

## IME 2024

### INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

#### Questões objetivas e dissertativas

#### COMISSÃO DE EXAME INTELECTUAL

#### INSTRUÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DA PROVA

1. Você recebeu este **CADERNO DE QUESTÕES** e um **CARTÃO DE RESPOSTAS**.
2. Este caderno de questões possui, além das capas externas, 24 (vinte e quatro) páginas, das quais 23 (vinte e três) contêm 40 (quarenta) questões objetivas, cada uma com valor igual a 0,25 (zero vírgula vinte e cinco), e 3 (três) páginas destinadas ao rascunho. Observe que as respostas deverão ser lançadas no cartão de respostas. Respostas lançadas no caderno de questões não serão consideradas para efeito de correção.
3. Para realizar esta prova, você poderá usar lápis (ou lapiseira), caneta azul ou preta, borracha, apontador, par de esquadros, compasso, régua milimetrada e transferidor.
4. A interpretação das questões faz parte da prova, portanto são vedadas perguntas à Comissão de Aplicação e Fiscalização (CAF).
5. Cada questão objetiva admite uma **única** resposta, que deve ser assinalada no cartão de respostas a **caneta azul**, no **local correspondente ao número da questão**. O assinalamento de duas respostas para a mesma questão implicará na anulação da questão.
6. Siga atentamente as instruções do cartão de respostas para o preenchimento do mesmo. Cuidado para não errar ao preencher o cartão.
7. O tempo total para a execução da prova é limitado a **4 (quatro) horas**.
8. **Não haverá tempo suplementar para o preenchimento do cartão de respostas.**
9. Não é permitido deixar o local de exame antes de transcorrido o prazo de **1 (uma) hora** de execução de prova.
10. Os 03 (três) últimos candidatos a terminar a prova deverão permanecer em sala para acompanhar a conclusão dos trabalhos da CAF.
11. Leia os enunciados com atenção. Resolva as questões na ordem que mais lhe convier.
12. Não é permitido destacar quaisquer das folhas que compõem este caderno.
13. Aguarde o aviso para iniciar a prova. Ao terminá-la, avise o fiscal e aguarde-o no seu lugar.
14. A devolução deste **CADERNO DE QUESTÕES** e do **CADERNO DE RESPOSTAS** é obrigatória. O não cumprimento dessa exigência eliminará o candidato do concurso de admissão.

QUESTÕES OBJETIVAS

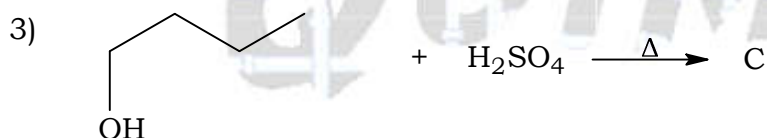
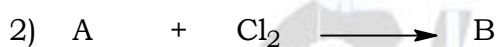
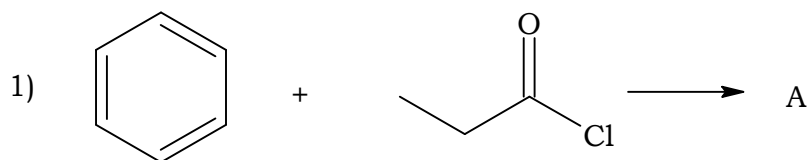
CONCURSO DE ADMISSÃO 2023 - 2024

AO

CONCURSO DE FORMAÇÃO E GRADUAÇÃO

Questão 31 – Valor: 0,25

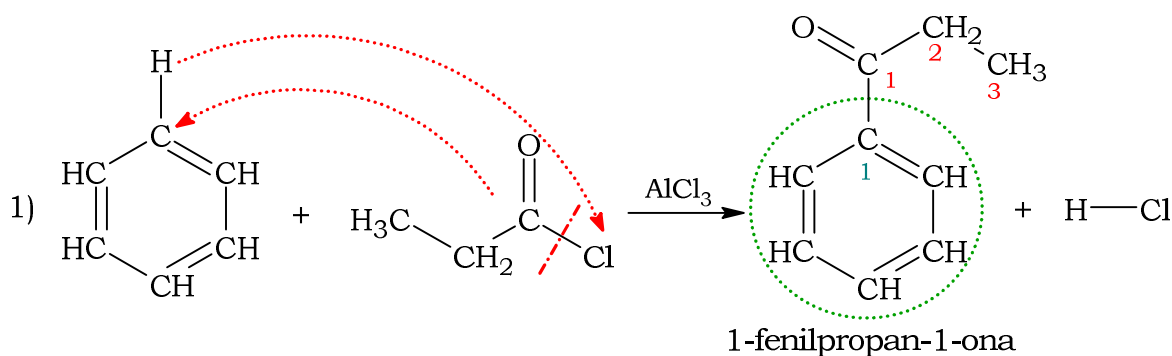
Considere as reações na sequência abaixo:

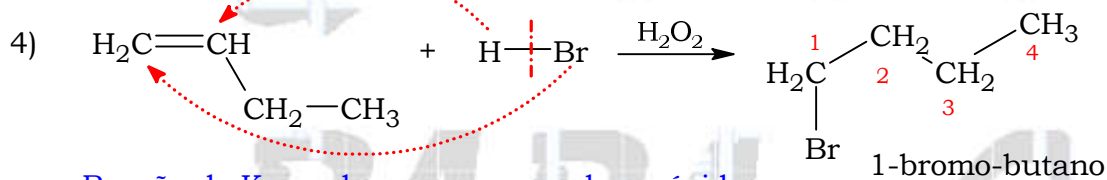
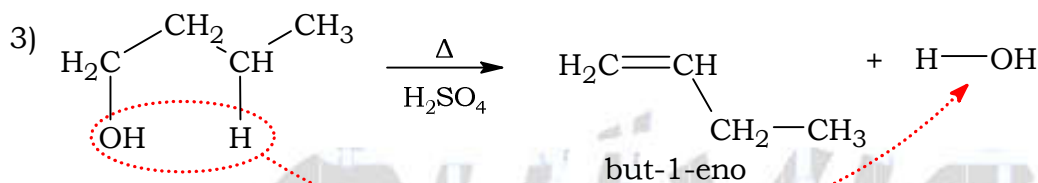
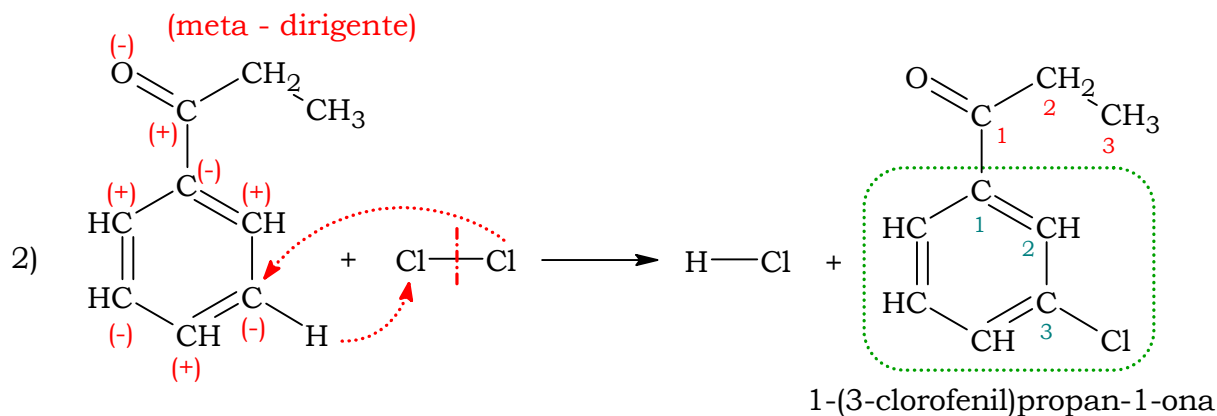


Sabendo que A, B, C e D representam os compostos orgânicos formados majoritariamente em cada uma das reações, a alternativa que contém as nomenclaturas viáveis para cada um desses compostos, respectivamente, é:

- (A) 1-fenilpropan-1-ona; 1-(3-clorofenil)propan-1-ona; but-1-eno; 1-bromo-butano
- (B) 1-fenilpropan-2-ona; 1-(4-clorofenil)propan-2-ona; but-2-eno; 1-bromo-butano
- (C) 1-fenilpropan-1-ona; 1-(3-clorofenil)propan-1-ona; but-1-eno; 2-bromo-butano
- (D) 1-fenilpropan-2-ona; 1-(4-clorofenil)propan-2-ona; but-1-eno; 2-bromo-butano
- (E) 1-fenilpropan-1-ona; 3-(3-clorofenil)propan-2-ona; but-2-eno; 2-bromo-butano

Resolução: alternativa A





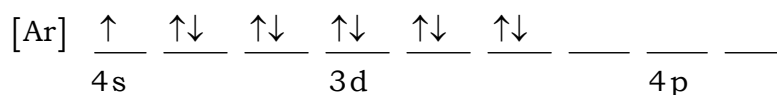
Reação de Karasch: em presença de peróxidos

Questão 32 – Valor: 0,25

Considere o esboço parcial da Tabela Periódica representado abaixo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Sabe-se que um cátion trivalente apresenta o seguinte diagrama de preenchimento orbital:

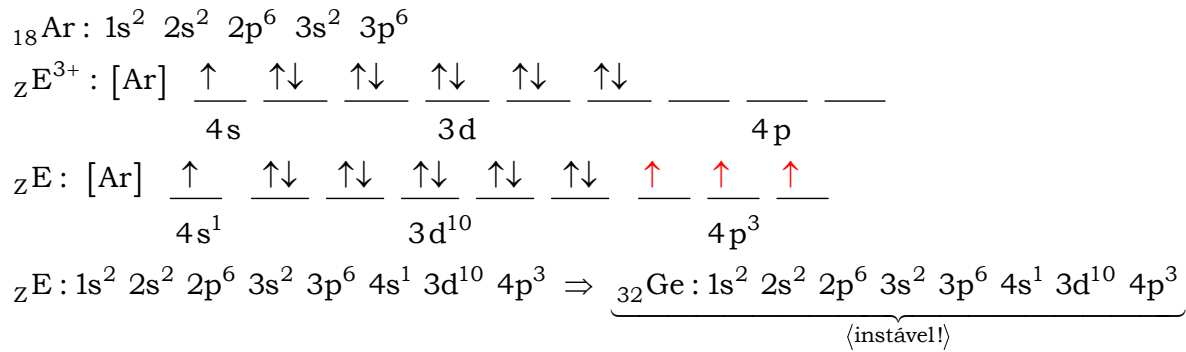


O elemento químico correspondente a esse cátion é o:

- (A) Al                      (B) Cu                      (C) Ni                      (D) Ge                      (E) Se

**Resolução: alternativa D**

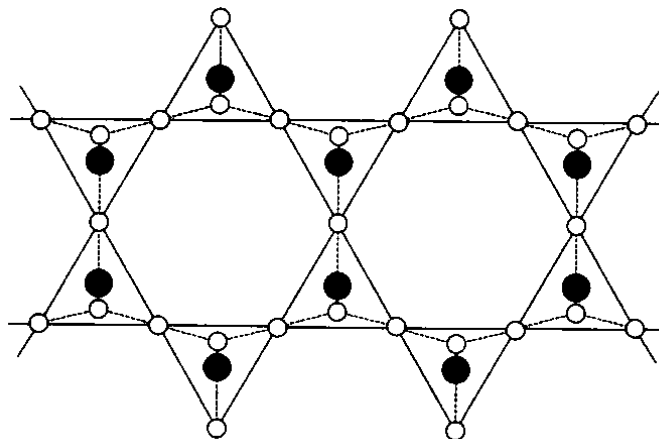
Preenchendo o esquema fornecido na figura, vem:



Obs.:  ${}_{32}\text{Ge} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$  (mais estável)

**Questão 33 – Valor: 0,25**

“Amianto” é o nome genérico de muitos minerais fibrosos de silicatos. O amianto mais importante, o crisótilo, é um silicato de magnésio hidratado. O íon silicato do crisótilo é estruturado como linha dupla de tetraedros formados por átomos de Silício (círculos pretos) e de Oxigênio (círculos brancos) como representado na figura abaixo.



