

EXERCÍCIOS

ESTRUTURA ELETRONICA

Questão 1

O molibdênio metálico tem de absorver radiação com frequência mínima de $1,09 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ antes que ele emita um elétron de sua superfície via efeito fotoelétrico.

- Calcule a energia mínima para retirar 1 mol de elétrons de uma placa de molibdênio metálico.
- Calcule o comprimento de onda associado a radiação. Em que região do espectro eletromagnético esta radiação é encontrada?

Questão 2

Quando uma radiação de $1,02 \times 10^{15} \text{ Hz}$ é direcionada sobre uma amostra de rubídio (Rb), elétrons são ejetados, ou seja, ocorre a ionização do Rb.

- Calcule a energia de ionização, em kJ mol^{-1} , do Rb.
- Calcule o comprimento de onda associado a radiação. Em que região do espectro eletromagnético esta radiação é encontrada?

Questão 3

O comprimento de onda de um fóton que remove um elétron de uma superfície de rubídio (Rd) é de 500 nm, enquanto que para a prata (Ag) é de 261 nm.

- Calcule a energia requerida para remover **um mol de elétrons** de cada superfície.
- Qual superfície requer maior energia?
- Qual metal poderia ser utilizado numa fotocélula quando se faz incidir luz na região do visível sobre a sua superfície? **Justifique.**

Questão 4

Lâmpadas de vapor de sódio, usadas na iluminação pública, emitem luz amarela de 589 nm.

- Calcule a energia emitida por um átomo de sódio excitado quando ele gera um fóton.
- Calcule a energia emitida por 1,00 g de átomos de sódio emitindo luz a esse comprimento de onda.

Questão 5

Considere as seguintes afirmações e determine se são verdadeiras ou falsas. **Justifique sua resposta.**

- Fótons de radiação ultravioleta têm energia menor que fótons de radiação infravermelha.
- A energia cinética de um elétron ejetado de uma superfície metálica quando o metal é irradiado com radiação ultravioleta é independente da frequência da radiação.

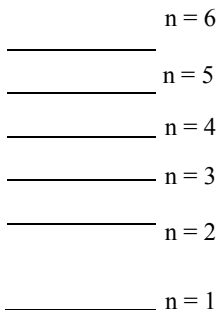
Questão 6

Considere o átomo de hidrogênio no estado excitado, com um elétron no orbital 5p.

- Liste todos os conjuntos possíveis de números quânticos para esse elétron.

| | | | |
|-----|----------|------------|---------|
| n = | $\ell =$ | $m_\ell =$ | $m_s =$ |
|-----|----------|------------|---------|

- No diagrama abaixo, represente todas as transições de **emissão** possíveis para esse elétron, considerando **apenas** a serie de Balmer. Calcule o comprimento de onda da radiação emitida de menor energia.



Questão 7

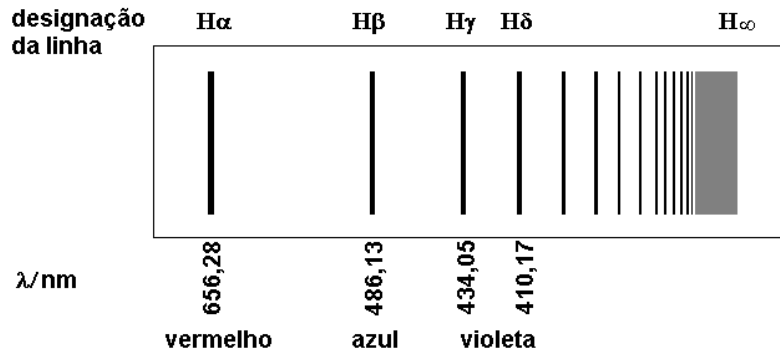
- Complete a tabela abaixo:

| Valor de ℓ | Tipo de orbital | Número de orbitais em determinada subcamada | Número de superfícies nodais |
|-----------------|-----------------|---|------------------------------|
| 0 | | | |
| 1 | | | |
| | d | | |
| | | 7 | |

- Utilizando diagramas de superfície limite, faça o desenho do orbital $2p_z$, indicando os eixos cartesianos envolvidos e os sinais das funções de onda.
- Dê o número máximo de orbitais que pode ser associado ao conjunto de números quânticos: $n = 3$, $\ell = 2$, $m_\ell = -2$. Justifique.

