

## **IME 2025**

### **INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

#### **Questões objetivas e dissertativas**

#### **COMISSÃO DE EXAME INTELECTUAL**

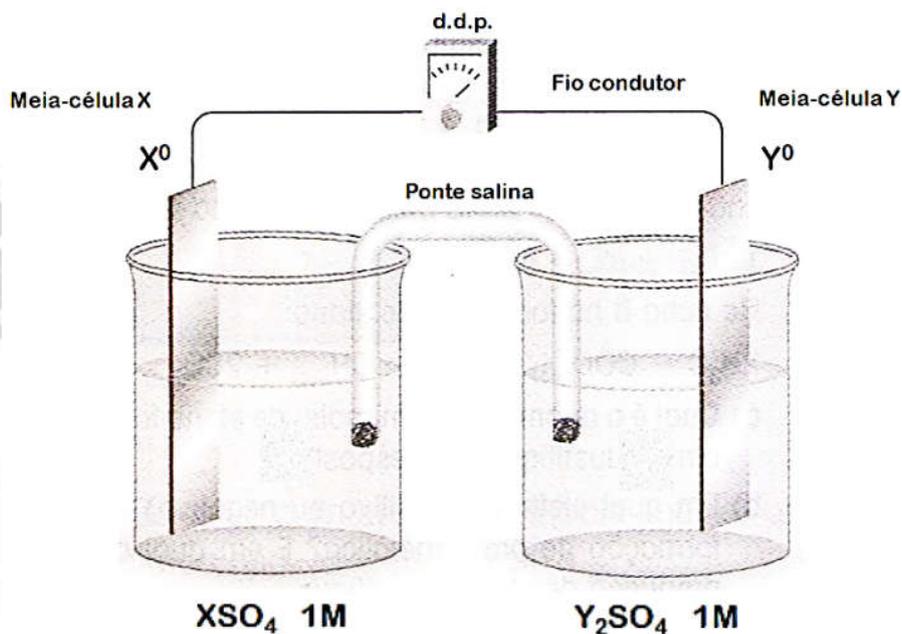
#### **INSTRUÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DA PROVA**

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 21 (vinte e uma) contêm 40 (quarenta) questões objetivas, cada uma com valor igual a 0,25 (zero vírgula vinte e cinco), e 2 (duas) 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 2024 - 2025**  
**AO**  
**CONCURSO DE FORMAÇÃO E GRADUAÇÃO**

**Questão 31 – Valor: 0,25**

A figura a seguir mostra esquematicamente um dispositivo eletroquímico composto pelas meias células X e Y.

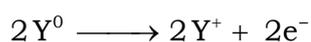
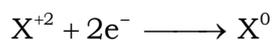


Dados: Potenciais-padrão de redução das espécies químicas envolvidas.

$E_X^0 = -1,85 \text{ V}$	$E_Y^0 = -2,93 \text{ V}$
---------------------------	---------------------------

Com base no esquema eletroquímico apresentado na figura e nos dados fornecidos, analise as proposições a seguir na condição do circuito fechado.

- I. A semirreação representada pela equação estequiométrica  $X^0 \longrightarrow X^{+2} + 2e^-$  é espontânea por ser de oxidação.
- II. O fluxo de elétrons ocorre no sentido horário, indo do anodo para catodo.
- III. A corrente iônica circula pelos eletrodos e fios metálicos.
- IV. O eletrodo da meia-célula X é o catodo onde ocorre reação de redução.
- V. As reações eletroquímicas podem ser representadas pelas seguintes equações estequiométricas:



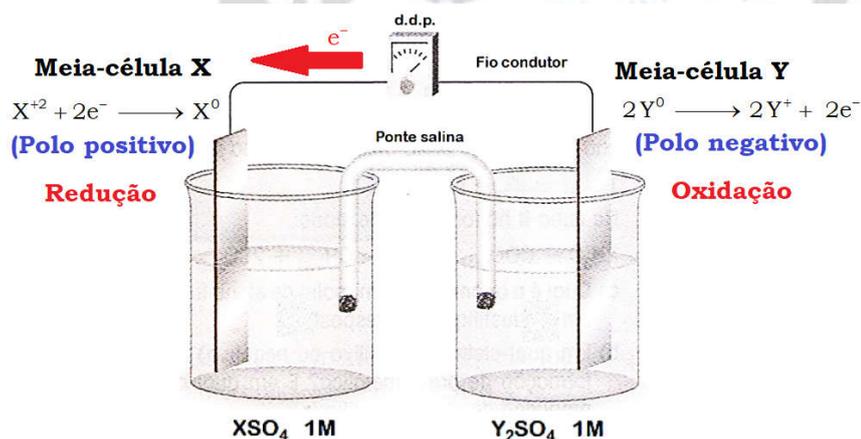
A opção que apresenta APENAS afirmativas verdadeiras é:

- (A) I e III.
- (B) II, III e IV.
- (C) I e V.
- (D) IV e V.
- (E) II e V.

**Resolução: alternativa D**

I. Falsa. A semirreação representada pela equação estequiométrica  $X^0 \longrightarrow X^{+2} + 2e^-$  não é espontânea, pois seu potencial de oxidação ( $E_{X^{(oxidação)}}^0 = +1,85 \text{ V}$ ) é menor do que o potencial de oxidação de  $2Y^0 \longrightarrow Y^+ + 2e^-$  ( $E_{Y^{(oxidação)}}^0 = +2,93 \text{ V}$ ).

II. Falsa. O fluxo de elétrons ocorre no sentido anti-horário, indo do anodo (meia-célula Y) para catodo (meia célula X). Ou seja, a “migração” de elétrons ocorre do polo negativo para o positivo.

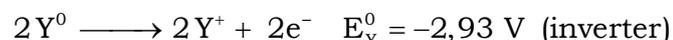


III. Falsa. A “corrente iônica” circula nas soluções ( $XSO_4$  e  $Y_2SO_4$ ) por intermédio dos íons  $X^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  e  $Y^+$  e, também ocorre na ponte salina.

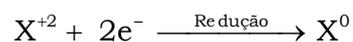
IV. Verdadeira. O eletrodo da meia-célula X é o catodo onde ocorre reação de redução, pois  $X^{2+}$  apresenta o maior potencial de redução ( $-1,85 \text{ V}$ ), comparativamente.

V. Verdadeira. As reações eletroquímicas podem ser representadas pelas seguintes equações estequiométricas:

$$1,85 \text{ V} > -2,93 \text{ V}$$



Então:



**Questão 32 – Valor: 0,25**

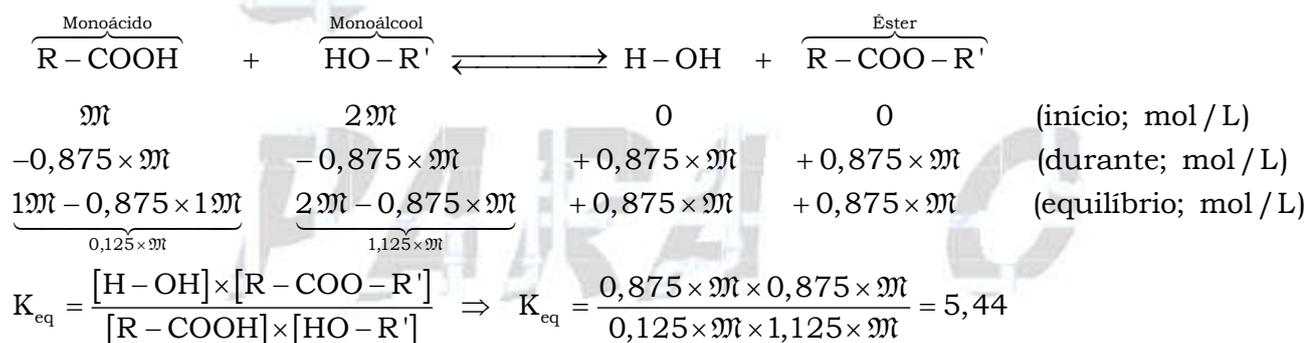
Uma mistura de um monoácido orgânico e um monoálcool primário, em uma proporção molar 1:2, foi tratada com uma quantidade catalítica de ácido sulfúrico concentrado sob condições de volume e temperatura constantes. Após um período de reação suficientemente longo, em um sistema fechado, foi observado que a reação apresentou uma conversão de 87,5% do monoácido. Se o mesmo tratamento for aplicado a uma mistura equimolar desses mesmos compostos, a conversão esperada do monoácido e o grupo funcional do produto principal serão:

- (A) 67,2%; éster.
- (B) 67,2%; éter.
- (C) 70,0%; éster.
- (D) 70,0%; éter.
- (E) 87,5%; éster.

**Resolução: alternativa C**

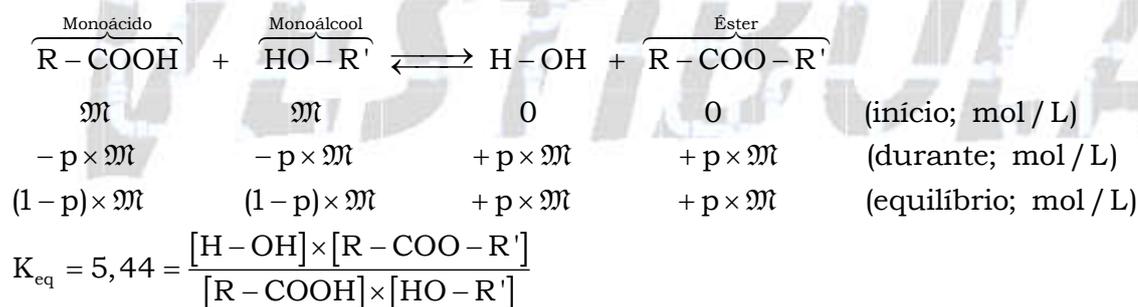
Cálculo da constante de equilíbrio da esterificação descrita no enunciado:

conversão = 87,5 % = 0,875



Aplicação para uma mistura equimolar do monoácido e do monoálcool:

conversão = p



$$5,44 = \frac{p \times \mathfrak{M} \times p \times \mathfrak{M}}{(1-p) \times \mathfrak{M} \times (1-p) \times \mathfrak{M}} \Rightarrow 5,44 = \left( \frac{p}{(1-p)} \right)^2$$

Obs.:  $5,44 = \frac{544 - 54}{90} = \frac{490}{90} = \frac{49}{9}$

$$\left( \frac{p}{(1-p)} \right)^2 = \frac{49}{9} \Rightarrow \frac{p}{(1-p)} = \sqrt{\frac{49}{9}} \Rightarrow \frac{p}{(1-p)} = \frac{7}{3}$$

$$3 \times p = 7 - 7 \times p$$

$$10 \times p = 7 \Rightarrow p = \frac{7}{10} \Rightarrow p = \frac{70}{100} \Rightarrow p = 70\%$$

**Questão 33 – Valor: 0,25**

Para uma solução aquosa contendo sacarose em  $m$  kg de água, a diferença entre as temperaturas de ebulição e de congelamento, à pressão de 1 atm, é de  $\Delta T$  em K. A massa molar da sacarose é  $M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  e as constantes ebulioscópica e crioscópica da água são, respectivamente,  $K_e$  e  $K_c$ , expressas em  $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

A expressão que indica o valor da massa de sacarose em gramas, na solução, é:

- (A)  $Mm(\Delta T - 100) / (K_e + K_c)$
- (B)  $2Mm\Delta T / (K_e + K_c)$
- (C)  $Mm\Delta T / (K_e - K_c)$
- (D)  $2Mm(\Delta T - 100) / (K_e - K_c)$
- (E)  $Mm(\Delta T - 50) / (K_e + K_c)$

**Resolução: alternativa A**

$$W = \frac{n_{\text{sacarose}}}{m_{\text{água}}} \text{ (molalidade)} \Rightarrow W = \frac{m_{\text{sacarose}}}{M_{\text{sacarose}} \times m_{\text{água}}} \Rightarrow W = \frac{m_{\text{sacarose}}}{M \times m}$$

De acordo com a Lei de Raoult, vem:

$$\Delta T_e = K_e \times W \Rightarrow T_e - 100 = K_e \times W$$

$$\Delta T_c = K_c \times W \Rightarrow 0 - T_c = K_c \times W$$

Somando as equações, teremos:

$$T_e - 100 + (0 - T_c) = W(K_e + K_c) \Rightarrow \underbrace{T_e - T_c}_{\Delta T} - 100 = W(K_e + K_c)$$

$$\Delta T - 100 = \frac{m_{\text{sacarose}}}{M \times m} \times (K_e + K_c)$$

$$m_{\text{sacarose}} = \frac{M \times m(\Delta T - 100)}{(K_e + K_c)}$$

**Questão 34 – Valor: 0,25**

Uma solução foi preparada com 1800 g de ácido sulfúrico puro e 2000 L de água deionizada, sendo, em seguida, eletrolisada. Uma amostra de 100 mL da solução resultante foi titulada com solução padrão 0,1 M de hidróxido de sódio, tendo sido necessários 20,4 mL dessa solução para neutralizar a amostra. Considere que a massa específica do ácido sulfúrico vale  $1800 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  e que misturas desse ácido em água se comportam idealmente no que se refere ao volume de mistura. A alternativa que contém o volume aproximado de gás gerado na eletrólise, em  $\text{m}^3$ , medido nas CNTP, é:

- (A) 187,5
- (B) 250
- (C) 375
- (D) 500
- (E) Não é gerado gás algum e a solução apenas aquece pela passagem da corrente elétrica.