Diante do exposto, a composição geral do íon silicato do crisótilo é:

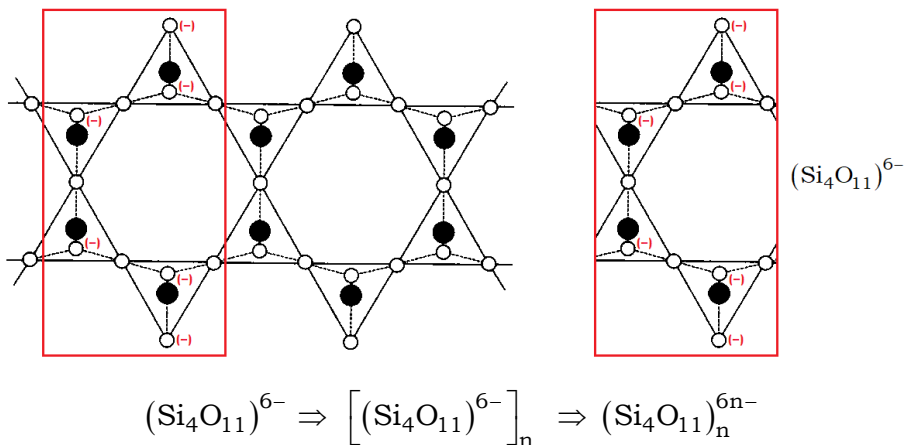
- (A)  $(\text{SiO}_4)_n^{4n-}$
- (B)  $(\text{Si}_2\text{O}_5)_n^{2n-}$
- (C)  $(\text{Si}_2\text{O}_6)_n^{3n-}$
- (D)  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})_n^{6n-}$
- (E)  $(\text{Si}_4\text{O}_{13})_n^{10n-}$

**Resolução: sem resposta.**

O amianto é um tipo de silicato que contém uma estrutura tetraédrica.

Os tetraedros podem ser organizados em uma camada dupla, que é a classe dos anfibólios do amianto  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$  ou em uma folha extensa, que é a classe das serpentinas (caso da crisotila; fórmula básica  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ).

Observe a dupla camada da estrutura do silicato de anfíbólio (amianto ou asbeto):



**Observação:** a figura do enunciado não está de acordo com o texto da questão.

**Questão 34 – Valor: 0,25**

Um drone submarino estava navegando a 90 m de profundidade e a uma pressão de 10 atm, quando o casco sofreu uma avaria. Para trazê-lo a superfície, foi acionado um dispositivo de emergência, que produz hidrogênio por uma célula eletroquímica contendo 2 L de solução aquosa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  com concentração 2 mol/L. A eletrolise foi encerrada quando o drone atingiu a superfície. Nesse momento, o restante da solução aquosa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  foi analisado nas CNTP, tendo sido verificado que sua concentração era de 8 mol/L.

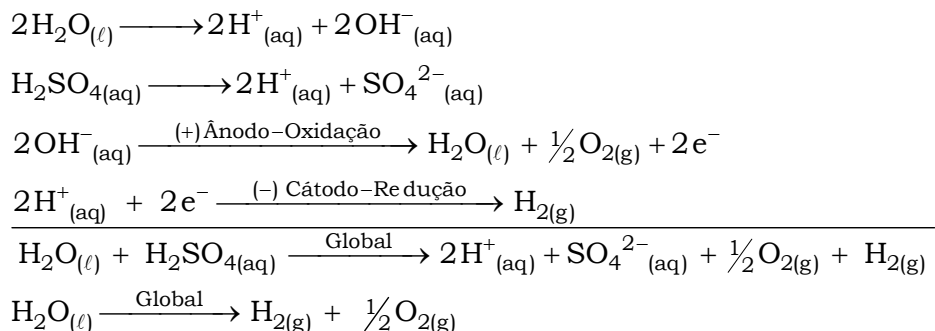
A única alternativa correta é:

- (A) A uma pressão de 10 atm, o catodo passou a agir como anodo e o anodo como catodo.
- (B) A estrutura interna do drone sofreu avarias, porque o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  decomposto no anodo gerou vapores corrosivos.
- (C) O volume de  $\text{H}_2\text{O}$  consumido foi de 1,5 L.
- (D) A massa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  restante foi de 49 g.
- (E) O volume da solução aquosa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reduziu para 75 % do seu valor inicial.

**Resolução: alternativa C**

(A) Incorreta. A variação da pressão não altera a oxidorredução, ou seja, o catodo não passa a agir como anodo, nem vice-versa.

(B) Incorreta. O  $\text{H}_2\text{SO}_4$  decomposto no anodo não gera vapores corrosivos.



(C) Correta. O volume de H<sub>2</sub>O consumido foi de 1,5 L (variação de volume).

$$[\text{H}_2\text{SO}_4]_{\text{inicial}} \times V_{\text{inicial}} = [\text{H}_2\text{SO}_4]_{\text{final}} \times V_{\text{final}}$$

$$2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2,0 \text{ L} = 8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V_{\text{final}}$$

$$V_{\text{final}} = \frac{2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L}}{8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,5 \text{ L}$$

$$\Delta V = |V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}| = |0,5 \text{ L} - 2,0 \text{ L}|$$

$$\Delta V = 1,5 \text{ L (variação de volume)}$$

(D) Incorreta. A massa de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> restante foi de 392 g.

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \text{constante}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4]_{\text{inicial}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{inicial})}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{inicial}}} \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{inicial})} = [\text{H}_2\text{SO}_4]_{\text{inicial}} \times M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{inicial}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{inicial})} = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 \text{ L} = 392 \text{ g}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4]_{\text{final}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{final})}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{final}}} \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{final})} = [\text{H}_2\text{SO}_4]_{\text{final}} \times M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{final}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{final})} = 8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0,5 \text{ L} = 392 \text{ g}$$

(E) Incorreta. O volume da solução aquosa de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reduziu para 25 % do seu valor inicial.

$$V_{\text{final}} = 0,5 \text{ L}$$

$$V_{\text{inicial}} = 2,0 \text{ L}$$

$$\frac{V_{\text{final}}}{V_{\text{inicial}}} = \frac{0,5 \text{ L}}{2,0 \text{ L}} \Rightarrow \frac{V_{\text{final}}}{V_{\text{inicial}}} = 0,25 = \frac{25}{100} \Rightarrow V_{\text{final}} = (25\%) \times V_{\text{inicial}}$$

### Questão 35 – Valor: 0,25

Com relação aos compostos de interesse bioquímico abaixo, a alternativa INCORRETA é:

(A) Dentre os compostos timina, prolina, ácido aspártico e lisina, a timina é o único composto que não forma ligação peptídica.

(B) Os aminoácidos são anfóteros, podendo doar ou receber prótons (H<sup>+</sup>) de acordo com o conceito de ácido base de Brönstede-Lowry.

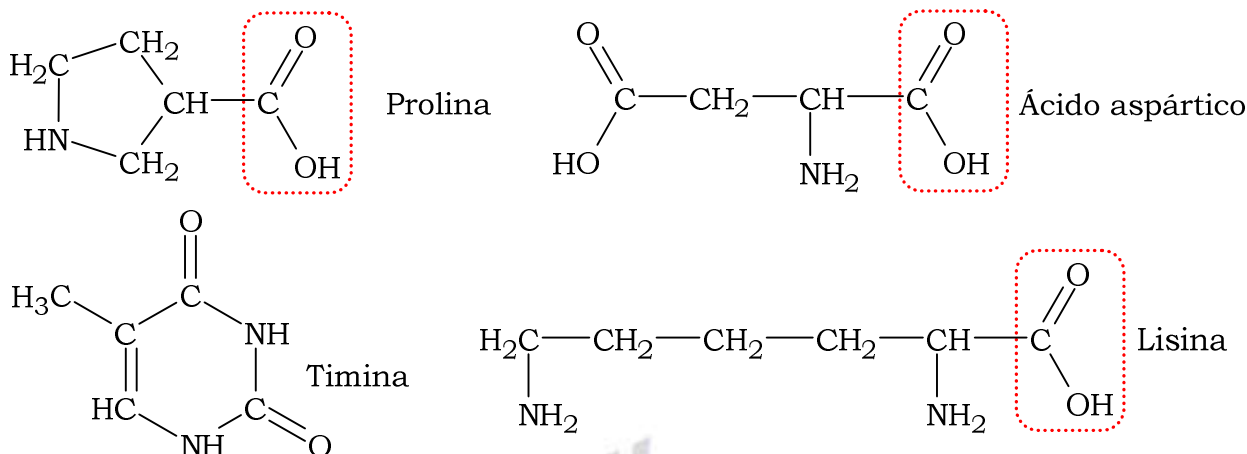
(C) O RNA tem em sua estrutura diferentes combinações dos nucleotídeos formados pelas bases nitrogenadas purínicas adenina e guanina e pelas bases nitrogenadas pirimidínicas uracila e citosina.

(D) Os aminoácidos sintetizados em quantidade suficiente pelo sistema metabólico de certos organismos vivos são denominados não essenciais.

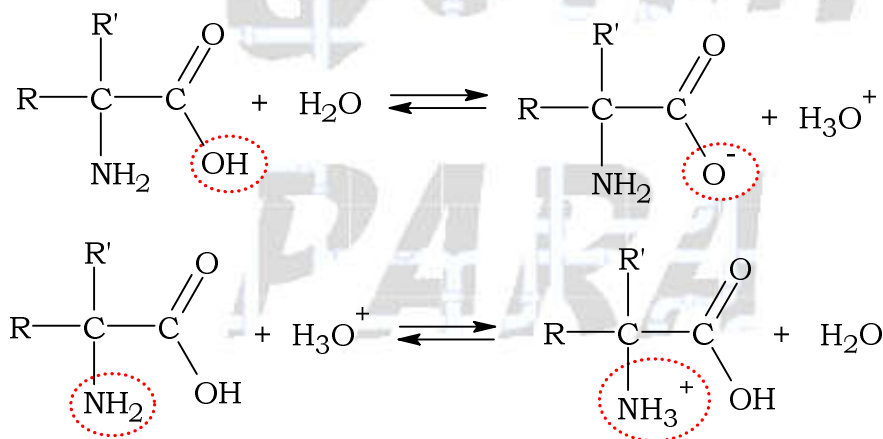
(E) Os aminoácidos valina e glicina são constituintes das proteínas, opticamente ativos e formam ligações peptídicas.