Questão 8

- a) Calcule o comprimento de onda da radiação emitida por um átomo de hidrogênio quando um elétron faz uma transição entre os níveis $n_2=3$ e $n_1 = 2$. Identifique na figura abaixo a linha espectral produzida por essa transição.



- b) No espectro do hidrogênio atômico, muitas linhas são agrupadas juntas como pertencendo a uma série (série de Balmer, série de Lyman, série de Paschen). O que as linhas de uma série têm em comum que torna lógico juntá-las em um grupo?

Questão 9

- a) Os três números quânticos de um elétron em um átomo de hidrogênio em um determinado estado são $n = 3$, $\ell = 1$ e $m_\ell = -1$. Em que tipo de orbital esse elétron está localizado?
- b) Utilizando os eixos cartesianos próprios, faça um diagrama de superfície limite que ilustre o tipo de orbital descrito no item 'a'. Indique o número de planos nodais e o número de nós radiais presentes.

Questão 10

- a) Qual das seguintes transições eletrônicas em um átomo de hidrogênio poderia emitir fótons de maior energia? **Justifique. Não é necessário fazer nenhum cálculo.**
- i) $n = 3$ para $n = 2$ ii) $n = 2$ para $n = 1$ iii) $n = 3$ para $n = 1$ iv) $n = 1$ para $n = 3$
- b) Descreva como o modelo de átomo proposto por Bohr explica o espectro do átomo de hidrogênio.
- c) A energia de ionização de um mol de átomos de hidrogênio que estão no estado fundamental ($n=1$) é de 1312 kJ mol^{-1} . O valor da energia de ionização de um mol de átomos que estão no primeiro estado excitado ($n = 2$) deve ser maior ou menor que 1312 kJ mol^{-1} ? **Justifique sua resposta.**
- d) Confirme sua resposta do **item (c)**, calculando a energia de ionização de um mol de átomos de hidrogênio que estão no primeiro estado excitado ($n = 2$).

EXERCÍCIOS
ESTRUTURA ELETRONICA RESOLVIDOS

Questão 1

O molibdênio metálico tem de absorver radiação com frequência mínima de $1,09 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ antes que ele emita um elétron de sua superfície via efeito fotoelétrico.

- a) Calcule a energia mínima para retirar 1 mol de elétrons de uma placa de molibdênio metálico.

$$E = h\nu$$
$$E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1,09 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} = 7,23 \times 10^{-19} \text{ J (1 elétron)}$$
$$E = 7,23 \times 10^{-19} \text{ J} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 435047 \text{ J mol}^{-1} \text{ ou } 435 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ (1 mol de elétrons)}$$

- b) Calcule o comprimento de onda associado a radiação. Em que região do espectro eletromagnético esta radiação é encontrada?

$$v\lambda = c \rightarrow \lambda = c/v$$
$$\lambda = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 1,09 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} = 2,75 \times 10^{-7} \text{ m ou } 275 \text{ nm}$$

Região do espectro: ultravioleta

Questão 2

Quando uma radiação de $1,02 \times 10^{15} \text{ Hz}$ é direcionada sobre uma amostra de rubídio (Rb), elétrons são ejetados, ou seja, ocorre a ionização do Rb.

