual é o número máximo de elétrons em um átomo que podem ter os seguintes números quânticos:

a) $n = 4$, $l = 3$, $m_l = -3$, $m_s = -1/2$.



Primeiro, analisamos os números quânticos fornecidos:

- $n = 4$ é o número quântico principal, indicando a quarta camada de energia.
- $l = 3$ corresponde ao subnível f.
- $m_l = -3$ é uma das orientações possíveis.
- $m_s = -1/2$ representa o spin do elétron.

Fazemos a distribuição dos elétrons: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^{10}$ $4p^6$ $5s^2$ $4d^{10}$ $5p^6$ $6s^2$

Até agora foram distribuídos 56 elétrons. Agora, é necessário preencher o subnível 4f.

Expandindo o subnível 4f:

↑↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑
−3	−2	−1	0	+1	+2	+3

Começamos a partir do 57º elétron. Os primeiros 7 elétrons são distribuídos com spin ↑ nos orbitais do subnível 4f. Para encontrar o elétron com os números quânticos desejados ($n = 4$, $l = 3$, $m_l = -3$, $m_s = -1/2$), adicionamos um elétron no orbital $m_l = -3$ com spin ↓. Portanto, o número máximo de elétrons que esse átomo pode ter é 64.

b) $n = 2$, $l = 1$, $m_l = 0$, $m_s = -1/2$.

Primeiro, analisamos os números quânticos fornecidos:

- $n = 2$ é o número quântico principal.
- $l = 1$ corresponde ao subnível p.
- $m_l = 0$ é uma das orientações possíveis.
- $m_s = -1/2$ representa o spin do elétron.

Fazemos a distribuição dos elétrons: $1s^2$ $2s^2$

Até agora foram distribuídos 4 elétrons. Agora, é necessário preencher o subnível 2p.

Expandindo o subnível 2p:

↑↓	↑↓	↑
−1	0	+1

Começamos a partir do 5º elétron. Os primeiros 3 elétrons são distribuídos com spin ↑. O próximo elétron é distribuído com spin ↓. Para encontrar o elétron com os números quânticos desejados ($n = 2$, $l = 1$, $m_l = 0$, $m_s = -1/2$), adicionamos mais um elétron no orbital $m_l = 0$ com spin ↓. Portanto, o número máximo de elétrons que esse átomo pode ter é 9.

15. Escreva um conjunto completo de números quânticos (n, l, m_l, m_s) permitidos pela teoria quântica para cada um dos seguintes orbitais:

a) $2p^2$

No orbital $2p$:

- $n = 2$ é o número quântico principal.
- $l = 1$ é o subnível p.
- Valores permitidos de m_l: -1, 0 e $+1$.
- Para cada orbital, $m_s = +1/2$ ou $m_s = -1/2$.

Para a configuração $2p^2$, temos dois elétrons. Seguindo a regra de Hund, eles serão distribuídos em orbitais diferentes.

$\uparrow$	$\uparrow$	
-1	0	$+1$

Na tabela acima, o orbital com $m_l = -1$ contém um elétron (com $m_s = +1/2$) e o orbital com $m_l = 0$ também, enquanto o orbital $m_l = +1$ permanece vazio.

Logo, os números quânticos para o conjunto completo de números quânticos permitidos pela teoria quântica são:

$$n = 2, \quad l = 1, \quad m_l = 0, \quad m_s = +1/2.$$

b) $4f^{12}$

No orbital $4f$:

- $n = 4$ é o número quântico principal.
- $l = 3$ é o subnível f.
- Valores permitidos de m_l: -3, -2, -1, 0, $+1$, $+2$, $+3$.
- Para cada orbital, $m_s = +1/2$ ou $m_s = -1/2$.

Para a configuração $4f^{12}$, temos doze elétrons. Seguindo a regra de Hund, eles serão distribuídos nos orbitais disponíveis.