**Resolução: alternativas E**

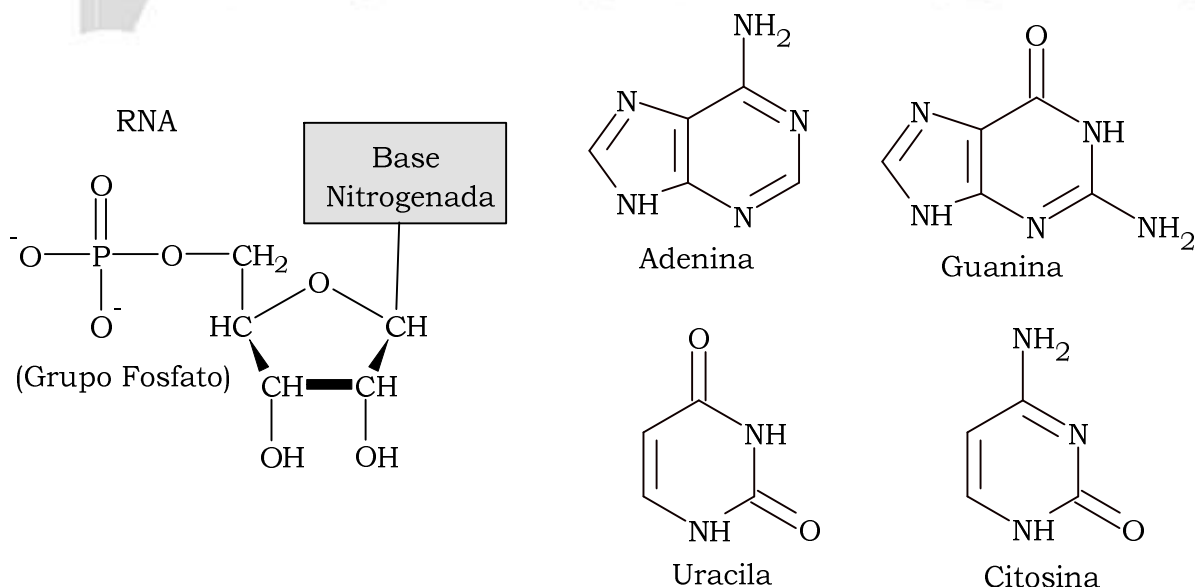
(A) Correta. Dentre os compostos timina, prolina, ácido aspártico e lisina, a timina é o único composto que não forma ligação peptídica, pois não possui o grupo carboxila (-COOH).



(B) Correta. Os aminoácidos são anfóteros, podendo doar ou receber prótons (H<sup>+</sup>) de acordo com o conceito de ácido base de Brönstede-Lowry.

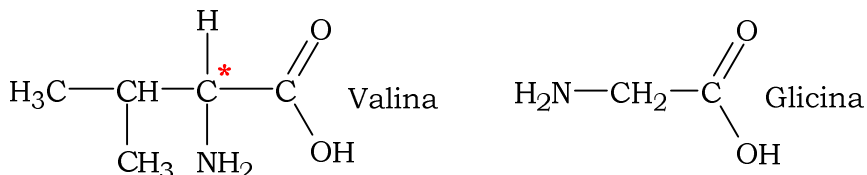


(C) Correta. O RNA tem em sua estrutura diferentes combinações dos nucleotídeos formados pelas bases nitrogenadas purínicas (dois anéis) adenina e guanina e pelas bases nitrogenadas pirimidínicas (um anel) uracila e citosina.



(D) Correta. Os aminoácidos não essenciais são sintetizados por um organismo para sua própria utilização, como no caso dos seres humanos.

(E) Incorreta. Os aminoácidos valina e glicina são constituintes das proteínas. A valina é opticamente ativa (apresenta carbono assimétrico ou quiral (\*)), já a glicina não é opticamente ativa. Ambos aminoácidos formam ligações peptídicas, pois apresentam os grupos  $-NH_2$  e  $-COOH$ .



**Questão 36 – Valor: 0,25**

Considere cinco recipientes rígidos com o mesmo volume interno, nos quais são admitidas amostras de gases que são mantidas nas condições especificadas em cada opção abaixo. Levando em conta o comportamento de gases ideais, a alternativa que corresponde à maior pressão é:

- (A) 16 g de metano nas CNTP.
- (B) 8 g de oxigênio e 14,48 g de ar atmosférico a 0 °C.
- (C) 7 g de dióxido de carbono e 7 g de nitrogênio a 20 °C.
- (D) 8 g de oxigênio e 14 g de nitrogênio a 20 °C.
- (E) 13,6 g de amônia a 72 °C.

**Resolução: alternativa E**

(A) Incorreta. 16 g de metano nas CNTP não corresponde.

$$m_{\text{CH}_4} = 16 \text{ g}; M_{\text{CH}_4} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\
 n_{\text{CH}_4} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}} \Rightarrow n_{\text{CH}_4} = \frac{16 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 \text{ mol} \Rightarrow P_{\text{CNTP}} = 1 \text{ atm}$$

(B) Incorreta. 8 g de oxigênio e 14,48 g de ar atmosférico a 0 °C não correspondem.

$$n_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} = \frac{8 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 0,25 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ar atmosférico}} = \frac{m_{\text{Ar atmosférico}}}{M_{\text{Ar atmosférico}}} = \frac{14,48 \text{ g}}{28,96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{Ar atmosférico}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{mistura}} = n_{\text{O}_2} + n_{\text{Ar atmosférico}} = 0,25 \text{ mol} + 0,5 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{mistura}} = 0,75 \text{ mol}$$

$$V = V_{\text{CNTP}} = 22,4 \text{ L}$$

$$P \times V = n \times R \times T \Rightarrow P = \frac{n \times R \times T}{V}$$

$$P = \frac{0,75 \text{ mol} \times \left( \frac{22,4}{273} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \right) \times 273 \text{ K}}{22,4 \text{ L}} = 0,75 \text{ atm}$$



(C) Incorreta. 7 g de dióxido de carbono e 7 g de nitrogênio a 20 °C não correspondem.

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{7 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{CO}_2} = 0,159 \text{ mol}$$

$$n_{\text{N}_2} = \frac{m_{\text{N}_2}}{M_{\text{N}_2}} = \frac{7 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{N}_2} = 0,25 \text{ mol}$$

$$n_{\text{mistura}} = n_{\text{CO}_2} + n_{\text{N}_2} = 0,159 \text{ mol} + 0,25 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{mistura}} = 0,409 \text{ mol}$$

$$V = V_{\text{CNTP}} = 22,4 \text{ L}$$

$$P \times V = n \times R \times T \Rightarrow P = \frac{n \times R \times T}{V} \Rightarrow P = \frac{0,409 \text{ mol} \times \left( \frac{22,4}{273} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \right) \times 293 \text{ K}}{22,4 \text{ L}} = 0,439 \text{ atm}$$

(D) Correta. 8 g de oxigênio e 14 g de nitrogênio a 20 °C correspondem.

$$n_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} = \frac{8 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 0,25 \text{ mol}$$

$$n_{\text{N}_2} = \frac{m_{\text{N}_2}}{M_{\text{N}_2}} = \frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{N}_2} = 0,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{mistura}} = n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} = 0,25 \text{ mol} + 0,5 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{mistura}} = 0,75 \text{ mol}$$

$$V = V_{\text{CNTP}} = 22,4 \text{ L}$$

$$P \times V = n \times R \times T \Rightarrow P = \frac{n \times R \times T}{V}$$

$$P = \frac{0,75 \text{ mol} \times \left( \frac{22,4}{273} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \right) \times 293 \text{ K}}{22,4 \text{ L}} = 0,805 \text{ atm}$$

(E) Incorreta. 13,6 g de amônia a 72 °C não corresponde.

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{m_{\text{NH}_3}}{M_{\text{NH}_3}} = \frac{13,6 \text{ g}}{17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 0,8 \text{ mol}$$

$$V = V_{\text{CNTP}} = 22,4 \text{ L}$$

$$P \times V = n \times R \times T \Rightarrow P = \frac{n \times R \times T}{V}$$

$$P = \frac{0,8 \text{ mol} \times \left( \frac{22,4}{273} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \right) \times 345 \text{ K}}{22,4 \text{ L}} = 1,012 \text{ atm (maior pressão)}$$

### Questão 37 – Valor: 0,25

Uma alíquota de 100 mL de uma solução que contém íons de  $\text{Cr}^{2+}$  e  $\text{Cr}^{3+}$  foi titulada com 200 mL de  $\text{KMnO}_4$  com concentração 0,01 mol/L (em ácido sulfúrico diluído), tendo sido todos os íons de  $\text{Cr}^{2+}$  oxidados a íons  $\text{Cr}^{3+}$ . Em seguida, uma outra alíquota de 100 mL da solução original foi tratada com Fe metálico para converter todos os íons de  $\text{Cr}^{3+}$  em íons de  $\text{Cr}^{2+}$ . A solução obtida consumiu 300 mL da mesma solução de  $\text{KMnO}_4$  para a oxidação de todos os íons a  $\text{Cr}^{3+}$ .

A equação iônica simplificada é:  $\text{KMnO}_4 + 5\text{Cr}^{2+} \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 5\text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O} + \text{K}^+$ .

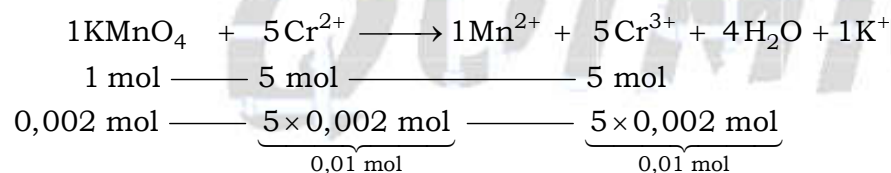
As concentrações molares de  $\text{Cr}^{2+}$  e de  $\text{Cr}^{3+}$  na solução original são:

- (A)  $[\text{Cr}^{2+}] = 0,05 \text{ mol/L}$  e  $[\text{Cr}^{3+}] = 0,1 \text{ mol/L}$ .  
 (B)  $[\text{Cr}^{2+}] = 0,1 \text{ mol/L}$  e  $[\text{Cr}^{3+}] = 0,05 \text{ mol/L}$ .  
 (C)  $[\text{Cr}^{2+}] = 0,004 \text{ mol/L}$  e  $[\text{Cr}^{3+}] = 0,002 \text{ mol/L}$ .  
 (D)  $[\text{Cr}^{2+}] = 0,1 \text{ mol/L}$  e  $[\text{Cr}^{3+}] = 0,15 \text{ mol/L}$ .  
 (E) Não é possível calcular as concentrações sem conhecer a razão entre elas na solução original.

**Resolução: alternativa B**

$$\left. \begin{array}{l} [\text{KMnO}_4] = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ V_{\text{titulante}} = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L} \end{array} \right\} n_{\text{KMnO}_4} = [\text{KMnO}_4] \times V_{\text{titulante}}$$

$$n_{\text{KMnO}_4} = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0,2 \text{ L} = 0,002 \text{ mol}$$



$$V_{1a \text{ alíquota}} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}; \quad n_{\text{Cr}^{2+} (1a \text{ alíquota})} = n_{\text{Cr}^{3+} (1a \text{ alíquota})} = 0,01 \text{ mol}$$

$$[\text{Cr}^{2+}] = \frac{n_{\text{Cr}^{2+} (1a \text{ alíquota})}}{V_{1a \text{ alíquota}}} \Rightarrow [\text{Cr}^{2+}] = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} \Rightarrow [\text{Cr}^{2+}] = 0,1 \text{ mol/L}$$

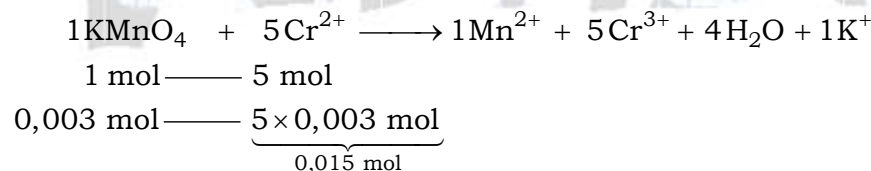
$$V_{2a \text{ alíquota}} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

$$n_{\text{Cr}^{3+} (2a \text{ alíquota})} = n_{\text{Cr}^{3+} (1a \text{ alíquota})} = 0,01 \text{ mol}$$

Todos os íons  $\text{Cr}^{3+}$  são convertidos em  $\text{Cr}^{2+} \Rightarrow n_{\text{Cr}^{2+}} = 0,01 \text{ mol}$

$$\left. \begin{array}{l} [\text{KMnO}_4] = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ V_{\text{titulante}} = 300 \text{ mL} = 0,3 \text{ L} \end{array} \right\} n_{\text{KMnO}_4} = [\text{KMnO}_4] \times V_{\text{titulante}}$$