- a) Calcule a energia de ionização, em kJ mol^{-1} , do Rb.

$$E = h\nu$$
$$E = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1,02 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} = 6,76 \times 10^{-19} \text{ J (1 elétron)}$$
$$E = 6,76 \times 10^{-19} \text{ J} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 407108 \text{ J mol}^{-1} \text{ ou } 407 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ (1 mol de elétrons)}$$

- b) Calcule o comprimento de onda associado a radiação. Em que região do espectro eletromagnético esta radiação é encontrada?

$$v\lambda = c \rightarrow \lambda = c/v$$
$$\lambda = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 1,02 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} = 2,94 \times 10^{-7} \text{ m ou } 294 \text{ nm}$$

Região do espectro: ultravioleta

Questão 3

O comprimento de onda de um fóton que remove um elétron de uma superfície de rubídio (Rb) é de 500 nm, enquanto que para a prata (Ag) é de 261 nm.

- a) Calcule a energia requerida para remover **um mol de elétrons** de cada superfície.

$$\begin{aligned} E(\text{Rb}) &= hc/\lambda \\ E(\text{Rb}) &= 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 500 \times 10^{-9} \text{ m} = 3,98 \times 10^{-19} \text{ J} \\ E(\text{Rb}) &= 3,98 \times 10^{-19} \text{ J} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = \mathbf{239 \text{ kJ mol}^{-1}} \\ E(\text{Ag}) &= 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 261 \times 10^{-9} \text{ m} = 7,62 \times 10^{-19} \text{ J} \\ E(\text{Ag}) &= 3,98 \times 10^{-19} \text{ J} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = \mathbf{458 \text{ kJ mol}^{-1}} \end{aligned}$$

- b) Qual superfície requer maior energia?

A superfície que requer maior energia é a superfície de prata.

- c) Qual metal poderia ser utilizado numa fotocélula quando se faz incidir luz na região do visível sobre a sua superfície? **Justifique.**

O rubídio uma vez que para remover elétrons de sua superfície o fóton deve ter comprimento de onda de 500 nm, que corresponde a região do visível.

Questão 4

Lâmpadas de vapor de sódio, usadas na iluminação pública, emitem luz amarela de 589 nm.

- a) Calcule a energia emitida por um átomo de sódio excitado quando ele gera um fóton.

$$\begin{aligned} E &= hc/\lambda \\ E &= 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 589 \times 10^{-9} \text{ m} = 3,38 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

- b) Calcule a energia emitida por 1,00 g de átomos de sódio emitindo luz a esse comprimento de onda.

$$\begin{aligned} \text{MM}(\text{Na}) &= 23 \text{ g mol}^{-1} \\ n(\text{Na}) &= 1,00 \text{ g} / 23 \text{ g mol}^{-1} = 0,0435 \text{ mol} \\ E &= 3,38 \times 10^{-19} \text{ J} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 203,5 \text{ kJ mol}^{-1} \\ E &= 203,5 \text{ kJ mol}^{-1} \times 0,0435 \text{ mol} = 8,85 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Questão 5

Considere as seguintes afirmações e determine se são verdadeiras ou falsas. **Justifique sua resposta.**

- a) Fótons de radiação ultravioleta têm energia menor que fótons de radiação infravermelha.

Falso. A energia é proporcional a frequência e inversamente proporcional ao comprimento de onda. Portanto, fótons de radiação ultravioleta terão energia maior que fótons de radiação infravermelha.

- b) A energia cinética de um elétron ejetado de uma superfície metálica quando o metal é irradiado com radiação ultravioleta é independente da frequência da radiação.

Falso. A Energia cinética independe da intensidade da radiação, mas é diretamente proporcional a frequência da radiação. $E_{\text{cinética}} = hv - \text{energia necessária para remover o elétron}$.

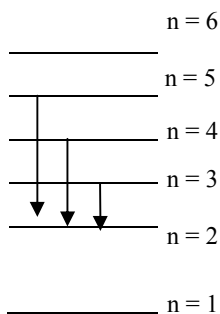
Questão 6

Considere o átomo de hidrogênio no estado excitado, com um elétron no orbital 5p.