**Resolução: alternativa C**

Cálculo do volume da solução inicial:

$$\left. \begin{array}{l} d_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1800 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \\ m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1800 \text{ g} \end{array} \right\} d_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \Rightarrow V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{d_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \Rightarrow V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1800 \text{ g}}{1800 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 1 \text{ L}$$

$$V_{\text{água deionizada}} = 2000 \text{ L}$$

$$V_{\text{total inicial}} = V_{\text{água deionizada}} + V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$$

$$V_{\text{total inicial}} = 2000 \text{ L} + 1 \text{ L}$$

Cálculo do número de mols de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na solução inicial:

$$\left. \begin{array}{l} m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1800 \text{ g} \\ M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array} \right\} n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1800 \text{ g}}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{1800}{98} \text{ mol}$$

Cálculo do volume parcial da solução inicial:

$$\left. \begin{array}{l} [\text{NaOH}] = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ V = 20,4 \text{ mL} = 20,4 \times 10^{-3} \text{ L} \end{array} \right\} [\text{NaOH}] = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V} \Rightarrow n_{\text{NaOH}} = [\text{NaOH}] \times V$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20,4 \times 10^{-3} \text{ L} = 20,4 \times 10^{-4} \text{ mol}$$



$$1 \text{ mol} \text{ — } 2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ — } 20,4 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1 \text{ mol} \times 20,4 \times 10^{-4} \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 10,2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$V_{\text{solução}} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

$$10,2 \times 10^{-4} \text{ mol} \text{ — } 0,1 \text{ L}$$

$$\frac{1800}{98} \text{ mol} \text{ — } V_{\text{parcial}}$$

$$V_{\text{parcial}} = \frac{\left(\frac{1800}{98}\right) \text{ mol} \times 0,1 \text{ L}}{10,2 \times 10^{-4} \text{ mol}} = 1800,72 \text{ L}$$

Cálculo do volume restante (água) que será posteriormente utilizado na eletrólise:

$$V_{\text{água}} = V_{\text{total inicial}} - V_{\text{parcial}}$$

$$V_{\text{água}} = 2001 \text{ L} - 1800,72 \text{ L}$$

$$V_{\text{água}} = 200,28 \text{ L}$$

Cálculo do número de mols de água referente ao volume de água calculado acima:

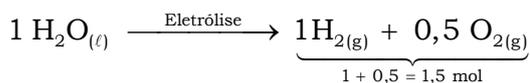
$$d_{\text{água}} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow m_{\text{água}} = 200,28 \times 1000 \text{ g} = 200,28 \times 10^3 \text{ g}$$

$$M_{\text{água}} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{água}} = \frac{m_{\text{água}}}{M_{\text{água}}} \Rightarrow n_{\text{água}} = \frac{200,28 \times 10^3 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n_{\text{água}} = 11,1267 \times 10^3 \text{ mol}$$

Utilizando a eletrólise da água, vem:



$$1 \text{ mol} \text{ ————— } 1,5 \text{ mol (gases)}$$

$$11,1267 \times 10^3 \text{ mol} \text{ ————— } n_{\text{gases}}$$

$$n_{\text{gases}} = \frac{11,1267 \times 10^3 \text{ mol} \times 1,5 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 16,69 \times 10^3 \text{ mol}$$

Nas CNTP, 1 mol equivale a, aproximadamente, 22,4 L. Então :

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

$$16,69 \times 10^3 \text{ mol} \text{ — } V_{\text{gases}}$$

$$V_{\text{gases}} = \frac{16,69 \times 10^3 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 373,856 \times 10^3 \text{ L}$$

$$V_{\text{gases}} \approx 375 \text{ m}^3$$

**Questão 35 – Valor: 0,25**

Em todos os seres vivos, as proteínas são um importante grupo de substâncias. Sobre a estrutura das proteínas, analise as afirmativas abaixo.

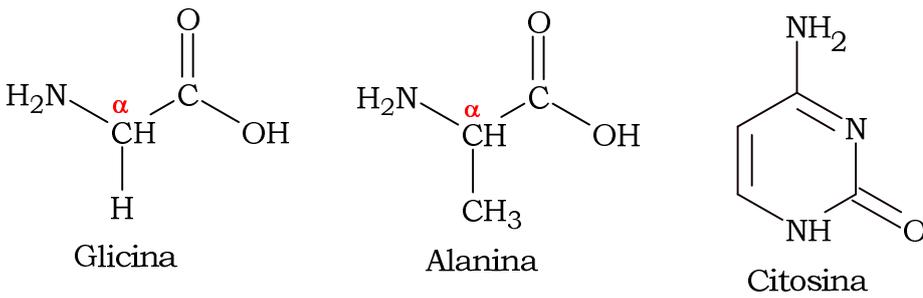
- I. A estrutura primária de uma proteína é a sequência de alfa-aminoácidos, tais como glicina, alanina e citosina, ligados por ligações peptídicas.
- II. A estrutura secundária é mantida por ligações de hidrogênio entre os grupos –NH e C = O, próximos entre si, na disposição espacial da proteína.
- III. A estrutura terciária é estabilizada por interações hidrofóbicas, hidrofílicas, iônicas e ligações dissulfeto.
- IV. A estrutura quaternária refere-se ao arranjo de múltiplas subunidades polipeptídicas que podem, por ação de agentes químicos ou físicos, ser alteradas ou destruídas através do fenômeno conhecido como desnaturação proteica, perdendo sua atividade biológica.
- V. As proteínas apresentam estruturas geométricas de vários tipos e podem ser caracterizadas pela produção de colorações, como por exemplo, a reação da proteína da pele com ácido nítrico, formando uma coloração azulada.

A opção que apresenta APENAS afirmativas verdadeiras é:

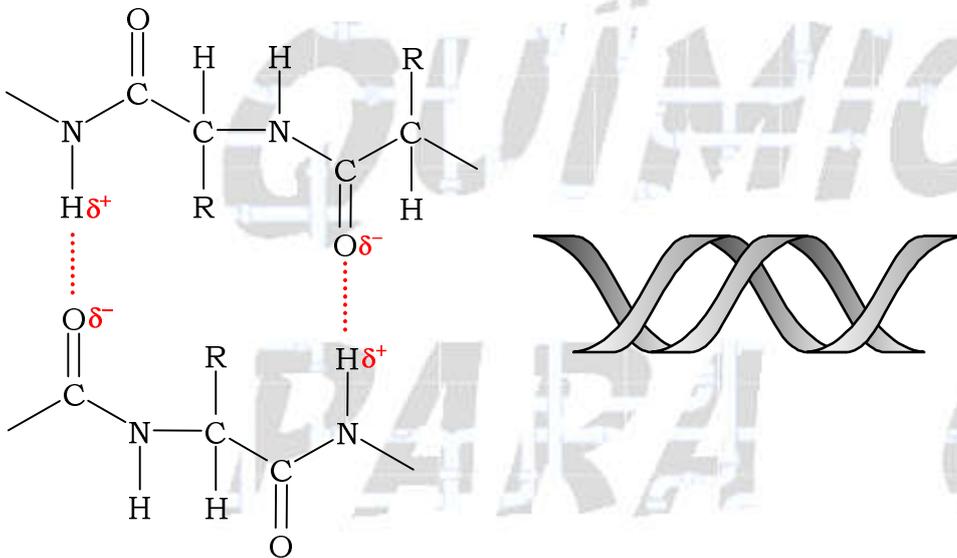
- (A) I e IV.
- (B) II e V.
- (C) I, II e III.
- (D) II, III e IV.
- (E) III e V.

**Resolução: alternativa D**

I. Falsa. A glicina e a alanina são alfa-aminoácidos. Porém, a citosina é uma base nitrogenada.

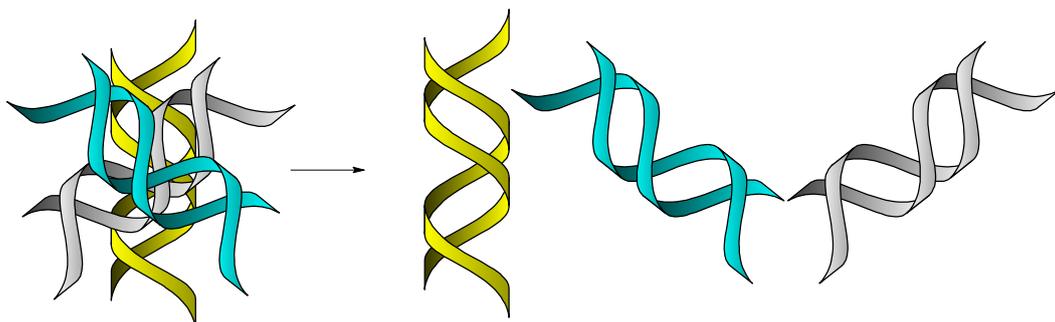


II. Verdadeira. A estrutura secundária de uma proteína é mantida por ligações de hidrogênio entre os grupos  $-NH$  e  $C=O$ , próximos entre si, na disposição espacial da proteína. Exemplo:

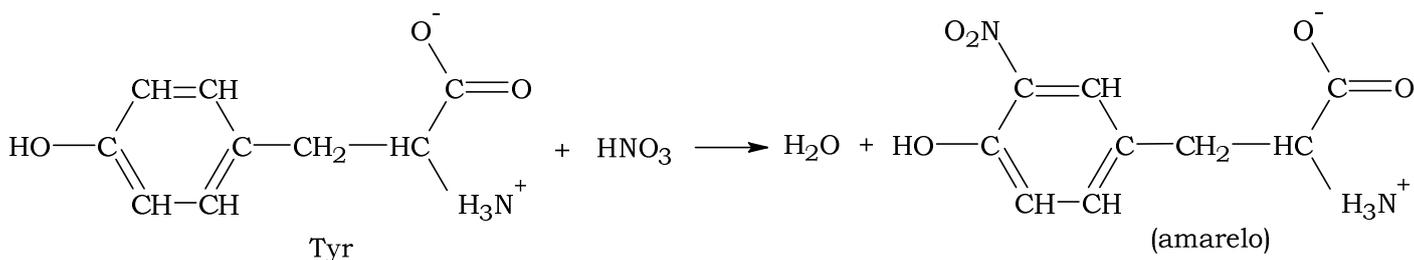


III. Verdadeira. A estrutura terciária é estabilizada por interações hidrofóbicas (as cadeias laterais são apolares), hidrofílicas (as cadeias laterais são polares), iônicas (cátions e ânions interagem) e ligações dissulfeto ( $-S-S-$ ).