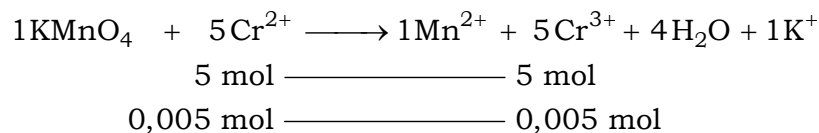
$$n_{\text{KMnO}_4} = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0,3 \text{ L} = 0,003 \text{ mol}$$



$$n_{\text{Cr}^{2+}} = 0,015 \text{ mol}$$

De 0,015 mol de  $\text{Cr}^{2+}$ , 0,01 mol veio da reação com o ferro metálico (Fe). Então:

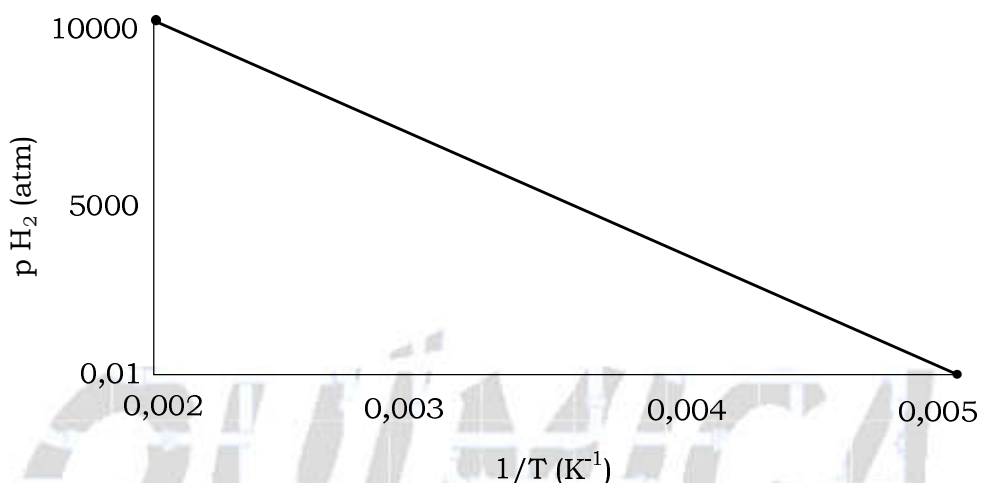
$$n_{\text{Cr}^{2+} (\text{reage})} = 0,015 \text{ mol} - 0,01 \text{ mol} = 0,005 \text{ mol}$$



$$[\text{Cr}^{3+}] = \frac{n_{\text{Cr}^{3+}}}{V_{2a \text{ alíquota}}} = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} \Rightarrow [\text{Cr}^{3+}] = 0,05 \text{ mol/L}$$

**Questão 38 – Valor: 0,25**

O cálcio metálico reage com hidrogênio gasoso para produzir hidreto metálico. A pressão de equilíbrio do hidrogênio gasoso em função do inverso da temperatura absoluta dessa reação segue o gráfico a seguir.



**Dados**

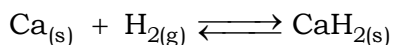
- $R = 8,0 \text{ J / (mol} \cdot \text{K)}$
- $\ln(10) = 2,3$

O calor, em kJ, envolvido na produção de 1 mol desse hidreto, a pressão constante de 1 atm, considerando o comportamento de gás ideal, é aproximadamente igual a:

- (A) - 37
- (B) - 25
- (C) 0
- (D) + 25
- (E) + 37

**Resolução: alternativa A**

De acordo com o texto do enunciado, o cálcio metálico reage com hidrogênio gasoso para produzir hidreto metálico. Então:



$$K_{eq} = \frac{1}{p_{H_2}}$$

Na termodinâmica, a equação de Van't Hoff relaciona a constante de equilíbrio com a variação de entalpia da seguinte maneira:

$$\ln\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = \frac{\Delta H^\circ}{R} \times \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right]$$

$$K_1 = \frac{1}{(p_{H_2})_1}; \quad K_2 = \frac{1}{(p_{H_2})_2}$$

Do gráfico :

$$(p_{H_2})_1 = 10000 \text{ atm}; \frac{1}{T_1} = 0,002 \text{ K}^{-1}$$

$$(p_{H_2})_2 = 0,01 \text{ atm}; \frac{1}{T_2} = 0,005 \text{ K}^{-1}$$

$$R = 8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \ln(10) = 2,3$$

$$\ln \left( \frac{\frac{1}{(p_{H_2})_2}}{\frac{1}{(p_{H_2})_1}} \right) = \frac{\Delta H^\circ}{R} \times \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] \Rightarrow \ln \left( \frac{(p_{H_2})_1}{(p_{H_2})_2} \right) = \frac{\Delta H^\circ}{R} \times \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

$$\ln \left( \frac{10000 \text{ atm}}{0,01 \text{ atm}} \right) = \frac{\Delta H^\circ}{8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \times [0,002 \text{ K}^{-1} - 0,005 \text{ K}^{-1}]$$

$$\Delta H^\circ = \frac{\ln(10^6) \times 8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}{-0,003} \Rightarrow \Delta H^\circ = -\frac{6 \times \ln(10) \times 8,0}{3 \times 10^{-3}} \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

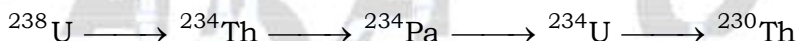
$$\Delta H^\circ = -2 \times 2,3 \times 8,0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow \Delta H^\circ = -36,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H^\circ = -37 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

**Questão 39 – Valor: 0,25**

O gás hélio, raro na Terra, origina-se notadamente do decaimento radioativo dos tipos  $\alpha$  e  $\beta$  dos elementos Urânio-238 e Tório-234, sendo encontrado em depósitos de gás natural.

Sabe-se que o esquema de decaimentos até a ocorrência do isótopo Tório-230 é:

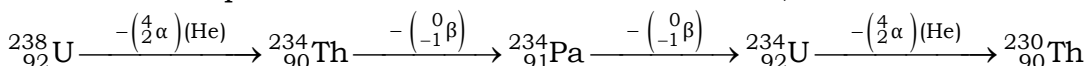


Portanto, a partir de 1 mol de Urânio-238 e de 1 mol de Tório-234, até a ocorrência de Tório-230, obtém-se, no máximo:

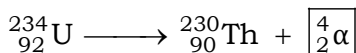
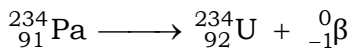
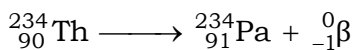
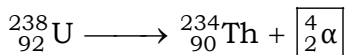
- (A) 1 mol de He.
- (B) 2 mols de He.
- (C) 3 mols de He.
- (D) 4 mols de He.
- (E) nenhum mol de He.

**Resolução: alternativa B**

Utilizando o esquema fornecido no texto do enunciado, vem:



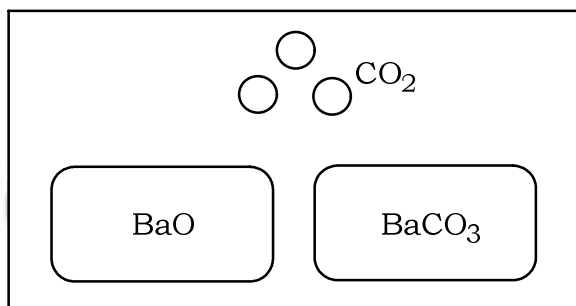
A partir de 1 mol de Urânio-238 e de 1 mol de Tório-234 (obtido do Urânio), até a ocorrência de Tório-230, vem:



Quantidade total (He ou  ${}_2^4\alpha$ ) = 2 mols

**Questão 40 – Valor: 0,25**

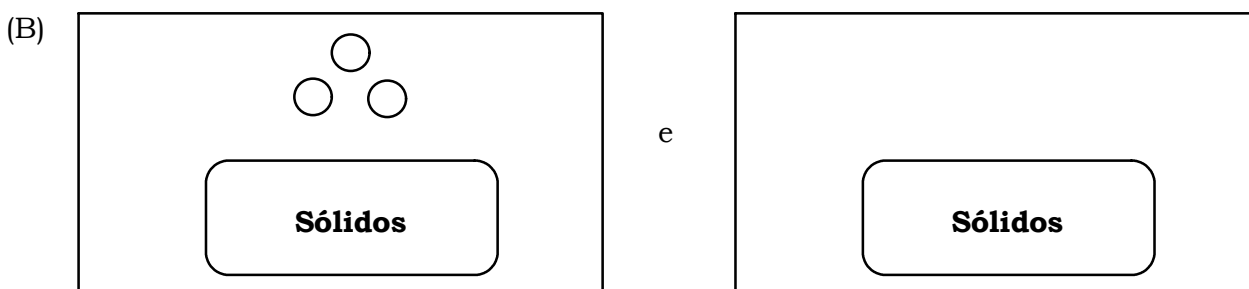
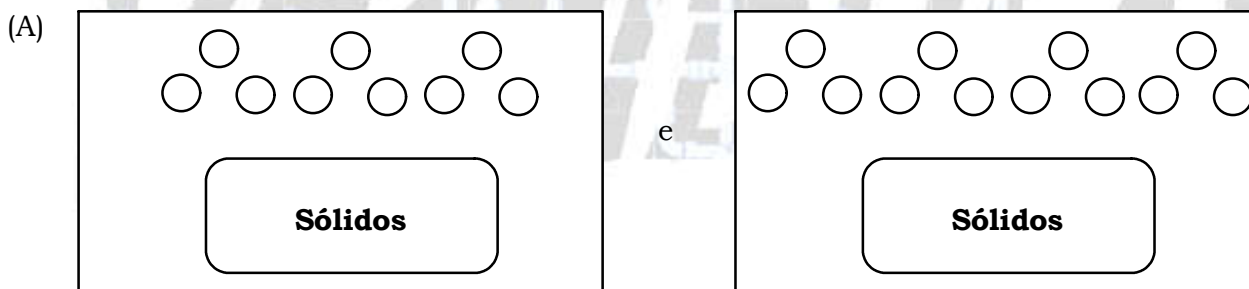
Na figura abaixo encontra-se ilustrada uma mistura em equilíbrio composta por  $\text{BaCO}_3(\text{s})$ ,  $\text{BaO}(\text{s})$  e  $\text{CO}_2(\text{g})$ , em sistema fechado, resultante da decomposição endotérmica do carbonato de bário.