$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
-3	-2	-1	0	$+1$	$+2$	$+3$

Na tabela acima, os orbitais com $m_l = -3$, $m_l = -2$, $m_l = -1$, $m_l = 0$ e $m_l = +1$ contêm dois elétrons (um com $m_s = +1/2$ e outro com $m_s = -1/2$), enquanto os orbitais $m_l = +2$ e $m_l = +3$ contêm apenas um elétron com $m_s = +1/2$.

Logo, os números quânticos para o conjunto completo de números quânticos permitidos pela teoria quântica são:

$$n = 4, \quad l = 3, \quad m_l = +1, \quad m_s = -1/2.$$

16. Qual o número máximo de elétrons no orbital que podem ser identificados a cada um dos seguintes conjuntos de número quânticos:

    a) $n = 6$, $l = 1$, $m_l = -1$

    Primeiramente, analisamos os números quânticos fornecidos:

    $n = 6$ indica que o elétron pertence ao sexto nível de energia (camada).

    $l = 1$ corresponde ao subnível p.

    $m_l = -1$ representa uma das três orientações possíveis para um orbital p.

    No subnível p, existem três orbitais $(m_l = -1, 0, +1)$, e cada um pode acomodar no máximo 2 elétrons (um com $m_s = +1/2$ e outro com $m_s = -1/2$).

    Portanto, para satisfazer os números quânticos listados, a configuração eletrônica é $6p^1$ ou $6p^4$.

$\uparrow$		
-1	0	$+1$

ou

$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	
-1	0	$+1$

    b) $n = 3$, $l = 3$, $m_l = -3$

    Primeiramente, analisamos os números quânticos fornecidos:

    $n = 3$ indica que o elétron pertence ao terceiro nível de energia (camada).

    $l = 3$ corresponde a um subnível f.

    $m_l = -3$ representa uma das orientações possíveis para um orbital f.

    No entanto, no nível $n = 3$, o valor de l não pode ser 3, pois, pelo princípio da mecânica quântica, o valor de l deve ser restrito ao intervalo $0 \leq l \leq n-1$. Isso significa que, para $n = 3$, o valor de l pode ser 0, 1 ou 2 (os subníveis s, p e d, respectivamente). Isso ocorre porque, para cada valor de n, l é limitado a um intervalo que vai de 0 até $n-1$.

    Portanto, o conjunto de números quânticos fornecido $(n = 3,\ l = 3,\ m_l = -3)$ não existe.

$$\nexists$$

17. Um elétron num certo átomo está no nível quântico $n = 2$. Indique os valores possíveis de l e m_l.

    Analisando o número quântico $n = 2$:

    $n = 2$ indica que o elétron está no segundo nível de energia (camada).

    Para $n = 2$, os valores possíveis de l são:

$$l = 0,\ \text{subnível } s \text{ e } l = 1,\ \text{subnível } p$$

    Como l deve ser um número inteiro no intervalo $0 \leq l \leq n-1$, para $n = 2$ o valor de l pode ser 0 ou 1.

    Para cada valor de l, os valores possíveis de m_l são:

$$l = 0 \quad \Rightarrow \quad m_l = 0$$

$$l = 1 \quad \Rightarrow \quad m_l = -1,\ 0,\ +1$$

18. Indique qual (ais) dos seguintes conjuntos dos números quânticos para um átomo é (são) inaceitável (eis) e explique por quê.

a) $3, 0, 0, +1/2$

Para verificar a validade do conjunto de números quânticos $(n = 3,\ l = 0,\ m_l = 0,\ m_s = +1/2)$, analisamos cada valor individualmente:

$n = 3$ é válido, pois n deve ser um número inteiro positivo $(n \geq 1)$.

$l = 0$ é válido, pois para $n = 3$, os valores possíveis de l são $0, 1, 2$.

$m_l = 0$ é válido, pois quando $l = 0$, o único valor permitido para m_l é 0.

$m_s = +1/2$ é válido, pois m_s pode ser $+1/2$ ou $-1/2$.