IV. Verdadeira. A estrutura quaternária refere-se ao arranjo de múltiplas subunidades polipeptídicas que podem, por ação de agentes químicos ou físicos, ser alteradas ou destruídas através do fenômeno conhecido como desnaturação proteica, perdendo sua atividade biológica. Ou seja, as interações entre as cadeias são “quebradas” e a estrutura sofre alteração.



V. Falsa. As Proteínas formadas por aminoácidos aromáticos (Fenilalanina (Phe), Tirosina (Tyr) e Triptofano (Trp)) reagem com ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) sofrendo nitração do anel aromático e, conseqüentemente, formando um nitrocomposto amarelo. Observe o exemplo:



**Questão 36 – Valor: 0,25**

Analise as afirmativas abaixo.

- I. A imersão de limalha de ferro em um béquer aberto contendo uma solução de ácido clorídrico provoca a liberação de bolhas de gás. Nesse processo, não há realização nem recebimento de trabalho.
- II. Uma solução de ácido iodídrico de concentração igual a  $1,0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  tem pH igual a 8.
- III. Se dois béqueres, um contendo água pura e o outro contendo uma solução insaturada de sacarose, forem submetidos ao aquecimento, a solução de sacarose ebulirá a uma temperatura constante e superior à temperatura de ebulição da água pura.
- IV. Para a reação de combustão completa do gás metano, gerando apenas produtos gasosos, as variações de entalpia e de energia interna têm o mesmo valor.

A única alternativa CORRETA é:

- (A) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
- (B) Apenas a afirmativa II é verdadeira.
- (C) Apenas a afirmativa III é verdadeira.
- (D) Apenas a afirmativa IV é verdadeira.
- (E) Todas as afirmativas são falsas.

**Resolução: alternativa D**

I. Falsa. A imersão de limalha de ferro em um béquer aberto contendo uma solução de ácido clorídrico provoca a seguinte reação:  $\text{Fe}_{(\text{limalha})} + 2\text{HCl}_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{FeCl}_{2(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$ .

O gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) é liberado para a atmosfera sofrendo expansão, logo há realização de trabalho.

II. Falsa. Percebe-se que o item está incorreto, pois o pH de um ácido forte, como o HI, tem que ser menor do que sete.

**Observação teórica:**

A água pura sofre autoionização e forma cátions hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) e ânions hidróxido ( $\text{OH}^-$ ):



$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$$

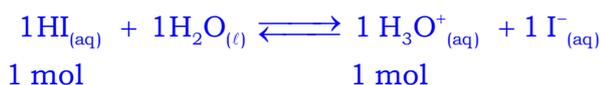
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] \Rightarrow K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \text{ mol/L} \Rightarrow \text{pH} = 7$$

Adicionando ácido iodídrico (HI; ácido forte) à água pura, ele sofre ionização completa:

$$[\text{HI}] = 1,0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



1 mol

1 mol

$$10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{HI}] = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{ácido}} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Como a adição do ácido não interrompe a autoionização da água, podemos dizer que existe uma nova concentração de íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ):

$$[\text{H}_3\text{O}^+]' = [\text{H}_3\text{O}^+] + 10^{-8}$$

Então:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] \Rightarrow 10^{-14} = ([\text{H}_3\text{O}^+] + 10^{-8}) \times [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$10^{-14} = ([\text{H}_3\text{O}^+] + 10^{-8}) \times [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 + 10^{-8} [\text{H}_3\text{O}^+] - 10^{-14} = 0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-10^{-8} \pm \sqrt{(10^{-8})^2 - 4 \times 1 \times (-10^{-14})}}{2 \times 1} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-10^{-8} \pm \sqrt{(10^{-8})^2 + 400 \times (10^{-8})^2}}{2 \times 1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-10^{-8} + 10^{-8} \sqrt{401}}{2} \approx 9,51 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

Então:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]' = [\text{H}_3\text{O}^+] + 10^{-8}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]' = 9,51 \times 10^{-8} + 10^{-8} = 10,51 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]' = 1,051 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log(1,051 \times 10^{-7})$$

$$\text{pH} = 7 - \underbrace{\log 1,051}_{0,0216}$$

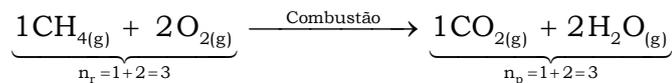
$$\text{pH} = 6,978 < 7$$

Conclusão: uma solução de ácido iodídrico de concentração igual a  $1,0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  **não** tem pH igual a 8.

III. Falsa. Se dois béqueres, um contendo água pura (temperatura de ebulição constante) e o outro contendo uma solução insaturada de sacarose (mistura homogênea), forem submetidos ao aquecimento, a solução de sacarose apresentará temperatura de ebulição crescente.

IV. Verdadeira. Para a reação de combustão completa do gás metano, gerando apenas produtos gasosos, as variações de entalpia ( $\Delta H$ ) e de energia interna ( $\Delta U$ ) têm o mesmo valor.

$$\left. \begin{aligned} \Delta U &= \Delta H - \Delta(PV) \\ \Delta(PV) &= \Delta n \times R \times T \end{aligned} \right\} \Delta U = \Delta H - \Delta n \times R \times T$$



$$\Delta n = n_p - n_r = 3 - 3 \Rightarrow \Delta n = 0$$

$$\Delta U = \Delta H - \Delta n \times R \times T \Rightarrow \Delta U = \Delta H - 0 \times R \times T$$

$$\Delta U = \Delta H$$

**Questão 37 – Valor: 0,25**

Uma mistura dos sais hidratados  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , com massa de 602 kg, é aquecida até a temperatura suficiente para a remoção total da água de hidratação. A massa final da mistura de sais anidros é 242 kg.

Dados:

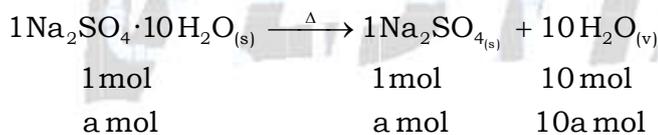
$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,0 \text{ kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$	$M_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 142 \text{ kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$	$M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 106 \text{ kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$
---	--	--

A razão molar  $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{CO}_3$  entre os sais anidros é:

- (A) 1,34
- (B) 0,85
- (C) 1,13
- (D) 1,41
- (E) 0,71

**Resolução: alternativa E**

Aquecimento e remoção da água:

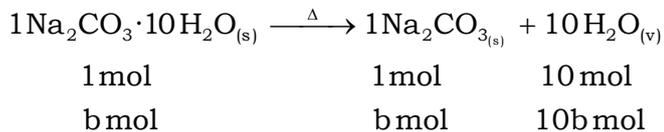


$$a = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = a \times M_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = a \times 322 \text{ g}$$

$$a = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} \Rightarrow m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = a \times M_{\text{Na}_2\text{SO}_4}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = a \times 142 \text{ g}$$



$$b = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = b \times M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = b \times 286 \text{ g}$$

$$b = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} \Rightarrow m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = b \times M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = b \times 106 \text{ g}$$

Somando as massas de acordo com as informações do enunciado, vem:

$$\left. \begin{array}{l} m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = a \times 322 \text{ g} \\ m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = b \times 286 \text{ g} \\ m_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 602000 \text{ g} \end{array} \right\} 322a + 286b = 602000 \text{ (I)}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = a \times 142 \text{ g} \\ m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = b \times 106 \text{ g} \\ m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} + m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 242000 \text{ g} \end{array} \right\} 142a + 106b = 242000 \text{ (II)}$$

Tem-se o sistema:

$$\begin{cases} 322a + 286b = 602000 \text{ (I)} \\ 142a + 106b = 242000 \text{ (II)} \end{cases}$$

De (I) - (II), vem:

$$180a + 180b = 360000 \Rightarrow \frac{180a}{180} + \frac{180b}{180} = \frac{360000}{180}$$

$$a + b = 2000 \Rightarrow a = 2000 - b$$

$$142(2000 - b) + 106b = 242000 \Rightarrow 284000 - 142b + 106b = 242000$$

$$36b = 42000$$

$$b = \frac{42000}{36}$$

$$a = 2000 - b \Rightarrow a = 2000 - \frac{42000}{36} \Rightarrow a = \frac{72000}{36} - \frac{42000}{36}$$

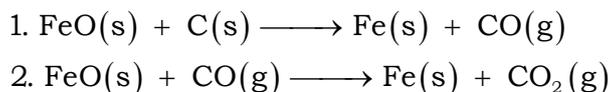
$$a = \frac{30000}{36}$$

$$\text{Razão} = \frac{a}{b} \Rightarrow \text{Razão} = \frac{\left(\frac{30000}{36}\right)}{\left(\frac{42000}{36}\right)} = \frac{30}{42}$$

$$\text{Razão} \approx 0,71$$

**Questão 38 – Valor: 0,25**

Óxido de ferro II pode ser reduzido a ferro, tanto por carbono, como por monóxido de carbono, de acordo com o mostrado nas equações 1 e 2:



Os valores de entalpia de formação e de entropia-padrão das substâncias envolvidas em ambas reações são apresentados na tabela:

	FeO(s)	Fe(s)	C(s)	CO(g)	CO <sub>2</sub> (g)
$\Delta H_f^\circ$ (kJ · mol <sup>-1</sup> )	- 271,9	0	0	- 110,5	- 393,5
$S^\circ$ (J · K <sup>-1</sup> · mol <sup>-1</sup> )	60,8	27,3	5,7	197,9	213,7

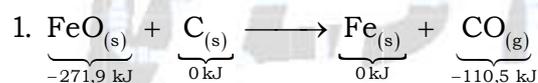
Considere um meio reacional fechado onde ocorrem as duas reações e que os valores acima permanecem constantes na faixa de 298 a 650 K.

A ÚNICA alternativa correta é:

- (A) A reação 1 é exotérmica e a reação 2 é endotérmica.  
 (B) À temperatura aproximada de 627 K, a reação 2 atinge o equilíbrio dinâmico.  
 (C) À temperatura de 450 K, a reação 1 é fonte de calor para sustentar a reação 2 na proporção molar aproximada de 15 para 1.  
 (D) À temperatura de 450 K, ambas as reações são espontâneas.  
 (E) A reação 1 apresenta diminuição de entropia.

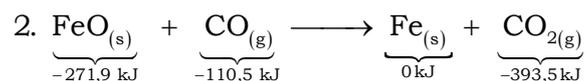
**Resolução: alternativa B**

(A) Incorreta. A reação 1 é endotérmica e a reação 2 é exotérmica.



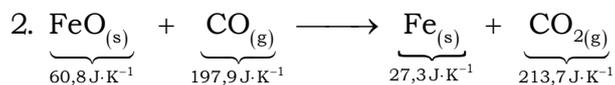
$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta H = [0 \text{ kJ} + (-110,5 \text{ kJ})] - [-271,9 \text{ kJ} + 0 \text{ kJ}] = +161,4 \text{ kJ} \quad (\text{reação endotérmica})$$



$$\Delta H = [0 \text{ kJ} + (-393,5 \text{ kJ})] - [-271,9 \text{ kJ} + (-110,5 \text{ kJ})] = -111,1 \text{ kJ} \quad (\text{reação exotérmica})$$

(B) Correta. À temperatura aproximada de 627 K, a reação 2 atinge o equilíbrio dinâmico.  
 Equilíbrio dinâmico  $\Rightarrow \Delta G = 0$ .



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

$$\Delta S = [27,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} + 213,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}] - [60,8 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} + 197,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}]$$

$$\Delta S = -17,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

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

$$\Delta G = 0 \text{ (equilíbrio dinâmico)}$$

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

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T = \frac{-11,1 \times 1000 \text{ J}}{-17,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}} = 627,1186 \text{ K}$$

$$T \approx 627 \text{ K}$$

(C) Incorreta. Como a reação 1 é endotérmica ( $\Delta H = +161,4 \text{ kJ}$ ), ou seja, absorve calor, ela não pode ser fonte de calor para sustentar a reação 2.

(D) Incorreta. À temperatura de 450 K, a reação 1 não é espontânea e a reação 2 é espontânea.

Reação espontânea  $\Rightarrow \Delta G < 0$ .