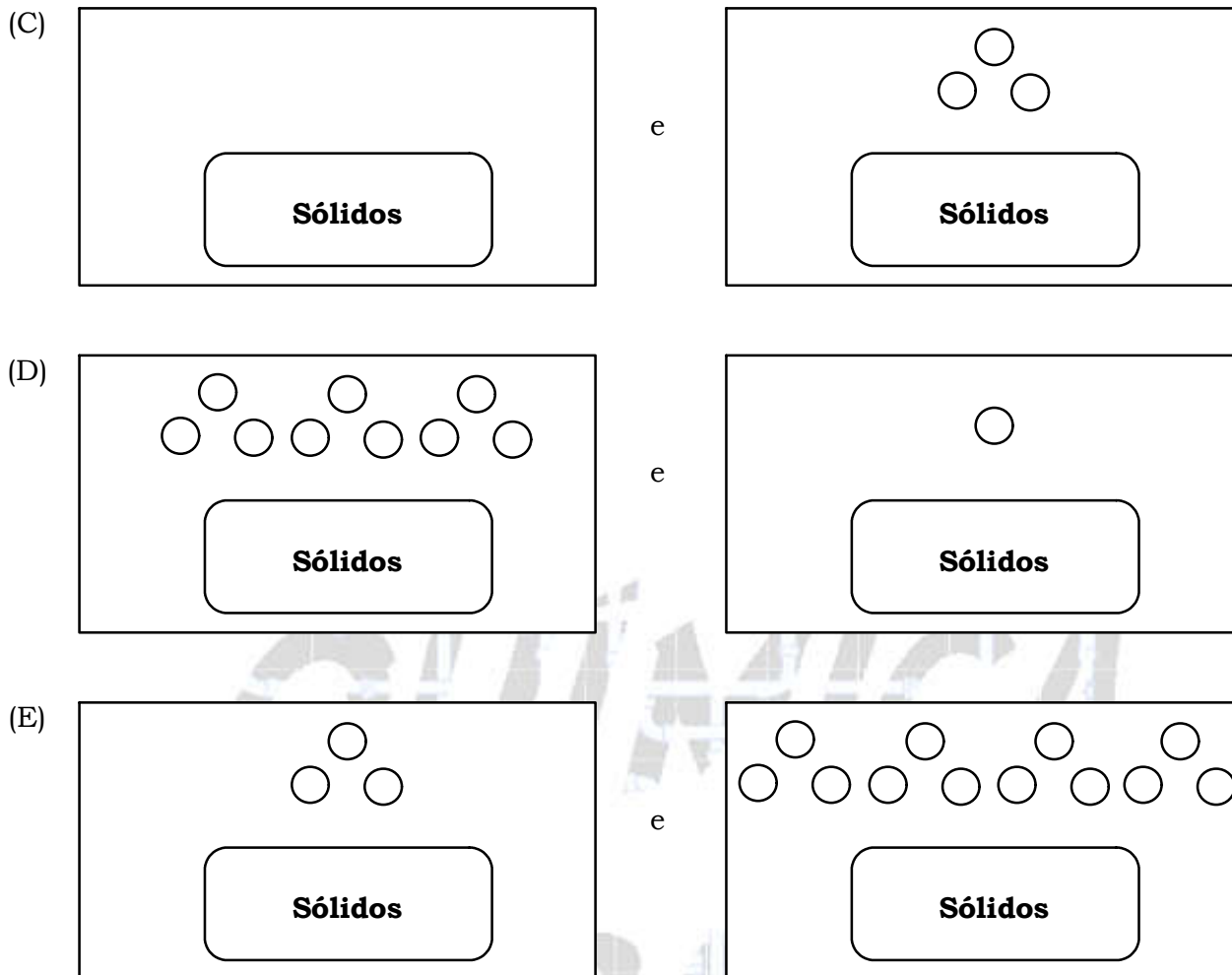


Considere as seguintes situações, tendo por base as moléculas de  $\text{CO}_2(\text{g})$ :

- i)** o equilíbrio após uma adição de moléculas de  $\text{CO}_2(\text{g})$ , de forma a triplicar a quantidade desse gás e
- ii)** a mistura em equilíbrio a uma temperatura mais elevada.

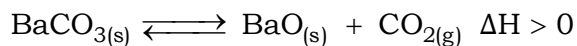
A alternativa que melhor ilustra situações i e ii, respectivamente é:





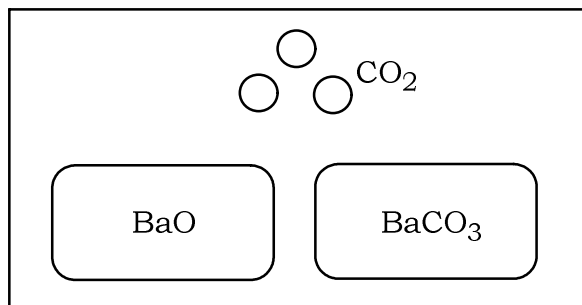
**Resolução: alternativa E**

Decomposição endotérmica do carbonato de bário ( $\text{BaCO}_3$ ):

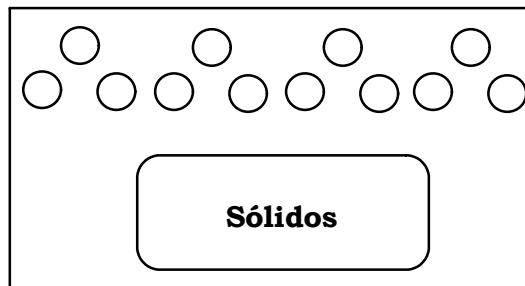


Considerando as situações, tendo por base as moléculas de  $\text{CO}_2(g)$ :

**i)** Após uma adição de moléculas de  $\text{CO}_2(g)$ , de forma a triplicar a quantidade desse gás, o equilíbrio será deslocado para a esquerda no sentido de consumir a quantidade adicionada e depois voltará ao estado inicial.



**ii)** O equilíbrio, numa temperatura mais elevada, será deslocado para a direita, pois a variação de entalpia neste sentido é positiva. Se a temperatura for mantida constante e mais elevada, haverá maior quantidade de moléculas de  $\text{CO}_2$  no sistema neste novo equilíbrio.



## QUESTÕES DISSERTATIVAS

### FOLHA DE DADOS

**Considere:**

- Constante universal dos gases ideais:

$$R = 8,0 \text{ J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1} = 2 \text{ cal} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}$$

- Massa específica da água =  $1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
- Calor latente de vaporização da água =  $540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$
- Massa molar da sacarose =  $342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Entalpias padrão de formação :

$$\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{CO}(\text{g})) = -111 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = -242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})) = +83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

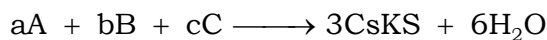
- $\log(5) \approx 0,7$
- $\log(58) \approx 1,8$

**Tabela Periódica dos Elementos Químicos:**

1																	18																
1	<b>H</b> 1.0079 Hidrogênio																	<b>He</b> 4.0025 Hélio															
2	<b>Li</b> 6.941 Lítio	<b>Be</b> 9.0122 Berílio											<b>B</b> 10.811 Boro	<b>C</b> 12.011 Carbono	<b>N</b> 14.007 Nitrogênio	<b>O</b> 15.999 Oxigênio	<b>F</b> 18.998 Fluor	<b>Ne</b> 20.180 Neônio															
3	<b>Na</b> 22.990 Sódio	<b>Mg</b> 24.305 Magnésio											<b>Al</b> 26.982 Alumínio	<b>Si</b> 28.086 Silício	<b>P</b> 30.974 Fósforo	<b>S</b> 32.065 Enxofre	<b>Cl</b> 35.453 Cloro	<b>Ar</b> 39.948 Argônio															
4	<b>K</b> 39.098 Potássio	<b>Ca</b> 40.078 Cálcio	<b>Sc</b> 44.956 Escândio	<b>Ti</b> 47.867 Titânio	<b>V</b> 50.942 Vanádio	<b>Cr</b> 51.996 Cromo	<b>Mn</b> 54.938 Manganês	<b>Fe</b> 55.845 Ferro	<b>Co</b> 58.933 Cobalto	<b>Ni</b> 58.693 Níquel	<b>Cu</b> 63.546 Cobre	<b>Zn</b> 65.39 Zinco	<b>Ga</b> 69.723 Gálio	<b>Ge</b> 72.64 Germânio	<b>As</b> 74.922 Arsênio	<b>Se</b> 78.96 Selênio	<b>Br</b> 79.904 Bromo	<b>Kr</b> 83.8 Criptônio															
5	<b>Rb</b> 85.468 Rubídio	<b>Sr</b> 87.62 Estrôncio	<b>Y</b> 88.906 Ítrio	<b>Zr</b> 91.224 Zircônio	<b>Nb</b> 92.906 Nióbio	<b>Mo</b> 95.94 Molibdênio	<b>Tc</b> 98 Tecnécio	<b>Ru</b> 101.07 Rutênio	<b>Rh</b> 102.91 Ródio	<b>Pd</b> 106.42 Paládio	<b>Ag</b> 107.87 Prata	<b>Cd</b> 112.41 Cádmio	<b>In</b> 114.82 Índio	<b>Sn</b> 118.71 Estanho	<b>Sb</b> 121.76 Antimônio	<b>Te</b> 127.6 Telúrio	<b>I</b> 126.9 Iodo	<b>Xe</b> 131.29 Xenônio															
6	<b>Cs</b> 132.91 Césio	<b>Ba</b> 137.33 Bário	<b>La-Lu</b> 89-103 Lantanídeos	<b>Hf</b> 178.49 Háfnio	<b>Ta</b> 180.95 Tântalo	<b>W</b> 183.84 Tungstênio	<b>Re</b> 186.21 Rênio	<b>Os</b> 190.23 Ósmio	<b>Ir</b> 192.22 Íridio	<b>Pt</b> 195.08 Platina	<b>Au</b> 196.97 Ouro	<b>Hg</b> 200.59 Mercúrio	<b>Tl</b> 204.38 Tálio	<b>Pb</b> 207.2 Chumbo	<b>Bi</b> 208.98 Bismuto	<b>Po</b> 209 Polônio	<b>At</b> 210 Astató	<b>Rn</b> 222 Radônio															
7	<b>Fr</b> 223 Frâncio	<b>Ra</b> 226 Rádio	<b>Ac-Lr</b> 89-103 Actinídeos	<b>Rf</b> 261 Rutherfordório	<b>Db</b> 268 Dúbnio	<b>Sg</b> 269 Seabórgio	<b>Bh</b> 270 Bóhrio	<b>Hs</b> 277 Hássio	<b>Mt</b> 277 Meitnério	<b>Ds</b> 281 Darmstádio	<b>Rg</b> 282 Roentgênio	<b>Cn</b> 285 Copernício	<b>Nh</b> 286 Nhônio	<b>Fl</b> 290 Fleróvio	<b>Mc</b> 290 Moscóvio	<b>Lv</b> 293 Livermório	<b>Ts</b> 294 Tennesso	<b>Og</b> 294 Oganessônio															
																			<b>La</b> 138.91 Lantânio	<b>Ce</b> 140.12 Cério	<b>Pr</b> 140.91 Praseodímio	<b>Nd</b> 144.24 Neodímio	<b>Pm</b> 145 Promécio	<b>Sm</b> 150.36 Samário	<b>Eu</b> 151.96 Európio	<b>Gd</b> 157.25 Gadolínio	<b>Tb</b> 158.93 Térbio	<b>Dy</b> 162.50 Disprósio	<b>Ho</b> 164.93 Hólmio	<b>Er</b> 167.26 Érbio	<b>Tm</b> 168.93 Túlio	<b>Yb</b> 173.04 Ítérbio	<b>Lu</b> 174.97 Lutécio
																			<b>Ac</b> 227 Actínio	<b>Th</b> 232.04 Tório	<b>Pa</b> 231.04 Protactínio	<b>U</b> 238.03 Urânio	<b>Np</b> 237 Neptúnio	<b>Pu</b> 244 Plutônio	<b>Am</b> 243 Americío	<b>Cm</b> 247 Cúrio	<b>Bk</b> 247 Berquélio	<b>Cf</b> 251 Califórnia	<b>Es</b> 252 Einstênio	<b>Fm</b> 257 Férmio	<b>Md</b> 258 Mendelévio	<b>No</b> 259 Nobélio	<b>Lr</b> 262 Laurêncio

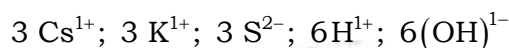
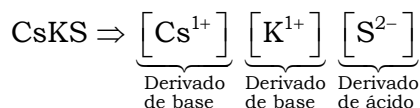
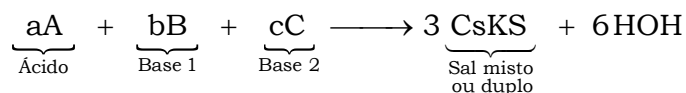
Fonte: adaptada dos sites <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/40332> e <https://www.tabelaperiodica.org/>

1ª Questão (valor 1,0) – Considere a reação abaixo:

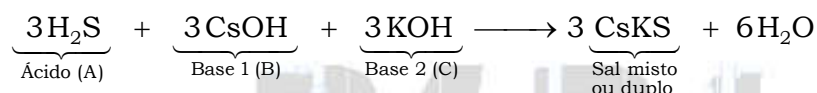
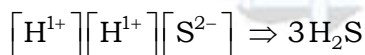
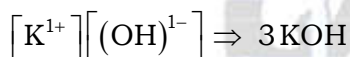
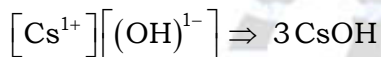


Identifique os reagentes **A**, **B** e **C** e os respectivos coeficientes estequiométricos **a**, **b** e **c** que são empregados na reação de obtenção de 3 mols do sal duplo CsKS.