- a) Liste todos os conjuntos possíveis de números quânticos para esse elétron.

| | | | |
|---------|------------|---------------------|--------------------|
| $n = 5$ | $\ell = 1$ | $m_\ell = -1, 0, 1$ | $m_s = +1/2, -1/2$ |
|---------|------------|---------------------|--------------------|

- b) No diagrama abaixo, represente todas as transições de **emissão** possíveis para esse elétron, considerando **apenas** a serie de Balmer. Calcule o comprimento de onda da radiação emitida de menor energia.



Como mostra a figura, a transição que envolve menor energia é a de $n = 3$ para $n = 2$.

$$\Delta E = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 2,18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 3,03 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 3,03 \times 10^{-19} \text{ J}$$

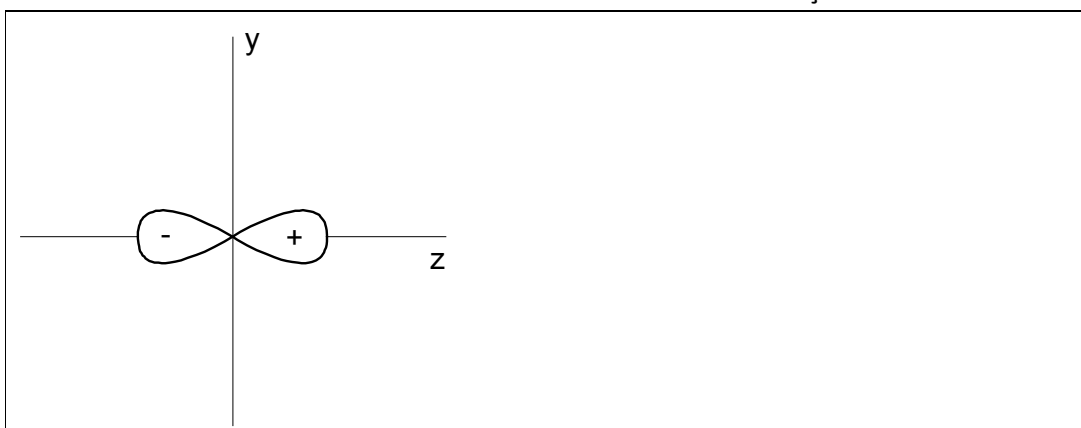
$$\lambda = 6,56 \times 10^{-7} \text{ m ou } 656 \text{ nm}$$

Questão 7

a) Complete a tabela abaixo:

| Valor de ℓ | Tipo de orbital | Número de orbitais em determinada subcamada | Número de superfícies nodais |
|-----------------|-----------------|---|------------------------------|
| 0 | s | 1 | 0 |
| 1 | p | 3 | 1 |
| 2 | d | 5 | 2 |
| 3 | f | 7 | 3 |

b) Utilizando diagramas de superfície limite, faça o desenho do orbital $2p_z$, indicando os eixos cartesianos envolvidos e os sinais das funções de onda.

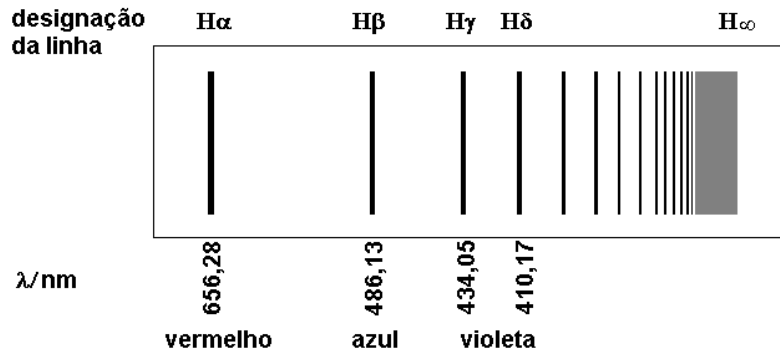


c) Dê o número máximo de orbitais que pode ser associado ao conjunto de números quânticos: $n = 3$, $\ell = 2$, $m_\ell = -2$. Justifique.