Reação não espontânea  $\Rightarrow \Delta G > 0$ .



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

$$\Delta S = [27,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} + 197,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}] - [60,8 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} + 5,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}]$$

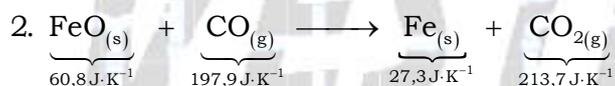
$$\Delta S = +158,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

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

$$\Delta G < 0 \text{ (reação espontânea)}$$

$$\Delta G = +161,4 \times 1000 \text{ J} - (+158,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}) \times 450 \text{ K} = 161400 \text{ J} - 71415 \text{ J}$$

$$\Delta G = +89985 \text{ J} > 0 \text{ (não espontânea)}$$



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

$$\Delta S = [27,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} + 213,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}] - [60,8 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} + 197,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}]$$

$$\Delta S = -17,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$$

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

$$\Delta G = -11,1 \times 1000 \text{ J} - (-17,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} \times 450 \text{ K}) = -11100 \text{ J} + 7965 \text{ J}$$

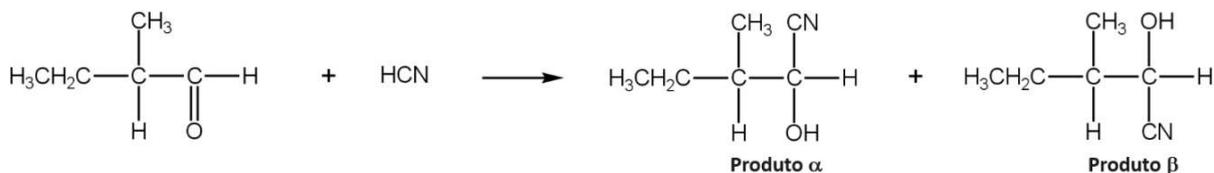
$$\Delta G = -3135 \text{ J} < 0 \text{ (espontânea)}$$

(E) Incorreta. A reação 1 apresenta  $\Delta S = +158,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ , ou seja, aumento de entropia.

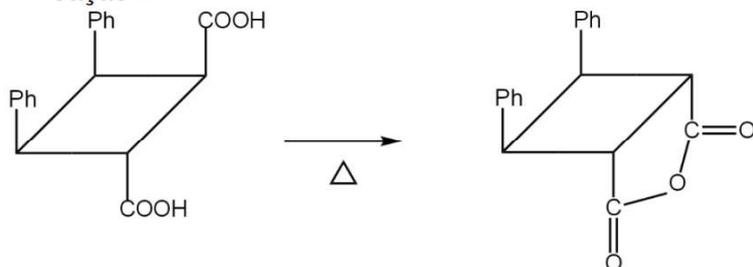
Questão 39 – Valor: 0,25

Considere as três propostas de reação a seguir.

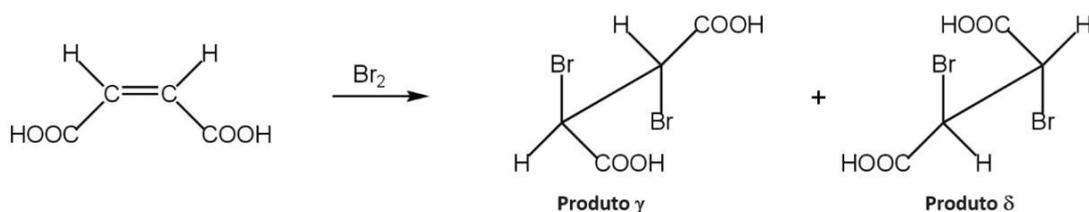
Reação 1:



Reação 2:



Reação 3:

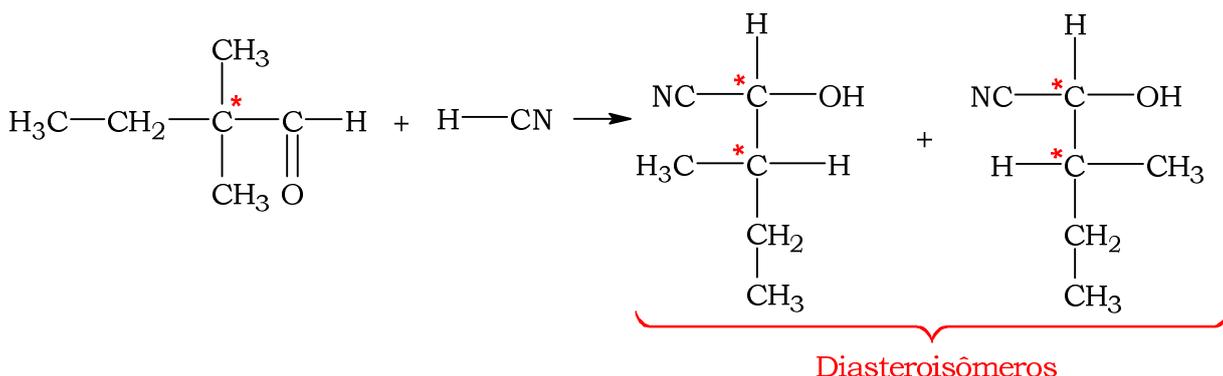


A ÚNICA alternativa correta é:

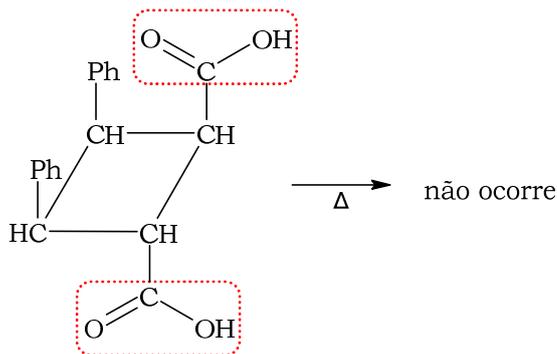
- (A) Na reação 1, a partir de um reagente opticamente ativo, observa-se nos produtos  $\alpha$  e  $\beta$  a formação de um novo centro quiral, implicando produtos opticamente inativos por conterem um par quiral dextrogiro, levogiro.
- (B) A reação 2 não ocorre.
- (C) A reação 2 é uma reação de condensação intramolecular que produz anidrido.
- (D) Na reação 3, os produtos  $\gamma$  e  $\delta$  são representações de um mesmo composto.
- (E) Na reação 3 o ácido maleico, isômero geométrico do ácido fumárico, reage com bromo produzindo isômeros meso.

**Resolução: alternativa B**

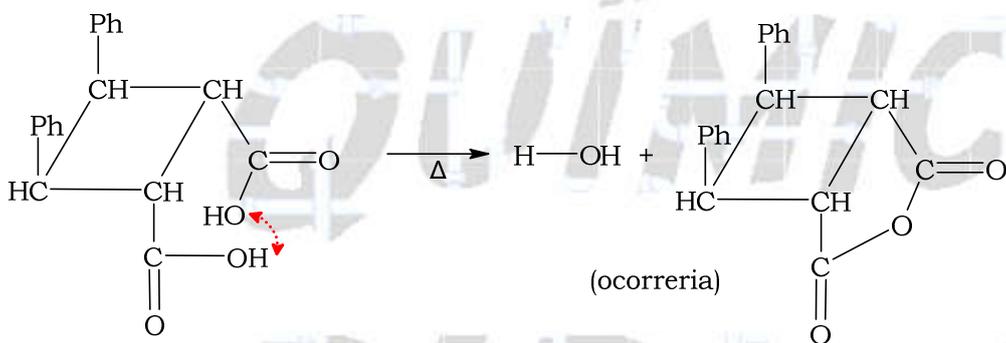
(A) Incorreta. Na reação 1, a partir de um reagente opticamente ativo (\*), ocorre a formação de produtos opticamente ativos (\*), ou seja, que contém carbono quiral ou assimétrico e que não são imagem e objeto um do outro (diastereoisômeros).



(B) Correta. A reação 2 não ocorre. Pois, as carboxilas (-COOH) estão posicionadas de maneira oposta na referência do sistema (“em lados opostos”).

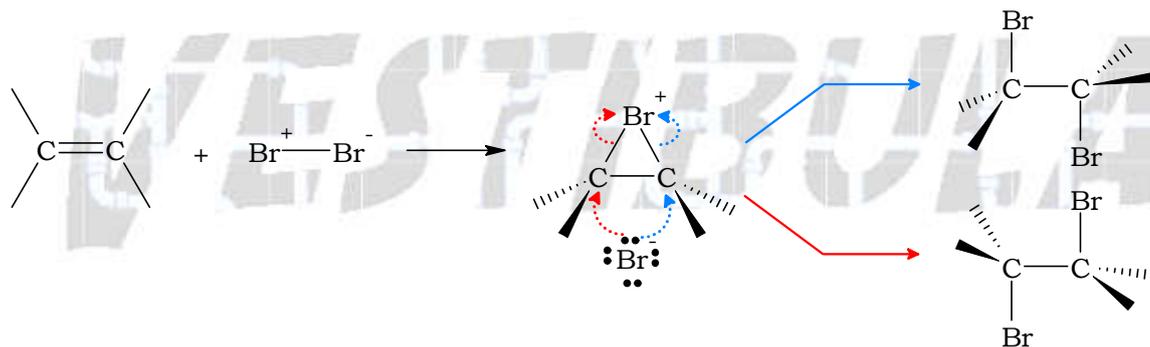


(C) Incorreta. A reação 2 não ocorre, para tal as carboxilas deveriam interagir sem impedimento geométrico, conforme o exemplo abaixo.

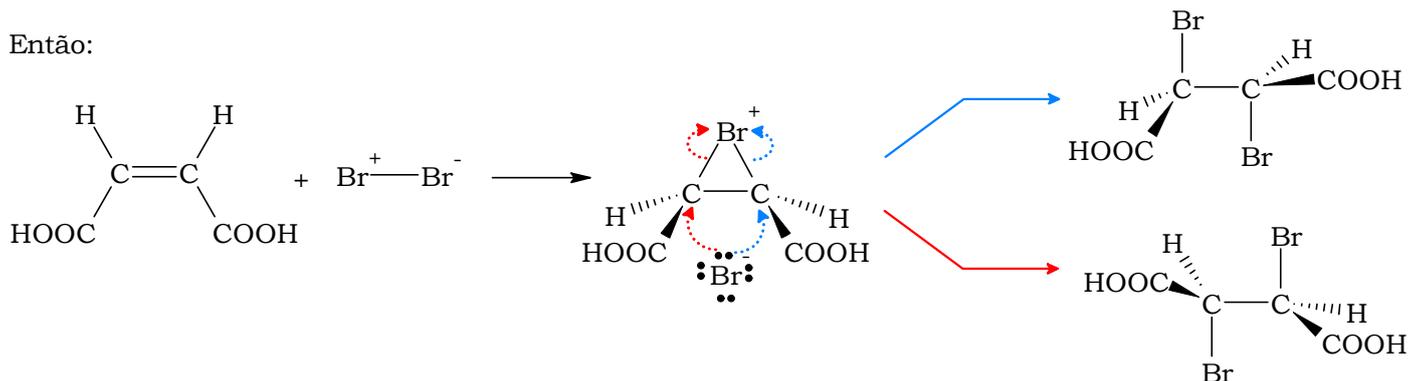


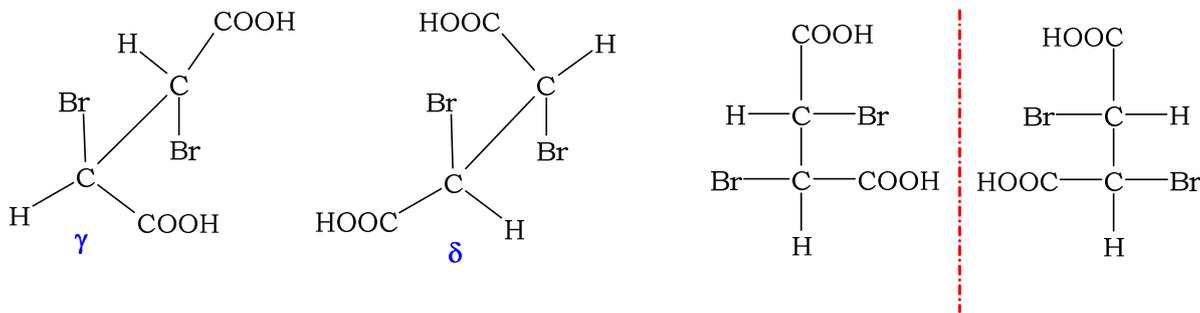
(D) Incorreta. Na reação 3 o ácido maleico (cis) reage com bromo ( $\text{Br}_2$ ) formando um par de enantiômeros ( $\gamma$  e  $\delta$ ). Não se trata da representação de um mesmo composto.