**Resolução:**



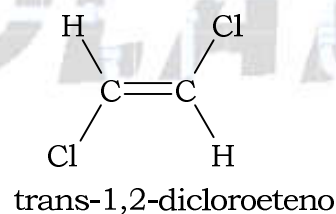
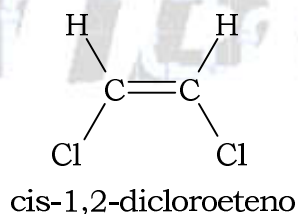
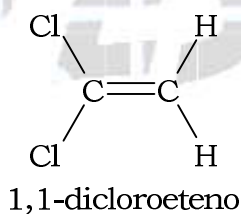
Então:



$$a = b = c = 3$$

2ª Questão (valor 1,0) – Determine os isômeros do composto de fórmula molecular  $C_2H_2Cl_2$ , apresentando suas fórmulas estruturais e respectivas nomenclaturas IUPAC.

**Resolução:**



Obs.: cis (Z) e trans (E)

3ª Questão (valor 1,0) – Durante um experimento em laboratório, o pesquisador verificou a necessidade de uma fonte de energia com capacidade de fornecer uma f.e.m. em corrente contínua com valor entre 2,0 e 2,5 volts. Para atender a essa demanda, decidiu montar uma pilha eletroquímica, tendo disponíveis ácido sulfúrico, estanho, magnésio e níquel, e utilizou um circuito sempre fechado em que não se aplica o Princípio de Le Chatelier.



Potenciais-padrão de redução com base no eletrodo padrão de hidrogênio:

Íons	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sn <sup>4+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
E° (V)	+ 0,20	+ 0,13	- 2,37	- 0,25

Com base nas informações acima, pede-se:

- identificar os elementos que o pesquisador deve selecionar para compor a pilha;
- mostrar que a f.e.m. da pilha selecionada atende à necessidade do experimento;
- escrever as semirreações e a reação global par a pilha selecionada.

**Resolução:**

a) De acordo com o texto do enunciado, a fonte de energia deve fornecer uma f.e.m. em corrente contínua com valor entre 2,0 V e 2,5 V.

Utilizando a tabela e fazendo possíveis combinações, vem:

$$\Delta(\text{Ni}^{2+} \text{ e } \text{Mg}^{2+}) = -0,25 \text{ V} - (-2,37 \text{ V}) = +2,12 \text{ V} \text{ (dentro do intervalo de 2,0 V a 2,5 V)}$$

$$\Delta(\text{Sn}^{4+} \text{ e } \text{Mg}^{2+}) = +0,13 \text{ V} - (-2,37 \text{ V}) = +2,68 \text{ V} \text{ (fora do intervalo de 2,0 V a 2,5 V)}$$

$$\Delta(\text{Sn}^{4+} \text{ e } \text{Ni}^{2+}) = +0,13 \text{ V} - (-0,25 \text{ V}) = +0,38 \text{ V} \text{ (fora do intervalo de 2,0 V a 2,5 V)}$$

$$\Delta(\text{SO}_4^{2-} \text{ e } \text{Mg}^{2+}) = +0,20 \text{ V} - (-2,37 \text{ V}) = +2,57 \text{ V} \text{ (fora do intervalo de 2,0 V a 2,5 V)}$$

$$\Delta(\text{SO}_4^{2-} \text{ e } \text{Ni}^{2+}) = +0,20 \text{ V} - (-0,25 \text{ V}) = +0,45 \text{ V} \text{ (fora do intervalo de 2,0 V a 2,5 V)}$$

$$\Delta(\text{SO}_4^{2-} \text{ e } \text{Sn}^{4+}) = +0,20 \text{ V} - (+0,13 \text{ V}) = +0,33 \text{ V} \text{ (fora do intervalo de 2,0 V a 2,5 V)}$$

Elementos que o pesquisador deve selecionar para compor a pilha: magnésio e níquel.

b) Teremos:



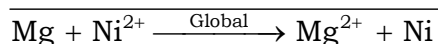
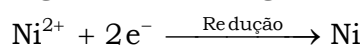
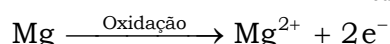
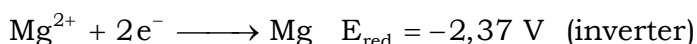
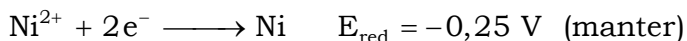
$$\Delta E = E_{\text{maior}} - E_{\text{menor}}$$

$$\Delta E = -0,25 \text{ V} - (-2,37 \text{ V})$$

$$\Delta E = +2,12 \text{ V} \Rightarrow 2,0 \text{ V} < 2,12 \text{ V} < 2,5 \text{ V}$$

c) Teremos:

$$-0,25 \text{ V} > -2,37 \text{ V}$$



**4ª Questão (valor 1,0)** – Uma amostra de 0,156 g de benzeno gasoso sofreu combustão em um calorímetro de pressão constante com capacidade calorífica de  $586 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Sabe-se que:

- i)** a temperatura do calorímetro aumentou em 6,0 K;
- ii)** todos os produtos formados são gasosos;
- iii)** o conjunto calorímetro-meio reacional é um sistema isolado;
- iv)** todo o benzeno foi consumido.

Calcule a massa, em gramas, de dióxido de carbono formado.

**Resolução:**

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} = 0,156 \text{ g}; C = 586 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 586 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}; \Delta T = 6,0 \text{ K}$$

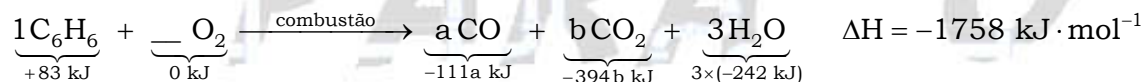
$$\text{C}_6\text{H}_6 = 6 \times 12 + 6 \times 1 = 78; M_{\text{C}_6\text{H}_6} = 78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{m_{\text{C}_6\text{H}_6}}{M_{\text{C}_6\text{H}_6}} = \frac{0,156 \text{ g}}{78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{C}_6\text{H}_6} = 0,002 \text{ mol}$$

$$Q_{\text{liberado}} = C \times \Delta T$$

$$Q_{\text{liberado}} = 586 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \times 6,0 \text{ K} = 3,516 \text{ kJ}$$

$$\frac{3,516 \text{ kJ}}{0,002 \text{ mol}} = \frac{1758 \text{ kJ}}{\text{mol}} \Rightarrow \Delta H_{\text{combustão}} = -1758 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

$$-1758 \text{ kJ} = [-111a - 394b + \underbrace{3 \times (-242)}_{-726}] \text{ kJ} - [83 + 0] \text{ kJ}$$

$$(-1758 + 726 + 83) \text{ kJ} = -111a - 394b$$

$$\begin{cases} -949 = -111a - 394b \\ a + b = 6 \Rightarrow a = 6 - b \end{cases}$$

$$-949 = -111(6 - b) - 394b$$

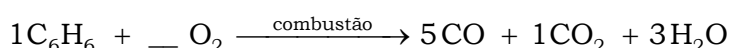
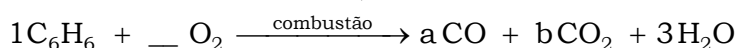
$$-949 = -666 + 111b - 394b$$

$$-949 = -666 + 111b - 394b$$

$$283b = 283 \Rightarrow b = 1$$

$$a + b = 6 \Rightarrow a = 6 - b \Rightarrow a = 6 - 1 = 5$$

$$\text{CO}_2 = 1 \times 12 + 2 \times 16 = 44; M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$1 \text{ mol} \text{-----} 44 \text{ g}$$

$$0,002 \text{ mol} \text{-----} m_{\text{CO}_2}$$

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{0,002 \text{ mol} \times 44 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow m_{\text{CO}_2} = 0,088 \text{ g}$$

$$m_{\text{CO}_2} = 8,8 \times 10^{-2} \text{ g}$$

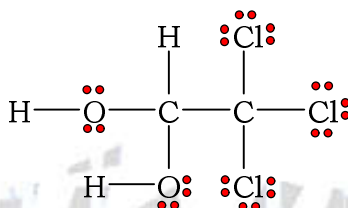
5ª Questão (valor 1,0) – Com relação ao composto 2,2,2-tricloroetano-1,1-diol:

a) represente a sua estrutura de Lewis;

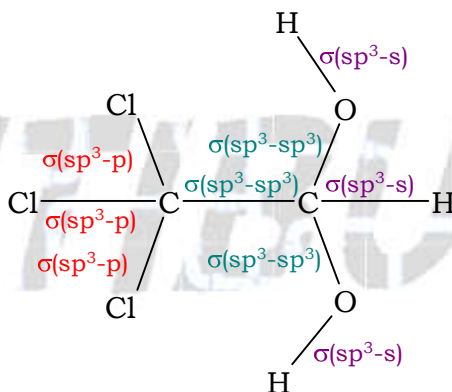
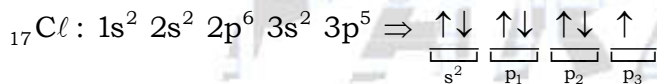
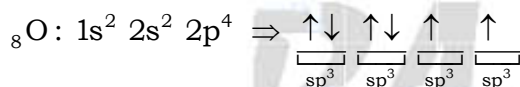
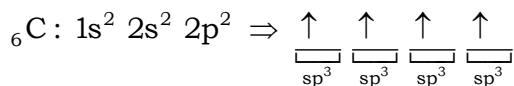
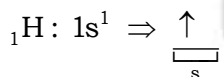
b) classifique cada uma das ligações covalentes desse composto químico, indicando entre parênteses os orbitais que se sobrepõem na ligação, conforme a teoria de ligação de valência.

**Resolução:**

a) Representação da estrutura de Lewis (pares compartilhados são representados por um traço e os pares não compartilhados por dois pontos):



b) Classificações das ligações:



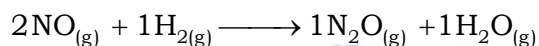
6ª Questão (valor 1,0) – Os principais poluentes nitrogenados do ar são óxido nítrico e o dióxido de nitrogênio. O primeiro é produzido durante tempestades de raios e no interior de motores a combustão. Em altas temperaturas, o óxido nítrico reage com hidrogênio formando óxido nitroso, um dos gases causadores do efeito estufa, além de água. De modo a estudar a cinética desta reação a 820 °C, a taxa de formação inicial de óxido nitroso foi medida, partindo-se de misturas com diferentes pressões parciais de óxido nítrico e gás hidrogênio, conforme tabela abaixo:

Experimento	Pressão parcial do gás (Pa)		Taxa inicial de produção de óxido nítrico (Pa.s <sup>-1</sup> )
	Óxido nítrico	Hidrogênio	
1	16000	8000	12
2	8000	8000	3
3	8000	24000	9

Determine se a reação é elementar.