Apenas um orbital atômico pode estar associado a esse conjunto de números quânticos, pois cada valor de m_ℓ , corresponde a um único orbital.

Questão 8

- a) Calcule o comprimento de onda da radiação emitida por um átomo de hidrogênio quando um elétron faz uma transição entre os níveis $n_2=3$ e $n_1 = 2$. Identifique na figura abaixo a linha espectral produzida por essa transição.



$$\Delta E = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 2,18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 3,03 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} / 3,03 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = 6,56 \times 10^{-7} \text{ m ou } 656 \text{ nm}$$

A linha espectral produzida por essa transição é H α .

- b) No espectro do hidrogênio atômico, muitas linhas são agrupadas juntas como pertencendo a uma série (série de Balmer, série de Lyman, série de Paschen). O que as linhas de uma série têm em comum que torna lógico juntá-las em um grupo?

Cada série corresponde a uma região do espectro eletromagnético. As transições da série de Balmer ocorrem na região do visível, a série de Lyman corresponde a transições na região do ultravioleta enquanto que a série de Paschen corresponde a transições na região do infravermelho.

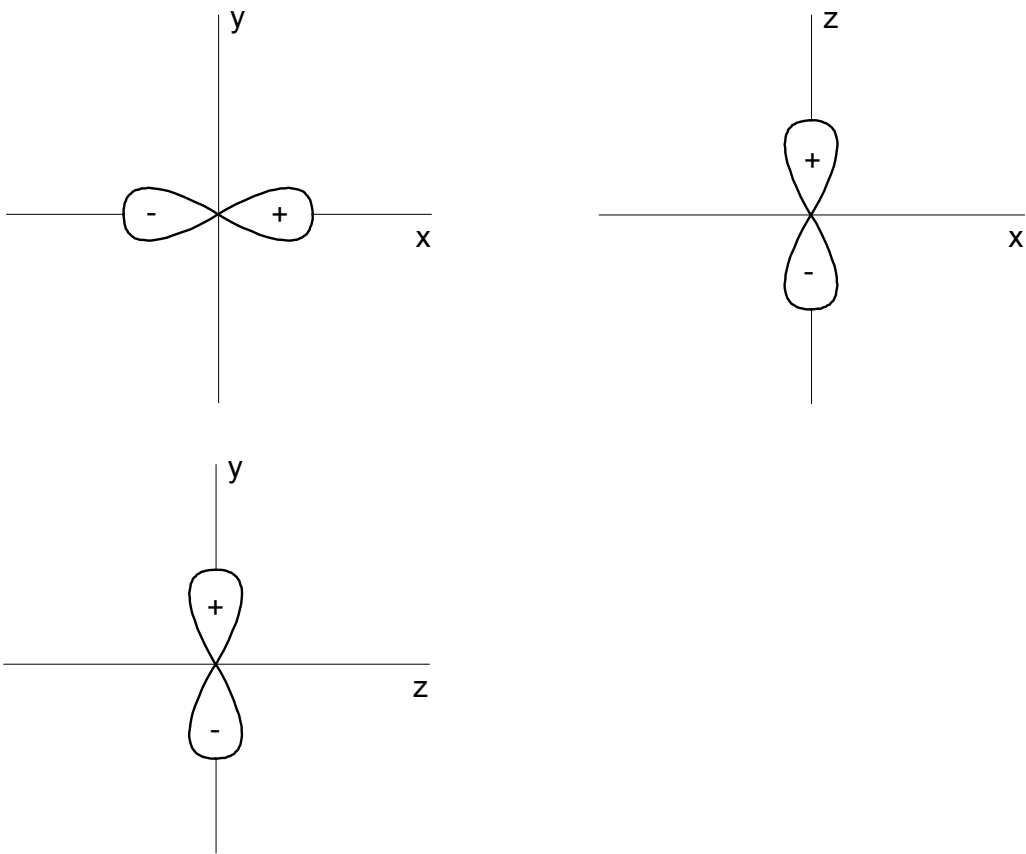
Questão 9

- a) Os três números quânticos de um elétron em um átomo de hidrogênio em um determinado estado são $n = 3$, $\ell = 1$ e $m_\ell = -1$. Em que tipo de orbital esse elétron está localizado?