**Observação teórica:** reações de adição com o íon  $\text{Br}^+$  (Bromônio) como intermediário (trata-se da adição anti, pois os bromos são adicionados às “faces” opostas da dupla).

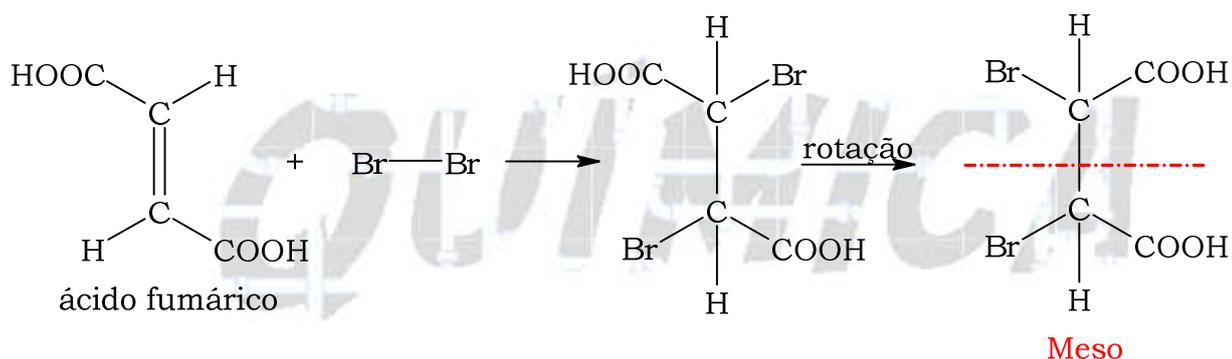


Então:





(E) Incorreta. O ácido maleico (cis) reage com bromo ( $\text{Br}_2$ ) formando um par de enantiômeros, conforme a descrição no comentário da alternativa (D). Já, o ácido fumárico (trans) reage com bromo ( $\text{Br}_2$ ) produzindo o isômero meso.



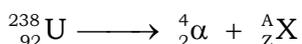
**Questão 40 – Valor: 0,25**

Com relação à série de decaimento radioativo do  ${}_{92}\text{U}^{238}$  até o  ${}_{82}\text{Pb}^{206}$ , a única alternativa INCORRETA é:

- (A) Na emissão de uma partícula  $\alpha$ , o  ${}_{92}\text{U}^{238}$  decai para um elemento  ${}_{90}\text{X}^{234}$ .
- (B) Por não ser fissil, o  ${}_{92}\text{U}^{238}$  não é empregado isoladamente para a geração de energia em reatores nucleares.
- (C) Uma partícula  $\alpha$  é emitida espontaneamente por certos núcleos de elementos radioativos, com número atômico maior que 82, como urânio, tório, polônio e rádio.
- (D) Na emissão de uma partícula  $\alpha$  e de duas partículas  $\beta$ , o  ${}_{92}\text{U}^{238}$  decai para o seu isótopo  ${}_{92}\text{U}^{234}$ .
- (E) A distribuição eletrônica do  ${}_{82}\text{Pb}^{206}$  ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$ ) garante sua estabilidade nuclear.

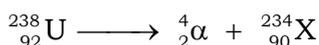
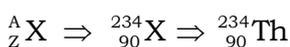
**Resolução: alternativa E**

(A) Correta. Na emissão de uma partícula  $\alpha$ , o  ${}_{92}\text{U}^{238}$  decai para um elemento  ${}_{90}\text{X}^{234}$ .



$$238 = 4 + A \Rightarrow A = 238 - 4 = 234$$

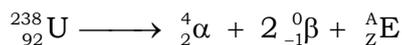
$$92 = 2 + Z \Rightarrow Z = 92 - 2 = 90$$



(B) Correta. O  ${}_{92}\text{U}^{235}$  é o isótopo empregado na geração de energia, pois é físsil.

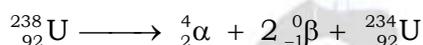
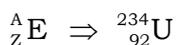
(C) Correta. Uma partícula  $\alpha$  ( ${}^4_2\alpha$ ) é emitida espontaneamente por certos núcleos de elementos radioativos, com número atômico maior que 82, como urânio (U), tório (Th), polônio (Po) e rádio (Ra).

(D) Correta. Na emissão de uma partícula  $\alpha$  e de duas partículas  $\beta$ , o  ${}_{92}\text{U}^{238}$  decai para o seu isótopo  ${}_{92}\text{U}^{234}$ .



$$238 = 4 + 2 \times 0 + A \Rightarrow A = 238 - 4 = 234$$

$$92 = 2 + 2 \times (-1) + Z \Rightarrow Z = 92$$



(E) Incorreta. A estabilidade nuclear está associada à estruturação do núcleo do átomo e não à sua distribuição eletrônica.

## QUESTÕES DISSERTATIVAS

---

### FOLHA DE DADOS

---

#### Considere:

- Constante universal dos gases ideais:

$$R = 8,3 \text{ J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1} = 2 \text{ cal} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}$$

- Massa específica da água =  $1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

- Calor específico molar médio a pressão constante da água =  $+75 \text{ J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}$

- Calor latente de vaporização da água =  $+44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

- Constante de Faraday =  $96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

- 1 Curie (Ci) =  $3,7 \times 10^{10}$  Becquerel (Bq)

- Entalpias padrão de formação a  $27^\circ\text{C}$ , em  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ :

$$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\ell)) = -286$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{CO}(\text{g})) = -110$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4(\text{g})) = -75$$

- $\ln(2) \approx 0,693$

Tabela Periódica dos Elementos Químicos:

1																	18																
1	1.0079 <b>H</b> Hidrogênio																	2	4.0025 <b>He</b> Hélio														
2	3 6.941 <b>Li</b> Lítio	4 9.0122 <b>Be</b> Berílio											5 10.811 <b>B</b> Boro	6 12.011 <b>C</b> Carbono	7 14.007 <b>N</b> Nitrogênio	8 15.999 <b>O</b> Oxigênio	9 18.998 <b>F</b> Flúor	10 20.180 <b>Ne</b> Neônio															
3	11 22.990 <b>Na</b> Sódio	12 24.305 <b>Mg</b> Magnésio											13 26.982 <b>Al</b> Alumínio	14 28.086 <b>Si</b> Silício	15 30.974 <b>P</b> Fósforo	16 32.065 <b>S</b> Enxofre	17 35.453 <b>Cl</b> Cloro	18 39.948 <b>Ar</b> Argônio															
4	19 39.098 <b>K</b> Potássio	20 40.078 <b>Ca</b> Cálcio	21 44.956 <b>Sc</b> Escândio	22 47.867 <b>Ti</b> Titânio	23 50.942 <b>V</b> Vanádio	24 51.996 <b>Cr</b> Cromo	25 54.938 <b>Mn</b> Manganês	26 55.845 <b>Fe</b> Ferro	27 58.933 <b>Co</b> Cobalto	28 58.693 <b>Ni</b> Níquel	29 63.546 <b>Cu</b> Cobre	30 65.39 <b>Zn</b> Zinco	31 69.723 <b>Ga</b> Gálio	32 72.64 <b>Ge</b> Germânio	33 74.922 <b>As</b> Arsênio	34 78.96 <b>Se</b> Selênio	35 79.904 <b>Br</b> Bromo	36 83.8 <b>Kr</b> Criptônio															
5	37 85.468 <b>Rb</b> Rubídio	38 87.62 <b>Sr</b> Estrôncio	39 88.906 <b>Y</b> Ítrio	40 91.224 <b>Zr</b> Zircônio	41 92.906 <b>Nb</b> Nióbio	42 95.94 <b>Mo</b> Molibdênio	43 96 <b>Tc</b> Técncio	44 101.07 <b>Ru</b> Rutênio	45 102.91 <b>Rh</b> Ródio	46 106.42 <b>Pd</b> Paládio	47 107.87 <b>Ag</b> Prata	48 112.41 <b>Cd</b> Cádmio	49 114.82 <b>In</b> Índio	50 118.71 <b>Sn</b> Estanho	51 121.76 <b>Sb</b> Antimônio	52 127.6 <b>Te</b> Telúrio	53 126.9 <b>I</b> Iodo	54 131.29 <b>Xe</b> Xenônio															
6	55 132.91 <b>Cs</b> Césio	56 137.33 <b>Ba</b> Bário	57-71 <b>La-Lu</b> Lantanídeos	72 178.49 <b>Hf</b> Háfnio	73 180.95 <b>Ta</b> Tântalo	74 183.84 <b>W</b> Tungstênio	75 186.21 <b>Re</b> Rênio	76 190.23 <b>Os</b> Ósmio	77 192.22 <b>Ir</b> Iridio	78 195.08 <b>Pt</b> Platina	79 196.97 <b>Au</b> Ouro	80 200.59 <b>Hg</b> Mercúrio	81 204.38 <b>Tl</b> Tálio	82 207.2 <b>Pb</b> Chumbo	83 208.98 <b>Bi</b> Bismuto	84 209 <b>Po</b> Polônio	85 210 <b>At</b> Astató	86 222 <b>Rn</b> Radônio															
7	87 223 <b>Fr</b> Frâncio	88 226 <b>Ra</b> Rádio	89-103 <b>Ac-Lr</b> Actinídeos	104 267 <b>Rf</b> Rutherfordio	105 268 <b>Db</b> Dúbnio	106 269 <b>Sg</b> Seabórgio	107 270 <b>Bh</b> Bóhrio	108 269 <b>Hs</b> Hássio	109 277 <b>Mt</b> Meitnério	110 281 <b>Ds</b> Darmstádio	111 282 <b>Rg</b> Roentgênio	112 285 <b>Cn</b> Copernício	113 286 <b>Nh</b> Nihônio	114 290 <b>Fl</b> Fleróvio	115 290 <b>Mc</b> Moscóvio	116 293 <b>Lv</b> Livermório	117 294 <b>Ts</b> Tennesso	118 294 <b>Og</b> Oganessônio															
	<table border="1"> <tr> <td>57 138.91 <b>La</b> Lantânio</td> <td>58 140.12 <b>Ce</b> Cério</td> <td>59 140.91 <b>Pr</b> Praseodímio</td> <td>60 144.24 <b>Nd</b> Neodímio</td> <td>61 145 <b>Pm</b> Promécio</td> <td>62 150.36 <b>Sm</b> Samário</td> <td>63 151.96 <b>Eu</b> Európio</td> <td>64 157.25 <b>Gd</b> Gadolínio</td> <td>65 158.93 <b>Tb</b> Térbio</td> <td>66 162.50 <b>Dy</b> Disprósio</td> <td>67 164.93 <b>Ho</b> Hólmio</td> <td>68 167.26 <b>Er</b> Érbio</td> <td>69 168.93 <b>Tm</b> Túlio</td> <td>70 173.04 <b>Yb</b> Ítérbio</td> <td>71 174.97 <b>Lu</b> Lutécio</td> </tr> </table>																		57 138.91 <b>La</b> Lantânio	58 140.12 <b>Ce</b> Cério	59 140.91 <b>Pr</b> Praseodímio	60 144.24 <b>Nd</b> Neodímio	61 145 <b>Pm</b> Promécio	62 150.36 <b>Sm</b> Samário	63 151.96 <b>Eu</b> Európio	64 157.25 <b>Gd</b> Gadolínio	65 158.93 <b>Tb</b> Térbio	66 162.50 <b>Dy</b> Disprósio	67 164.93 <b>Ho</b> Hólmio	68 167.26 <b>Er</b> Érbio	69 168.93 <b>Tm</b> Túlio	70 173.04 <b>Yb</b> Ítérbio	71 174.97 <b>Lu</b> Lutécio
57 138.91 <b>La</b> Lantânio	58 140.12 <b>Ce</b> Cério	59 140.91 <b>Pr</b> Praseodímio	60 144.24 <b>Nd</b> Neodímio	61 145 <b>Pm</b> Promécio	62 150.36 <b>Sm</b> Samário	63 151.96 <b>Eu</b> Európio	64 157.25 <b>Gd</b> Gadolínio	65 158.93 <b>Tb</b> Térbio	66 162.50 <b>Dy</b> Disprósio	67 164.93 <b>Ho</b> Hólmio	68 167.26 <b>Er</b> Érbio	69 168.93 <b>Tm</b> Túlio	70 173.04 <b>Yb</b> Ítérbio	71 174.97 <b>Lu</b> Lutécio																			
	<table border="1"> <tr> <td>89 227 <b>Ac</b> Actínio</td> <td>90 232.04 <b>Th</b> Tório</td> <td>91 231.04 <b>Pa</b> Protactínio</td> <td>92 238.03 <b>U</b> Urânio</td> <td>93 237 <b>Np</b> Neptúnio</td> <td>94 244 <b>Pu</b> Plutônio</td> <td>95 243 <b>Am</b> Americio</td> <td>96 247 <b>Cm</b> Cúrio</td> <td>97 247 <b>Bk</b> Berquélio</td> <td>98 251 <b>Cf</b> Califórnio</td> <td>99 252 <b>Es</b> Einsteinio</td> <td>100 257 <b>Fm</b> Férmio</td> <td>101 258 <b>Md</b> Mendelévio</td> <td>102 259 <b>No</b> Nobelio</td> <td>103 262 <b>Lr</b> Laurêncio</td> </tr> </table>																		89 227 <b>Ac</b> Actínio	90 232.04 <b>Th</b> Tório	91 231.04 <b>Pa</b> Protactínio	92 238.03 <b>U</b> Urânio	93 237 <b>Np</b> Neptúnio	94 244 <b>Pu</b> Plutônio	95 243 <b>Am</b> Americio	96 247 <b>Cm</b> Cúrio	97 247 <b>Bk</b> Berquélio	98 251 <b>Cf</b> Califórnio	99 252 <b>Es</b> Einsteinio	100 257 <b>Fm</b> Férmio	101 258 <b>Md</b> Mendelévio	102 259 <b>No</b> Nobelio	103 262 <b>Lr</b> Laurêncio
89 227 <b>Ac</b> Actínio	90 232.04 <b>Th</b> Tório	91 231.04 <b>Pa</b> Protactínio	92 238.03 <b>U</b> Urânio	93 237 <b>Np</b> Neptúnio	94 244 <b>Pu</b> Plutônio	95 243 <b>Am</b> Americio	96 247 <b>Cm</b> Cúrio	97 247 <b>Bk</b> Berquélio	98 251 <b>Cf</b> Califórnio	99 252 <b>Es</b> Einsteinio	100 257 <b>Fm</b> Férmio	101 258 <b>Md</b> Mendelévio	102 259 <b>No</b> Nobelio	103 262 <b>Lr</b> Laurêncio																			