Portanto, o conjunto de números quânticos $(3,\ 0,\ 0,\ +1/2)$ é válido.

b) $2, 2, 1, +1/2$

Para verificar a validade do conjunto de números quânticos $(n = 2,\ l = 2,\ m_l = 1,\ m_s = +1/2)$, analisamos cada valor individualmente:

$n = 2$ é válido, pois n deve ser um número inteiro positivo $(n \geq 1)$.

$l = 2$ é inválido, pois para $n = 2$, os valores possíveis de l são apenas $0, 1$, e $l = 2$ não é permitido.

$m_l = 1$ não pode ser analisado, pois $l = 2$ já é inválido para $n = 2$.

$m_s = +1/2$ é válido, pois m_s pode ser $+1/2$ ou $-1/2$.

Portanto, o conjunto de números quânticos $(2,\ 2,\ 1,\ +1/2)$ é inválido.

c) $4, 3, -2, +1/2$

Para verificar a validade do conjunto de números quânticos $(n = 4,\ l = 3,\ m_l = -2,\ m_s = +1/2)$, analisamos cada valor individualmente:

$n = 4$ é válido, pois n deve ser um número inteiro positivo $(n \geq 1)$.

$l = 3$ é válido, pois para $n = 4$, os valores possíveis de l são $0, 1, 2, 3$.

$m_l = -2$ é válido, pois para $l = 3$, os valores possíveis de m_l são $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$.

$m_s = +1/2$ é válido, pois m_s pode ser $+1/2$ ou $-1/2$.

Portanto, o conjunto de números quânticos $(4,\ 3,\ -2,\ +1/2)$ é válido.

19. Qual é a designação (notação) para o subnível $n = 5$ e $l = 1$? Quantos orbitais existem nesse subnível e indique os valores de m_l para cada um desses orbitais.

Para identificar a notação do subnível e determinar seus orbitais, analisamos os números quânticos fornecidos:

$n = 5$ representa a quinta camada de energia.

$l = 1$ corresponde ao subnível p, pois a relação entre l e os subníveis é:

$l = 0 \Rightarrow$ subnível s.

$l = 1 \Rightarrow$ subnível p.

$l = 2 \Rightarrow$ subnível d.

$l = 3 \Rightarrow$ subnível f.

Portanto, a notação do subnível é $5p$.

Para $l = 1$, o número de orbitais é dado pela equação $2l + 1$:

$$2(1) + 1 = 3$$

Assim, o subnível $5p$ contém 3 orbitais.

Os valores possíveis de m_l representam as diferentes orientações dos orbitais no espaço. Para o subnível p, existem três orbitais, que possuem os seguintes valores:

$$m_l = -1, 0, +1.$$

20. Em relação aos números quânticos responda:

a) A notação da subcamada e o número de orbitais para: $\{n = 6,\ l = 1\}$, $\{n = 5,\ l = 3\}$, $\{n = 4,\ l = 2\}$.

Para cada conjunto de números quânticos:

Para $\{n = 6,\ l = 1\}$:

$n = 6$ representa a sexta camada de energia.

$l = 1$ corresponde ao subnível p.

Assim, a notação é $6p$ e o número de orbitais é $2(1) + 1 = 3$.

Os valores de m_l são: $-1,\ 0,\ +1$.

Para $\{n = 5,\ l = 3\}$:

$n = 5$ representa a quinta camada de energia.

$l = 3$ corresponde ao subnível f.

Assim, a notação é $5f$ e o número de orbitais é $2(3) + 1 = 7$.

Os valores de m_l são: $-3,\ -2,\ -1,\ 0,\ +1,\ +2,\ +3$.

Para $\{n = 4,\ l = 2\}$:

$n = 4$ representa a quarta camada de energia.

$l = 2$ corresponde ao subnível d.

Assim, a notação é $4d$ e o número de orbitais é $2(2) + 1 = 5$.

Os valores de m_l são: $-2,\ -1,\ 0,\ +1,\ +2$.

b) A ordem crescente de energia dos conjuntos de número quânticos de (a).