**Resolução:**

Cálculo da velocidade a partir da estequiometria da reação (óxido nítrico reage com hidrogênio formando óxido nítrico):



$$v_{(\text{estequiuo})} = k(p_{\text{NO}})^2 \times (p_{\text{H}_2})^1 \quad (\text{de acordo com a estequiometria da reação})$$

Cálculo da velocidade a partir da tabela:

$$v = k \times (p_{\text{NO}})^a \times (p_{\text{H}_2})^b$$

$$(1) \div (2):$$

$$\frac{12}{3} = \frac{k \times (16000)^a \times (8000)^b}{(8000)^a \times (8000)^b} \Rightarrow 4 = 2^a \Rightarrow 2^2 = 2^a \Rightarrow a = 2$$

$$(3) \div (2):$$

$$\frac{9}{3} = \frac{k \times (8000)^a \times (24000)^b}{(8000)^a \times (8000)^b} \Rightarrow 3 = 3^b \Rightarrow 3^1 = 3^b \Rightarrow b = 1$$

$$v = k \times (p_{\text{NO}})^a \times (p_{\text{H}_2})^b \Rightarrow v_{(\text{exp})} = k \times (p_{\text{NO}})^2 \times (p_{\text{H}_2})^1$$

$$v_{(\text{estequiuo})} = v_{(\text{exp})} = k \times (p_{\text{NO}})^2 \times (p_{\text{H}_2})^1$$

Como a equação da velocidade calculada pela estequiometria da reação é igual à equação da velocidade calculada pela tabela (experimental), conclui-se que a reação é elementar.

**7ª Questão (valor 1,0)** – Uma solução de 222 g de cloreto de cálcio e 342 g de sacarose em 2 L de água destilada apresenta pressão osmótica idêntica de uma solução de ureia em igual volume de água destilada, de concentração 3 mol/L, estando ambas diluídas e nas mesmas condições de temperatura e pressão.

Com relação às informações apresentadas:

- a) calcule a temperatura de ebulição da primeira solução;
- b) determine o grau de dissociação do cloreto de cálcio.

**Resolução:**

a) As soluções de “cloreto de cálcio com sacarose” e “ureia” são diluídas e apresentam a mesma pressão osmótica, o mesmo volume de água destilada, nas mesmas condições de temperatura e pressão. Logo, pode-se escolher qualquer uma das duas para a resolução deste item.

Escolhendo a solução de ureia, vem:

$$T_{\text{eb(água)}} = 100 + 273 = 373 \text{ K}; R = 2 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; L_{\text{V(água)}} = 540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1};$$

$$\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}; [\text{Ureia}] = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow W_{\text{Ureia}} = 3 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{eb. (Ureia)}} = K_{\text{eb}} \times W_{\text{Ureia}}$$

$$\Delta T_{\text{eb. (Ureia)}} = \frac{R \times T^2}{L_{\text{V(água)}}} \times W_{\text{Ureia}}$$

$$\Delta T_{\text{eb. (Ureia)}} = \frac{2 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (373 \text{ K})^2}{540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}} \times 3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{eb. (Ureia)}} = 1,5458777 \text{ K}$$

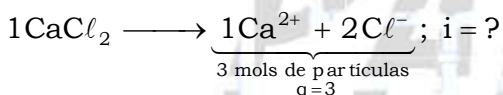
$$TE_{1a \text{ solução}} = TE_{\text{eb. (Ureia)}} = T_{\text{eb(água)}} + \Delta T_{\text{eb. (Ureia)}}$$

$$TE_{1a \text{ solução}} = 373 \text{ K} + 1,5458777 \text{ K} = 374,54581 \text{ K}$$

$$TE_{1a \text{ solução}} = 374,546 \text{ K} \text{ ou } TE_{1a \text{ solução}} = 101,546 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) Determinação do grau de dissociação do cloreto de cálcio:

$$\text{CaCl}_2 = 1 \times 40 + 2 \times 35,5 = 111; M_{\text{CaCl}_2} = 111 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow n_{\text{CaCl}_2} = \frac{m_{\text{CaCl}_2}}{M_{\text{CaCl}_2}} = \frac{222 \text{ g}}{111 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2 \text{ mol}$$



$$m_{\text{Sacarose}} = 342 \text{ g}; M_{\text{Sacarose}} = 342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow n_{\text{Sacarose}} = \frac{m_{\text{Sacarose}}}{M_{\text{Sacarose}}} = \frac{342 \text{ g}}{342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$$

Solução molecular (Sacarose e Ureia)  $\Rightarrow i' = i'' = 1$

$$[\text{Ureia}] = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Pi_{\text{Solução de CaCl}_2} + \Pi_{\text{Solução de Sacarose}} = \Pi_{\text{Ureia}}$$

$$[\text{CaCl}_2] \times R \times T \times i + [\text{Sacarose}] \times R \times T \times i' = [\text{Ureia}] \times R \times T \times i''$$

$$\left(\frac{2}{V}\right) \times i + \left(\frac{1}{V}\right) \times i' = 3 \times i''$$

$$V = 2 \text{ L} \Rightarrow \left(\frac{2}{2}\right) \times i + \left(\frac{1}{2}\right) \times 1 = 3 \times 1 \Rightarrow 1 \times i + 0,5 \times 1 = 3 \times 1 \Rightarrow i = 2,5$$

$$i = 1 + \alpha(q - 1)$$

$$2,5 = 1 + \alpha(3 - 1) \Rightarrow \alpha = \frac{2,5 - 1}{2} = \frac{1,5}{2} \Rightarrow \alpha = 0,75 \Rightarrow 75 \%$$

**8ª Questão (valor 1,0)** – Produz-se  $\text{NH}_3(\text{g})$  reagindo  $\text{H}_2(\text{g})$  com  $\text{N}_2(\text{g})$ . A reação ocorre em uma temperatura  $T$ ,  $113\text{ }^\circ\text{C}$  maior do que a temperatura em que a mesma deixa de ser espontânea. Considere os dados termodinâmicos abaixo e que os mesmos não variam com a temperatura e com a pressão.

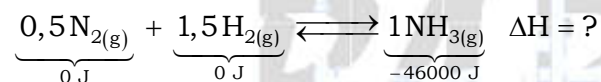
$\text{N}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{NH}_3(\text{g})$
$S = 192,0\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$	$S = 131,0\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$	$S = 192,5\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K}); \Delta H = -46000\text{ J/mol}$

A partir dos dados do enunciado, pede-se:

- a) calcular o valor de  $\Delta G_r(T)$ ;
- b) determinar se a constante de equilíbrio da reação de produção da amônia é  $K_{\text{eq}} > 1$ ,  $K_{\text{eq}} = 0$  ou  $K_{\text{eq}} < 1$ ;
- c) justificar em qual pressão,  $P = 1\text{ atm}$  ou  $P = 200\text{ atm}$ , haverá maior produção de  $\text{NH}_3(\text{g})$  no equilíbrio.

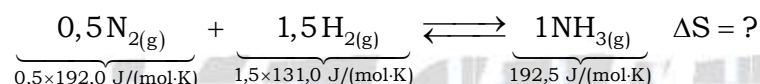
**Resolução:**

a) Cálculo do valor de  $\Delta G_r(T)$ :



$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}} = [-46000\text{ J}] - [0\text{ J}]$$

$$\Delta H = -46000\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$$



$$\Delta S = S_{\text{final}} - S_{\text{inicial}}$$

$$\Delta S = [192,5\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})] - [0,5 \times 192,0\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K}) + 1,5 \times 131,0\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$$

$$\Delta S = -100\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

No equilíbrio  $\Delta G = 0$  (processo espontâneo). Então:

$$\Delta G = \Delta H - T \times \Delta S \Rightarrow 0 = \Delta H - T \times \Delta S$$

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T = \frac{-46000\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}}{-100\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}} \Rightarrow T = 460\text{ K}$$

$$\Delta T = 113\text{ }^\circ\text{C} \text{ ou } \Delta T = 113\text{ K}$$

$$T' = 460\text{ K} + 113\text{ K} = 573\text{ K}$$

$$\Delta G(T') = \Delta H - T' \times \Delta S$$

$$\Delta G(573\text{ K}) = -46000\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1} - 573\text{ K} \times (-100\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$$

$$\Delta G(573\text{ K}) = +11300\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1} \text{ (por mol de } \text{NH}_3)$$

**b)** Determinação para a constante de equilíbrio da reação de produção da amônia:

$$R = 8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; T = 573 \text{ K}$$

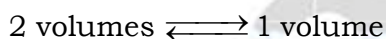
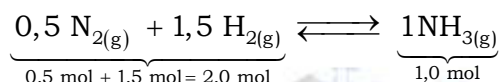
$$\Delta G = -R \times T \times \ln K_{\text{eq}}$$

$$+11300 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = -8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 573 \text{ K} \times \ln K_{\text{eq}}$$

$$\ln K_{\text{eq}} = - \frac{11300 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}{8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 573 \text{ K}}$$

$$\ln K_{\text{eq}} = - \frac{11300}{8,0 \times 573} \Rightarrow \ln K_{\text{eq}} < 0 \Rightarrow K_{\text{eq}} < 1$$

**c)** Justificativa em qual pressão,  $P = 1 \text{ atm}$  ou  $P = 200 \text{ atm}$ , haverá maior produção de  $\text{NH}_3(\text{g})$  no equilíbrio:



$P \uparrow \times V \downarrow = k \Rightarrow$  deslocamento para a direita

Haverá maior produção de  $\text{NH}_3(\text{g})$  no equilíbrio para  $P = 200 \text{ atm}$ . Pois, com a elevação da pressão o equilíbrio será deslocado para a direita (no sentido do menor número de mols ou volume).

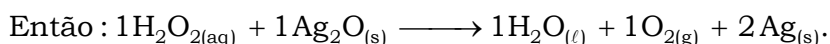
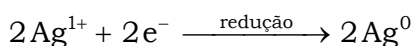
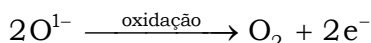
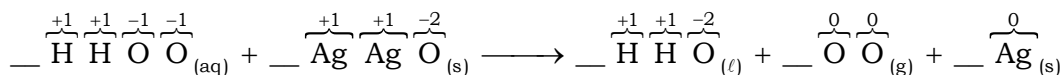
**9ª Questão (valor 1,0)** – A substância gasosa obtida na reação de 4 mols de peróxido de hidrogênio com óxido de prata, em excesso, foi borbulhada continuamente em um bécher contendo 1 litro de água. Durante os 16 minutos em que a reação ocorreu, constatou-se que a quantidade de gás dissolvido na água aumentou de  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  para  $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Determine:

- a estequiometria da reação;
- a ordem dessa reação, considerada elementar, em relação ao peróxido;
- a velocidade média de produção de gás na reação;
- o volume de gás que foi dissolvido na água, medido nas CNTP.

**Resolução:**

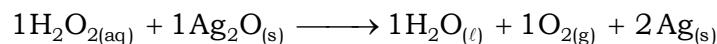
**a)** Obtenção da estequiometria da reação:



**b)** Ordem da reação  $1\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 1\text{Ag}_2\text{O}_{(\text{s})} \longrightarrow 1\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 1\text{O}_{2(\text{g})} + 2\text{Ag}_{(\text{s})}$ , considerada elementar, em relação ao peróxido:  $v = k \times [\text{H}_2\text{O}_2]^1 \Rightarrow$  primeira ordem.