Z	massa
<b>Símb.</b>	<b>atôm.</b>
Nome	

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

**1ª Questão (valor 1,0)** – A pilha de lítio-iodo foi desenvolvida para uso em marca-passos, com durabilidade de cerca de 10 anos e não liberando gases tóxicos ao paciente. Sua estrutura hermeticamente fechada consiste em iodo aglomerado em polímero envolto pelo lítio, sendo o conjunto blindado em aço inoxidável.

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

<b>Íons</b>	$O_2, H^+   H_2O_2$	$I_2   I^-$	$O_2, H_2O   OH^-$	$Li^+   Li$	$H^+, H_2O_2   H_2O$
<b>E° (V)</b>	+ 0,68	+ 0,54	+ 0,40	- 3,04	+ 1,78

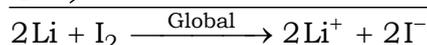
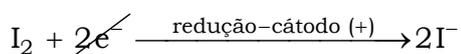
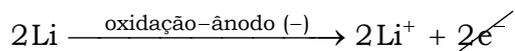
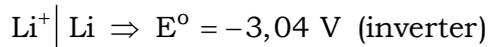
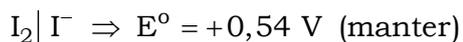
Considerando as condições padrão, determine:

- a) as semirreações e a reação global da pilha;
- b) a diferença de potencial (ddp) máxima da célula eletroquímica;
- c) a variação máxima da energia de Gibbs;
- d) a variação da energia de Gibbs e ddp mínimas para uma possível recarga total da pilha.

**Resolução:**

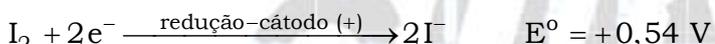
**a)** Semirreações e a reação global da pilha de iodo-lítio:

$$+0,54 \text{ V} > -3,04 \text{ V}$$



**b)** Cálculo da diferença de potencial (ddp) máxima da célula eletroquímica:

$$+0,54 \text{ V} > -3,04 \text{ V}$$



$$\Delta E = E_{\text{oxidação}} + E_{\text{redução}}$$

$$\Delta E = +3,04 \text{ V} + 0,54 \text{ V}$$

$$\Delta E = +3,58 \text{ V}$$

**c)** Cálculo da variação máxima da energia de Gibbs:

$$\Delta E = +3,58 \text{ V}$$

$$n = 2 \text{ (2 mol de } e^- \text{)}$$

$$\text{Constante de Faraday (F)} = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta G = -n \times F \times \Delta E$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \times (+3,58 \text{ V})$$

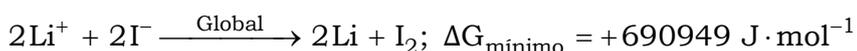
$$\Delta G = -690949 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{V}$$

$$1 \text{ C} = \text{J} \cdot \text{V}^{-1}$$

$$\Delta G = -690949 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{V} \Rightarrow \Delta G = -690949 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

**d)** Cálculo da variação da energia de Gibbs e ddp mínimas para uma possível recarga (inversão)

total da pilha (d.d.p externa acima de 3,58 V e  $\Delta G$  acima de  $690949 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ):



$$\Delta E_{\text{mínima}} = 3,58 \text{ V}$$

**2ª Questão (valor 1,0)** – Em um julgamento, tendo em vista o grande número de pessoas acusadas, o juiz criou dois dispositivos distintos para limitar o tempo de sustentação oral, um para o defensor, e outro para o acusador. Para medir esses tempos, preparou dispositivos químicos distintos e isolados, nos quais uma solução de HCl com concentração igual a  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  é gotejada. O dispositivo do defensor consiste em um recipiente contendo 1 litro de solução aquosa contendo 795 mg de carbonato de sódio e o do acusador um recipiente contendo 1 litro de solução aquosa contendo 840 mg de bicarbonato de sódio. Utilizando traços de indicador com viragem em pH neutro, ajustou a dosagem das gotas para 20 gotas por minuto, iniciando junto com a sustentação oral do defensor, e 40 gotas por minuto, iniciando junto com a sustentação oral do acusador. As falas serão interrompidas no momento da viragem do indicador.

Calcule os tempos de viragem do indicador para a defesa e para a acusação, considerando que cada gota de solução de HCl contém 0,05 mL.

**Resolução:**

Nos dois dispositivos uma solução de HCl com concentração igual a  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  é gotejada.

Dispositivo do defensor:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 \times 23 + 1 \times 12 + 3 \times 16 = 106; M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 795 \text{ mg} \Rightarrow m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 795 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} \Rightarrow n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{795 \times 10^{-3} \text{ g}}{106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



$$2 \text{ mol} \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} \text{ — } 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = \frac{2 \text{ mol} \times 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow n_{\text{HCl}} = 15 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{HCl}] = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow V = \frac{n_{\text{HCl}}}{[\text{HCl}]} \Rightarrow V = \frac{15 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 150 \times 10^{-3} \text{ L} \Rightarrow V = 150 \text{ mL}$$

Cada gota de solução de HCl contém 0,05 mL, então:

$$n_{\text{gotas}} = \frac{150 \text{ mL}}{0,05 \text{ mL}} = 3000 \text{ gotas}$$

A dosagem das gotas foi ajustada para 20 gotas por minuto (defesa), teremos:

$$\frac{20 \text{ gotas}}{1 \text{ minuto}} = \frac{3000 \text{ gotas}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{3000}{20} \text{ minutos} \Rightarrow \Delta t = 150 \text{ minutos (tempo de viragem do indicador para a defesa)}$$

Dispositivo do acusador:

$$\text{NaHCO}_3 = 1 \times 23 + 1 \times 1 + 1 \times 12 + 3 \times 16 = 84; M_{\text{NaHCO}_3} = 84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{NaHCO}_3} = 840 \text{ mg} \Rightarrow m_{\text{NaHCO}_3} = 840 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{m_{\text{NaHCO}_3}}{M_{\text{NaHCO}_3}} \Rightarrow n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{840 \times 10^{-3} \text{ g}}{84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



$$1 \text{ mol} \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} \text{ — } 10 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = \frac{1 \text{ mol} \times 10 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow n_{\text{HCl}} = 10 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{HCl}] = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow V = \frac{n_{\text{HCl}}}{[\text{HCl}]} \Rightarrow V = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 100 \times 10^{-3} \text{ L} \Rightarrow V = 100 \text{ mL}$$

Cada gota de solução de HCl contém 0,05 mL, então:

$$n_{\text{gotas}} = \frac{100 \text{ mL}}{0,05 \text{ mL}} = 2000 \text{ gotas}$$

A dosagem das gotas foi ajustada para 40 gotas por minuto (acusação), teremos:

$$\frac{40 \text{ gotas}}{1 \text{ minuto}} = \frac{2000 \text{ gotas}}{\Delta t}$$

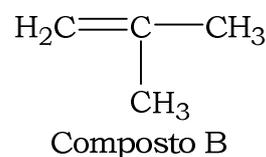
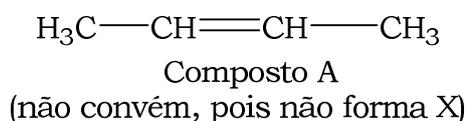
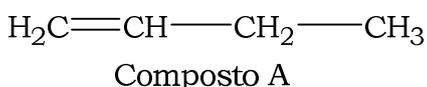
$$\Delta t = \frac{2000}{40} \text{ minutos} \Rightarrow \Delta t = 50 \text{ minutos (tempo de viragem do indicador para a acusação)}$$

**3ª Questão (valor 1,0)** – Dois compostos distintos, **A** e **B**, ambos com fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_8$ , geram resultado positivo para o teste com água de bromo. A reação de **A** com HBr na ausência de peróxido gera uma mistura racêmica e, na presença de peróxido, gera majoritariamente o produto **X**. O composto **B**, por sua vez, ao reagir com HBr na ausência de peróxido gera majoritariamente o produto **Y** e, na presença do peróxido, o produto **Z**.