A energia dos subníveis pode ser aproximada pela soma $n+l$. Assim, calculamos:

Para $\{n=4, l=2\}$: $n+l=4+2=6$.
Para $\{n=6, l=1\}$: $n+l=6+1=7$.
Para $\{n=5, l=3\}$: $n+l=5+3=8$.

Portanto, em ordem crescente de energia, temos:

$$(n=4,\ l=2)\,(4d) < (n=6,\ l=1)\,(6p) < (n=5,\ l=3)\,(5f).$$

21. Com relação aos números quânticos responda:

a) O número de elétrons no orbital p do terceiro nível do elemento de número atômico 16.

O elemento de número atômico 16 é o enxofre (S), cuja configuração eletrônica é:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$$

O orbital p do terceiro nível corresponde ao subnível $3p$.

Observamos que $3p$ contém 4 elétrons. Portanto, a resposta é:

$$4\ e^-$$

b) O conjunto dos quatro números quânticos para o último elétron de um átomo neutro, cuja configuração é: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$.

A configuração eletrônica fornecida termina em $4s^2$, indicando que o último elétron ocupa o orbital $4s$.

Os números quânticos desse elétron são:

$n=4$ representa a quarta camada de energia.
$l=0$ indica que se trata de um orbital s.
$m_l=0$, pois no subnível s, só existe um orbital possível.
$m_s=-1/2$, pois é o segundo elétron a ocupar esse orbital.

Portanto, o conjunto dos quatro números quânticos para o último elétron é:

$$n=4,\ l=0,\ m_l=0,\ m_s=-1/2$$

22. Quais são os quatro números quânticos do último elétron representado, seguindo a regra de Hund, ao efetuar a representação gráfica de 9 elétrons no subnível $4f$?

O subnível $4f$ possui 7 orbitais, correspondendo aos seguintes valores de m_l:

$$m_l = -3,\ -2,\ -1,\ 0,\ +1,\ +2,\ +3.$$

Cada orbital pode conter no máximo 2 elétrons, um com spin $+1/2$ e outro com $-1/2$.

Seguindo a regra de Hund, ao distribuir 9 elétrons no subnível $4f$, primeiro ocupamos os 7 orbitais com elétrons de spins paralelos $(+1/2)$, e depois começamos a emparelhar os orbitais já preenchidos.

O nono elétron será o primeiro a emparelhar, ou seja, ocupará um orbital já preenchido com spin $+1/2$, mas agora com spin $-1/2$.

$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
-3	-2	-1	0	$+1$	$+2$	$+3$

Assim, os números quânticos do último elétron representado são:

$$n = 4,\ l = 3,\ m_l = -2,\ m_s = -1/2.$$

23. Qual o conjunto dos quatro números quânticos para o elétron diferenciador do íon $^{20}\mathrm{Ca}^{+2}$?

O elemento $^{20}\mathrm{Ca}$ (Cálcio) possui número atômico 20, e sua configuração eletrônica no estado fundamental é:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$$

O íon Ca^{+2} resulta da remoção de dois elétrons da camada mais externa, ou seja, os elétrons do subnível $4s$ são removidos. Assim, a configuração eletrônica do Ca^{+2} fica:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$$

O elétron diferenciador agora é o último elétron adicionado ao estado fundamental neutro, ou seja, o último elétron de $3p^6$.

Os números quânticos desse elétron são:

$n = 3$ representa a terceira camada de energia.

$l = 1$ indica que o elétron está em um orbital p.

$m_l = 0$, pois o elétron pode estar em qualquer um dos três orbitais p $(m_l = -1,\ 0,\ +1)$, e por convenção, escolhemos -1.

$m_s = -1/2$, pois é o segundo elétron a ocupar esse orbital.

$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$
-1	0	$+1$

Portanto, o conjunto dos quatro números quânticos para o elétron diferenciador do Ca^{+2} é:

$$n = 3,\ l = 1,\ m_l = -1,\ m_s = -1/2.$$