**c)** Cálculo da velocidade média de produção de gás na reação:

$$v_{\text{H}_2\text{O}_2} = \left| -\frac{4 \text{ mol}}{16 \text{ min}} \right| \Rightarrow v_{\text{H}_2\text{O}_2} = 0,25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$



$$\left| \frac{v_{\text{H}_2\text{O}_2}}{1} \right| = \left| \frac{v_{\text{O}_2}}{1} \right| \Rightarrow v_{\text{O}_2} = 0,25 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

**d)** Cálculo do volume de gás que foi dissolvido na água, medido nas CNTP:

Durante os 16 minutos em que a reação ocorreu, constatou-se que a quantidade de gás dissolvido na água aumentou de  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  para  $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Então:

$$\text{O}_2 = 2 \times 16 = 32; M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta C_{(\text{O}_2)} = 8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} - 2,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} = 5,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Delta C_{(\text{O}_2)} = \Delta[\text{O}_2] \times M_{\text{O}_2} \Rightarrow \Delta[\text{O}_2] = \frac{\Delta C_{(\text{O}_2)}}{M_{\text{O}_2}}$$

$$\Delta[\text{O}_2] = \frac{5,5 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow \Delta[\text{O}_2] = 1,71875 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

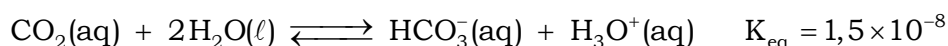
$$V_{\text{CNTP}} = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$1,71875 \times 10^{-4} \text{ mol} \text{ ——— } V_{\text{O}_2}$$

$$1 \text{ mol} \text{ ——— } 22,4 \text{ L}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{1,71875 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow V_{\text{O}_2} = 3,85 \times 10^{-3} \text{ L} \text{ ou } 3,85 \text{ mL}$$

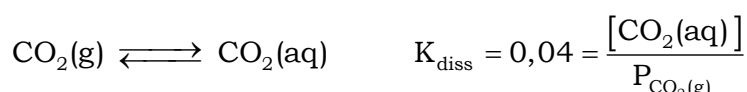
**10ª Questão (valor 1,0)** – Considere que o dióxido de carbono da atmosfera terrestre reage com a água da chuva, ao nível do mar, criando uma solução tampão de  $\text{CO}_2(\text{aq})|\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ , conforme a reação abaixo:



Suponha que:

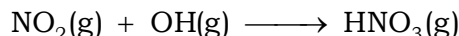
i) a pressão parcial de equilíbrio inicial de  $\text{CO}_2(\text{g})$  na atmosfera é de  $3,75 \times 10^{-4}$  bar;

ii) para a formação de  $\text{CO}_2(\text{aq})$  a partir de  $\text{CO}_2(\text{g})$ , ocorre o seguinte equilíbrio de dissolução na atmosfera úmida, com  $[\text{CO}_2(\text{aq})]$  em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  e  $P_{\text{CO}_2(\text{g})}$  em bar:





iii) 5 % em massa de  $\text{NO}_2(\text{g})$  reagem, de forma irreversível, com  $\text{OH}$  gasoso na atmosfera para gerar  $\text{HNO}_3(\text{g})$ , conforme a reação abaixo:



iv) todo  $\text{HNO}_3(\text{g})$  se dissolve na atmosfera úmida, transformando-se em  $\text{HNO}_3(\text{aq})$ ;

v) o  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  formado a partir da reação de  $\text{HNO}_3(\text{aq})$  com a base do tampão não se converte em  $\text{CO}_2(\text{aq})$ ,  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  ou  $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ .

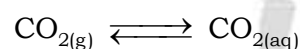
Sabe-se que:

- a única solução positiva da equação  $x^2 + 1,5 \times 10^{-8}x - 225 \times 10^{-15} = 0$  é aproximadamente  $5,0 \times 10^{-7}$ ;
- a única solução positiva da equação  $x^2 + 8,15 \times 10^{-7}x - 6,75 \times 10^{-14} = 0$  é aproximadamente  $0,8 \times 10^{-7}$ .

Após a liberação de 184 mg de  $\text{NO}_2(\text{g})$  por  $\text{m}^3$  de atmosfera úmida, calcule o módulo da diferença entre os valores final e inicial do pH do tampão de  $\text{CO}_2(\text{aq}) | \text{HCO}_3^-(\text{aq})$ .

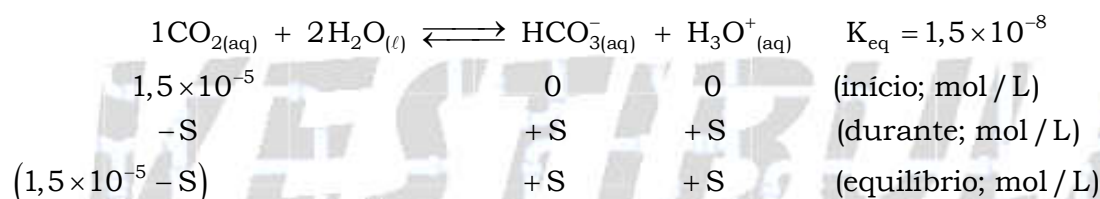
**Resolução:**

$$P_{\text{CO}_2(\text{g})} = 3,75 \times 10^{-4} \text{ bar}$$



$$K_{\text{diss}} = 0,04 = \frac{[\text{CO}_{2(\text{aq})}]}{P_{\text{CO}_2(\text{g})}} \Rightarrow [\text{CO}_{2(\text{aq})}] = 0,04 \times 3,75 \times 10^{-4}$$

$$[\text{CO}_{2(\text{aq})}] = 1,5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{HCO}_3^-(\text{aq})] \times [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]}{[\text{CO}_{2(\text{aq})}]}$$

$$1,5 \times 10^{-8} = \frac{S \times S}{(1,5 \times 10^{-5} - S)}$$

$$S^2 = 1,5 \times 10^{-8} \times (1,5 \times 10^{-5} - S) \Rightarrow S^2 + 1,5 \times 10^{-8} S - 2,25 \times 10^{-13} = 0$$

Do enunciado:  $x^2 + 1,5 \times 10^{-8}x - 225 \times 10^{-15} = 0$  ( $x = 5,0 \times 10^{-7}$ ), então:

$$S^2 + 1,5 \times 10^{-8} S - 225 \times 10^{-15} = 0 \Rightarrow S = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{inicial}} = [\text{H}^+]_{\text{inicial}} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{CO}_{2(\text{aq})}] = 1,5 \times 10^{-5} - S \Rightarrow [\text{CO}_{2(\text{aq})}] = 1,5 \times 10^{-5} - 0,05 \times 10^{-5}$$

$$[\text{CO}_{2(\text{aq})}] = 1,5 \times 10^{-5} - 0,05 \times 10^{-5} = 1,45 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} (\alpha)$$

$$\text{pH}_{\text{inicial}} = -\log[\text{H}^+] \Rightarrow \text{pH}_{\text{inicial}} = -\log(5,0 \times 10^{-7})$$

$$\text{pH}_{\text{inicial}} = 7 - \frac{\log 5}{0,7} = 7 - 0,7 \Rightarrow \text{pH}_{\text{inicial}} = 6,3$$

Ocorre a liberação de 184 mg de  $\text{NO}_2(\text{g})$  por  $\text{m}^3$  de atmosfera úmida e 5 % se converte em  $\text{HNO}_3(\text{g})$ , então:

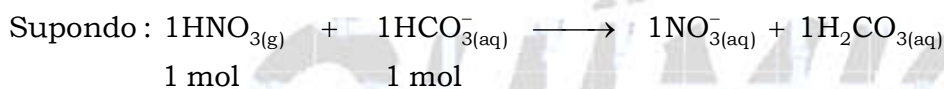
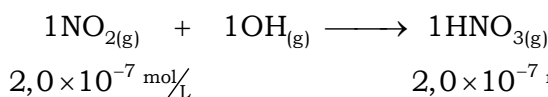
$$\text{NO}_2 = 1 \times 14 + 2 \times 16 = 46; M_{\text{NO}_2} = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{NO}_2(\text{g})}(\text{reage}) = \frac{5}{100} \times n_{\text{NO}_2} \Rightarrow n_{\text{NO}_2(\text{g})}(\text{reage}) = \frac{5}{100} \times \frac{m_{\text{NO}_2}}{M_{\text{NO}_2}}$$

$$n_{\text{NO}_2(\text{g})}(\text{reage}) = \frac{5}{100} \times \frac{184 \times 10^{-3} \text{ g}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{NO}_2(\text{g})}(\text{reage}) = 0,0002 \text{ mol}$$

$$V_{\text{atmosfera úmida}} = 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

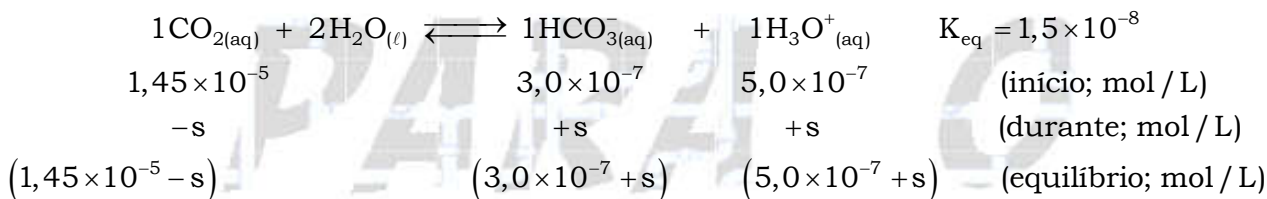
$$[\text{NO}_2(\text{g})] = \frac{n_{\text{NO}_2(\text{g})}(\text{reage})}{V_{\text{atmosfera úmida}}} \Rightarrow [\text{NO}_2(\text{g})] = \frac{0,0002 \text{ mol}}{1000 \text{ L}} \Rightarrow [\text{NO}_2(\text{g})] = 2,0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



$$2,0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \quad \underbrace{5,0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}}_{5,0 \times 10^{-7} - 2,0 \times 10^{-7}} \Rightarrow 3,0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$[\text{CO}_2(\text{aq})] = 1,5 \times 10^{-5} - 0,05 \times 10^{-5} = 1,45 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} (\alpha)$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = \text{S} = 5,0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; [\text{HCO}_3^-(\text{aq})] = 3,0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{HCO}_3^-(\text{aq})] \times [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]}{[\text{CO}_2(\text{aq})]}$$

$$1,5 \times 10^{-8} = \frac{(3,0 \times 10^{-7} + s) \times (5,0 \times 10^{-7} + s)}{(1,45 \times 10^{-5} - s)}$$

$$21,75 \times 10^{-14} - 0,15 \times 10^{-7} s = 15 \times 10^{-14} + 3,0 \times 10^{-7} s + 5,0 \times 10^{-7} s + s^2$$

$$s^2 + 8,15 \times 10^{-7} s - 6,75 = 0$$

Do enunciado:  $x^2 + 8,15 \times 10^{-7} x - 6,75 \times 10^{-14} = 0$  ( $x = 0,8 \times 10^{-7}$ ), então:

$$s^2 + 8,15 \times 10^{-7} s - 6,75 = 0$$

$$s = 0,8 \times 10^{-7}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{final}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{inicial}} + s$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{final}} = 5 \times 10^{-7} + 0,8 \times 10^{-7} = 5,8 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{final}} = [\text{H}^+]_{\text{final}} = 58 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{pH}_{\text{final}} = -\log [\text{H}^+]_{\text{final}}$$

$$\text{pH}_{\text{final}} = -\log (58 \times 10^{-8})$$

$$\text{pH}_{\text{final}} = 8 - \underbrace{\log 58}_{1,8} \Rightarrow \text{pH}_{\text{final}} = 8 - 1,8 = 6,2$$

$$|\Delta \text{pH}| = |\text{pH}_{\text{final}} - \text{pH}_{\text{inicial}}|$$

$$|\Delta \text{pH}| = |6,2 - 6,3| \Rightarrow |\Delta \text{pH}| = 0,1$$