Esse elétron está localizado em um orbital p.

- b) Utilizando os eixos cartesianos próprios, faça um diagrama de superfície limite que ilustre o tipo de orbital descrito no item 'a'. Indique o número de planos nodais e o número de nós radiais presentes.

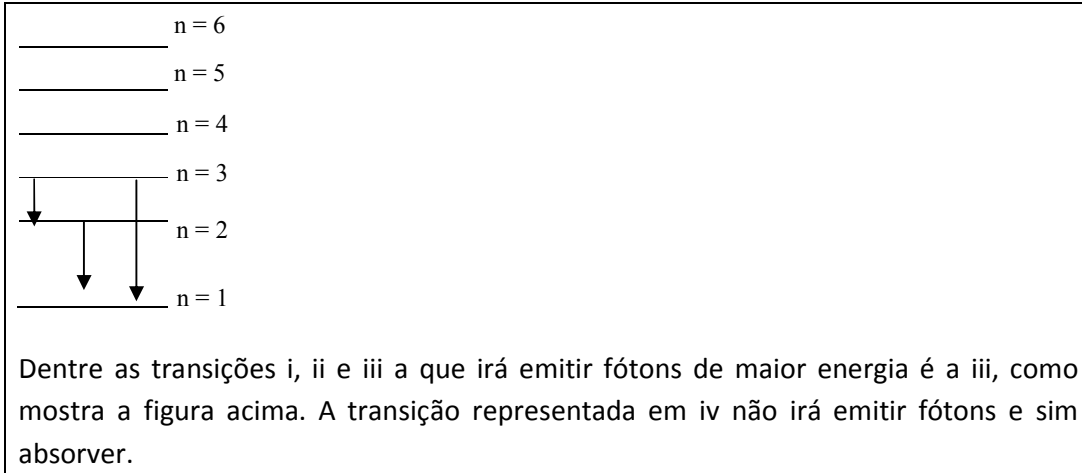
Os orbitais p possuem um plano nodal. Como se trata de um orbital 3p, teremos também um nó radial que pode ser obtido através da fórmula ' $n - \ell - 1$ '.



Questão 10

a) Qual das seguintes transições eletrônicas em um átomo de hidrogênio poderia emitir fótons de maior energia? **Justifique.** Não é necessário fazer nenhum cálculo.

i) $n = 3$ para $n = 2$ ii) $n = 2$ para $n = 1$ iii) $n = 3$ para $n = 1$ iv) $n = 1$ para $n = 3$



b) Descreva como o modelo de átomo proposto por Bohr explica o espectro do átomo de hidrogênio.

De acordo com Bohr as linhas nos espectros de gases excitados surgem devido ao movimento dos elétrons entre os estados de energia no átomo. Já que os estados de energia são quantizados, a luz emitida por átomos excitados deve ser quantizada e aparecer como espectro de linhas.

c) A energia de ionização de um mol de átomos de hidrogênio que estão no estado fundamental ($n = 1$) é de 1312 kJ mol^{-1} . O valor da energia de ionização de um mol de átomos que estão no primeiro estado excitado ($n = 2$) deve ser maior ou menor que 1312 kJ mol^{-1} ? **Justifique sua resposta.**

Menor. Uma vez que a transição entre $n = 1$ e $n = \infty$ é maior do que a transição entre $n = 2$ e $n = \infty$.

d) Confirme sua resposta do **item (c)**, calculando a energia de ionização de um mol de átomos de hidrogênio que estão no primeiro estado excitado ($n = 2$).

$$\Delta E = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 2,18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = 5,45 \times 10^{-19} \text{ J}$$
$$\Delta E = 5,45 \times 10^{-19} \text{ J} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 328 \text{ kJ mol}^{-1}$$