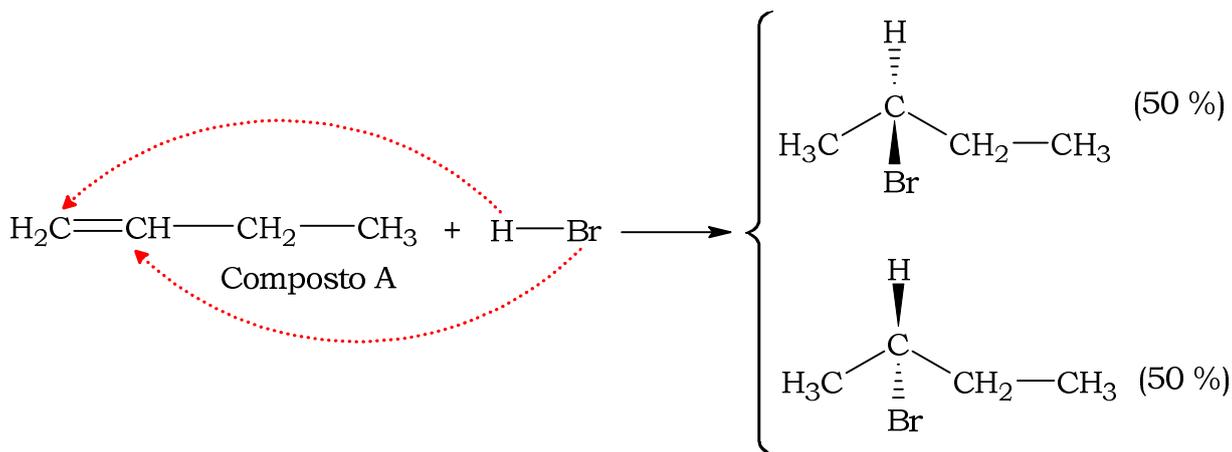
Apresente as estruturas moleculares dos compostos **A**, **B**, **X**, **Y** e **Z**, sabendo que os mesmos são opticamente inativos e que possuem estruturas moleculares distintas.

**Resolução:**

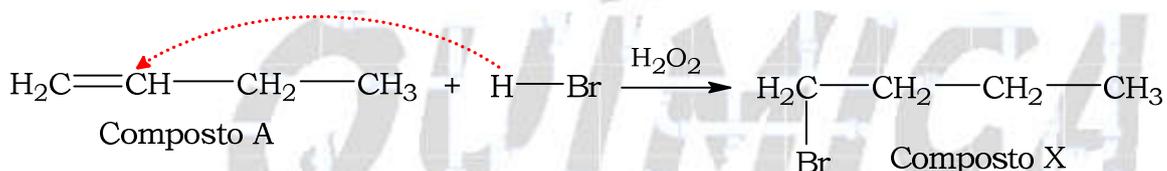
Dois compostos distintos, **A** e **B**, ambos com fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_8$ , geram resultado positivo para o teste com água de bromo. Ou seja, ambos têm uma ligação dupla. Logo:



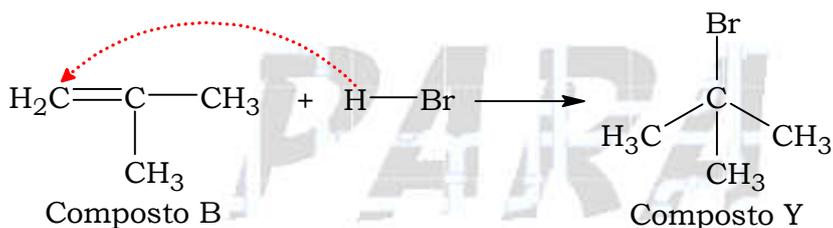
**A** com HBr na ausência de peróxido gera uma mistura racêmica:



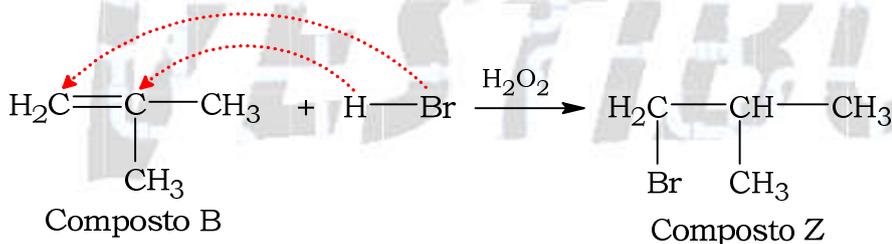
**A** com HBr na presença de peróxido gera o produto **X** (oposto de Markovnikov):



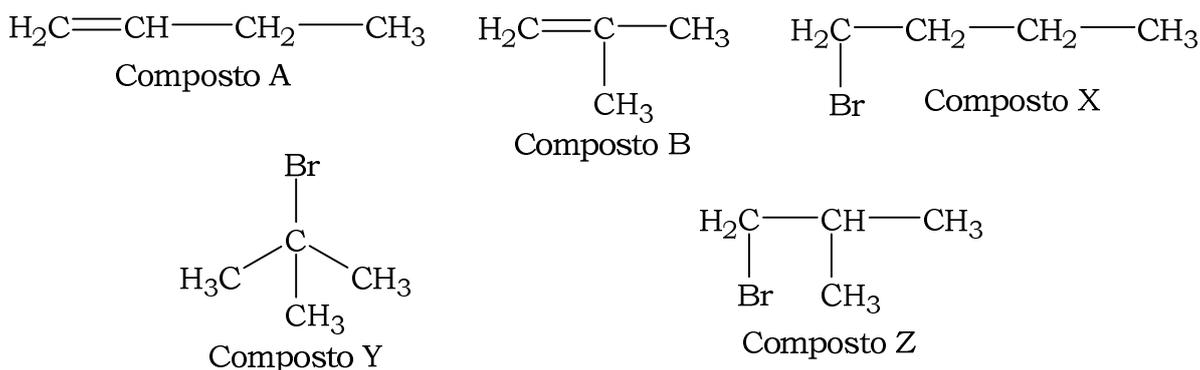
O composto **B**, ao reagir com HBr na ausência de peróxido gera majoritariamente o produto **Y**:



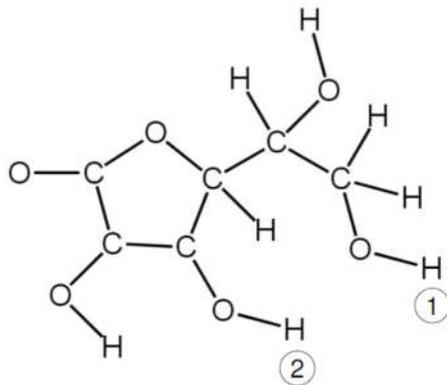
O composto **B**, ao reagir com HBr na presença de peróxido (oposto de Markovnikov) gera majoritariamente o produto **Z**:



Conclusão:



4ª Questão (valor 1,0) – O ácido ascórbico tem fórmula molecular  $C_6H_8O_6$  e parte de suas ligações químicas estão representadas abaixo.

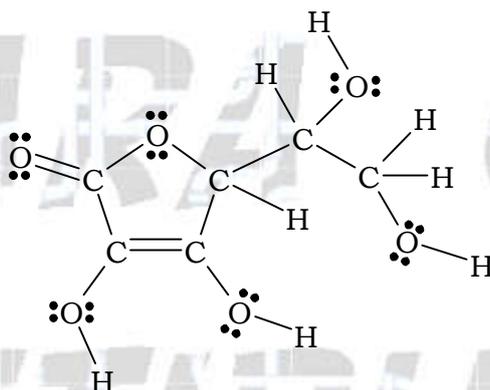


a) Apresente a estrutura de Lewis do ácido ascórbico.

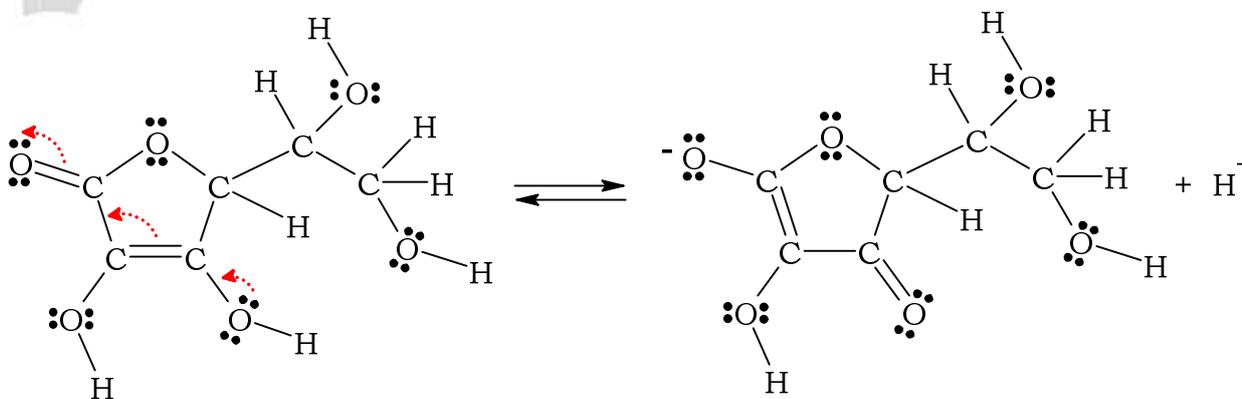
b) Com base na estrutura eletrônica, qual é o hidrogênio mais ácido dentre os hidrogênios assinalados por 1 e 2? Justifique.

**Resolução:**

a) Estrutura de Lewis do ácido ascórbico (os elétrons ligantes são representados por traços e os não ligantes por pontos):



b) Com base na estrutura eletrônica, o hidrogênio mais ácido dentre os hidrogênios assinalados é o hidrogênio 2. Pois faz parte do grupo enol, que pode sofrer ressonância.



**5ª Questão (valor 1,0)** – De modo a estimar o peso atômico de um elemento **X**, um cientista do século XIX escolheu um procedimento criativo. Ele preparou 4 compostos **A**, **B**, **C** e **D** contendo o elemento químico **X**, em proporções mássicas conforme tabela abaixo. Na sequência, transferiu-os, individualmente, para frascos idênticos, previamente evacuados, até que todos atingissem 1 atm de pressão, na temperatura de 525 K, na qual sabia que todos os compostos se comportariam como gases ideais.

O cientista repetiu o experimento com nitrogênio, e pesou, então, todos os frascos, mantendo as condições de temperatura e pressão, montando a seguinte tabela.:

Gás	% em massa de X	Massa de gás (g)
N <sub>2</sub>	0,0	2,8
A	97,3	3,65
B	83,5	8,5
C	89,1	11,95
D	92,2	15,4

Com base nestas informações, identifique o elemento químico **X**.

**Resolução:**

Cálculo do volume a partir do nitrogênio:

$$P = 1 \text{ atm}; V = ?; R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; T = 525 \text{ K}; m_{\text{N}_2} = 2,8 \text{ g}; M_{\text{N}_2} = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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

$$1 \text{ atm} \times V = \frac{2,8 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 525 \text{ K} \Rightarrow V = 4,305 \text{ L}$$

$$P \times V = \frac{m}{M_{\text{gás}}} \times R \times T \Rightarrow 1 \text{ atm} \times 4,305 \text{ L} = \frac{m}{M_{\text{gás}}} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 525 \text{ K}$$

$$\frac{M_{\text{gás}}}{m} = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 525 \text{ K}}{1 \text{ atm} \times 4,305 \text{ L}} \Rightarrow \frac{M_{\text{gás}}}{m} = 10 \Rightarrow \text{Generalizando: } M_{\text{gás}} = 10 \times m \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Gás	m (g)	$M_{\text{gás}} = 10 \times m \text{ (g} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$	% X	$(\% X) = \frac{M_i}{M_{\text{gás}}} \Rightarrow M_i = (\% X) \times M_{\text{gás}}$	$\frac{M_i}{35,5}$
A	3,65	$10 \times 3,65 = 36,5$	0,973	$0,973 \times 36,5 = 35,5$	$\frac{35,5}{35,5} = 1$
B	8,5	$10 \times 8,5 = 85$	0,835	$0,835 \times 85 = 71$	$\frac{71}{35,5} = 2$
C	11,95	$10 \times 11,95 = 119,5$	0,891	$0,891 \times 119,5 = 106,5$	$\frac{106,5}{35,5} = 3$
D	15,4	$10 \times 15,4 = 154$	0,922	$0,922 \times 154 = 142$	$\frac{142}{35,5} = 4$

Proporção: 1 : 2 : 3 : 4.

Conclusão: o elemento químico X é o cloro (35,5 u).

**6ª Questão (valor 1,0)** – O Iodo-131 ( $^{131}\text{I}$ ) é um isótopo radioativo emissor de elétrons que pode ser utilizado na medicina nuclear para procedimentos analíticos, sendo sua constante de decaimento  $1,003 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ .

Calcule o número de dias para que uma amostra inicial de  $^{131}\text{I}$  com massa de  $8,22 \times 10^{-13} \text{ g}$  não seja detectada por um contador Geiger, que possui um limite mínimo de detecção de  $10^{-4} \mu\text{Ci}$ .

**Resolução:**

$$1 \text{ Curie (Ci)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Becquerel (Bq)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

$$A_{\text{mín}} = 10^{-4} \mu\text{Ci} \Rightarrow A_{\text{mín}} = 10^{-4} \times 10^{-6} \times 3,7 \times 10^{10}$$

$$A_{\text{mín}} = 3,7 \text{ s}^{-1}$$

$$N_{\text{Avogadro}} = 6,02 \times 10^{23}$$

$$\lambda = 1,003 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_{\text{I}} = 8,22 \times 10^{-13} \text{ g} \\ I = 131; M_{\text{I}} = 131 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array} \right\} N_0 = \frac{m_{\text{I}}}{M_{\text{I}}} \Rightarrow N_0 = \frac{8,22 \times 10^{-13}}{131} \text{ mol} \Rightarrow N_0 = \frac{8,22 \times 10^{-13}}{131} \times 6,02 \times 10^{23}$$

Cálculo da atividade do iodo-131:

$$A_0 = \lambda \times N_0$$

$$A_0 = 1,003 \times 10^{-6} \times \frac{8,22 \times 10^{-13}}{131} \times 6,02 \times 10^{23} = 0,378876 \times 10^4 \Rightarrow A_0 \approx 3789 \text{ s}^{-1}$$

Teremos:

$$A_{\text{mín}} = A_0 \times e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A_0}{A_{\text{mín}}} = e^{\lambda t}$$

$$\frac{3789}{3,7} = e^{1,003 \times 10^{-6} t} \Rightarrow \ln \frac{3789}{3,7} = \ln e^{1,003 \times 10^{-6} t} \Rightarrow \ln 1024 = \ln e^{1,003 \times 10^{-6} t} \Rightarrow \ln 2^{10} = \ln e^{1,003 \times 10^{-6} t}$$

$$10 \times \ln 2 = 1,003 \times 10^{-6} t$$

$$\ln 2 = 0,693$$

$$t = \frac{10 \times 0,693}{1,003 \times 10^{-6}} \text{ s} \Rightarrow t = \frac{\left( \frac{10 \times 0,693}{1,003 \times 10^{-6}} \right)}{24 \times 60 \times 60} \Rightarrow t = 79,968 \text{ dias}$$

$$t \approx 80 \text{ dias}$$

**7ª Questão (valor 1,0)** – Um certo aldeído **B** é subsequente ao aldeído **A** na série homóloga de aldeídos de cadeia normal.

Uma alíquota de 20 g do aldeído **B** é adicionada a 100 g de uma solução aquosa contendo 30 % em massa do aldeído **A**. A adição de uma solução amoniacal de  $\text{AgNO}_3$  a 8,25 g dessa solução de aldeídos resulta na precipitação de 21,6 g de prata.

Forneça a nomenclatura dos aldeídos **A** e **B**.

**Resolução:**

- 8,25 g dessa solução de aldeídos resulta na precipitação de 21,6 g de prata.

Uma alíquota de 20 g do aldeído **B** é adicionada a 100 g de uma solução aquosa contendo 30 % em massa do aldeído **A** ( $m_A = 30$  g).

$$120 \text{ g (solução)} \text{ ————— } 30 \text{ g (A)}$$

$$8,25 \text{ g (solução)} \text{ ————— } m_A$$

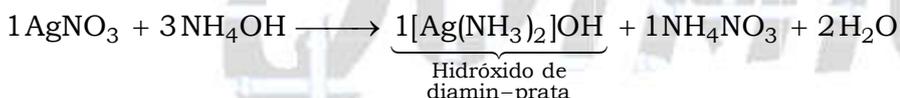
$$m_A = \frac{8,25 \text{ g} \times 30 \text{ g}}{120 \text{ g}} = 2,0625 \text{ g} \approx 2 \text{ g (para facilitar os cálculos)}$$

$$120 \text{ g (solução)} \text{ ————— } 20 \text{ g (B)}$$

$$8,25 \text{ g (solução)} \text{ ————— } m_B$$

$$m_B = \frac{8,25 \text{ g} \times 20 \text{ g}}{120 \text{ g}} = 1,375 \text{ g} \approx 1,4 \text{ g (para facilitar os cálculos)}$$

De acordo com o enunciado da questão, tem-se o reativo de Tollens: solução amoniacal de nitrato de prata, que em presença de aldeído, tem os íons  $\text{Ag}^+$  reduzidos a  $\text{Ag}^0$  (prata metálica ou “espelho de prata”).



$$1 \text{ mol} \text{ ————— } 2 \times 108 \text{ g}$$

$$n_{\text{R}-\text{COH}} \text{ ————— } 21,6 \text{ g}$$

$$n_{\text{R}-\text{COH}} = \frac{1 \text{ mol} \times 21,6 \text{ g}}{2 \times 108 \text{ g}} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{R}-\text{COH}} = n_A + n_B$$

$$n_{\text{R}-\text{COH}} = \frac{m_A}{M_A} + \frac{m_B}{M_B} \Rightarrow 0,1 = \frac{2}{M_A} + \frac{1,4}{M_B} \quad (\text{I})$$

O aldeído **B** é subsequente ao aldeído **A** na série homóloga de aldeídos de cadeia normal.

$$\text{CH}_2 = 1 \times 12 + 2 \times 1 = 14$$



$$m \dots (m+14) \text{ (subsequente)} \Rightarrow M_A \dots M_A + 14$$

De (I), vem:

$$0,1 = \frac{2}{M_A} + \frac{1,4}{M_A + 14} \Rightarrow 0,1M_A^2 - 2M_A - 28 = 0$$

$$M_A = \frac{2 \pm \sqrt{2^2 - 4 \times 0,1 \times (-28)}}{2 \times 0,1} \quad (\pm \Rightarrow \text{o valor negativo não convém}) \Rightarrow M_A = \frac{2 + \sqrt{15,2}}{0,2}$$

$$M_A \approx \frac{2 + \sqrt{16}}{0,2} \Rightarrow M_A \approx 30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{H}-\text{COH} = 2 \times 1 + 1 \times 12 + 1 \times 16 = 30 \Rightarrow \text{A é Metanal.}$$

$$M_B = M_A + 14 \Rightarrow M_B = 30 + 14 \Rightarrow M_B = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{H}_3\text{C}-\text{COH} = 4 \times 1 + 2 \times 12 + 1 \times 16 = 44 \Rightarrow \text{B é Etanal.}$$

**8ª Questão (valor 1,0)** – Um cilindro adiabático dotado de uma tampa móvel que pode se deslocar para cima e para baixo sem atrito e alimentado com 440 mg de propano e 1,60 g de oxigênio aquecidos. Durante a admissão dos gases, a tampa vai se deslocando até parar em sua posição final, de forma que a pressão se estabelece a 2,0 atm e a temperatura a 333 K. Os gases são, então, ignitados. Ocorre a combustão instantânea e completa da mistura à temperatura de combustão de 3000 K, que gera apenas produtos gasosos e ocasiona novo deslocamento da tampa. A temperatura final medida, após a parada da tampa na nova posição, é de 2000 K.

Considere:

- i) comportamento ideal dos gases;
- ii) que a montagem é suficientemente hermética para evitar o escape de gases;
- iii) que para as faixas de pressão e temperatura a serem consideradas no problema, as capacidades caloríficas dos produtos são constantes.

Calcule a capacidade calorífica dos produtos da mistura de gases resultante.

**Resolução:**

Cálculo do número de mols dos gases:

$$C_3H_8 = 3 \times 12 + 8 \times 1 = 44; M_{C_3H_8} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{C_3H_8} = 440 \text{ mg} = 0,44 \text{ g}$$

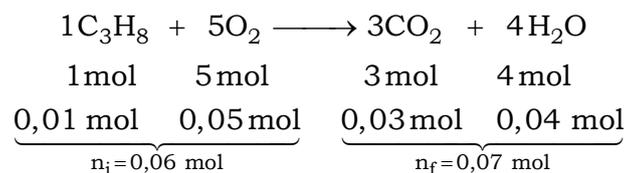
$$n_{C_3H_8} = \frac{m_{C_3H_8}}{M_{C_3H_8}} \Rightarrow n_{C_3H_8} = \frac{0,44 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{C_3H_8} = 0,01 \text{ mol}$$

$$O_2 = 2 \times 16 = 32; M_{O_2} = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{O_2} = 1,60 \text{ g}$$

$$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} \Rightarrow n_{O_2} = \frac{1,60 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{O_2} = 0,05 \text{ mol}$$

Combustão completa do propano:



Cálculo da variação de volume (deslocamento da tampa):

$$P = 2,0 \text{ atm}; n_i = 0,06 \text{ mol}; R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; T = 333 \text{ K}$$

$$P \times V_i = n_i \times R \times T \Rightarrow 2,0 \text{ atm} \times V_i = 0,06 \text{ mol} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 333 \text{ K}$$

$$V_i = 0,819 \text{ L}$$

$$P = 2,0 \text{ atm}; n_f = 0,07 \text{ mol}; R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; T = 2000 \text{ K}$$

$$P \times V_f = n_f \times R \times T \Rightarrow 2,0 \text{ atm} \times V_f = 0,07 \text{ mol} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 2000 \text{ K}$$

$$V_f = 5,74 \text{ L}$$

$$\Delta V = V_f - V_i \Rightarrow \Delta V = 5,74 \text{ L} - 0,819 \text{ L} \Rightarrow \Delta V = 4,92 \text{ L}$$

Como o cilindro é adiabático, a energia envolvida é transformada em trabalho, vide a primeira lei da termodinâmica.

A temperatura varia de 3000 K para 2000 K. Logo, pode-se calcular  $C_V$ :

$$\Delta T = 2000 \text{ K} - 3000 \text{ K} = -1000 \text{ K}$$

$$\Delta U = n_{\text{produtos}} \times C_V \times \Delta T$$

$$W = \Delta U \Rightarrow W = -P \times \Delta V$$

$$-P \times \Delta V = n_{\text{produtos}} \times C_V \times \Delta T$$

$$-2 \text{ atm} \times 4,92 \text{ L} = 0,07 \text{ mol} \times C_V \times -1000 \text{ K} \Rightarrow C_V = \frac{2 \text{ atm} \times 4,92 \text{ L}}{0,07 \text{ mol} \times 1000 \text{ K}}$$

$$C_V = \frac{2 \times 4,92}{0,07 \times 1000} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Transformando as unidades, vem:

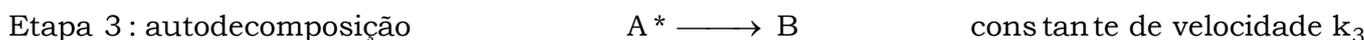
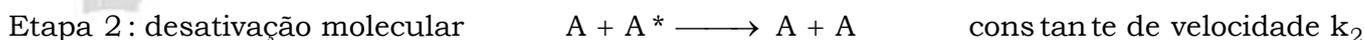
$$8,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \frac{8,3}{0,082} \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$C_V = \frac{2 \times 4,92}{0,07 \times 1000} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \Rightarrow C_V = \frac{2 \times 4,92}{0,07 \times 1000} \times \frac{8,3}{0,082} \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$C_V = 14,23 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

**9ª Questão (valor 1,0)** – Uma molécula **A** em fase gasosa esta sujeita a processos reacionais envolvendo ativação e desativação por colisões moleculares e sua autodecomposição, abrangendo as seguintes etapas:



Considere que:

i) o composto ativado **A\*** e formado e consumido com a mesma velocidade;

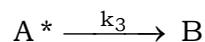
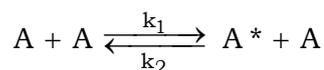
ii)  $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$  possuem a mesma ordem de grandeza.;

iii) a lei de velocidade de formação de **B** e expressa apenas em termos da concentração de **A** e das três constantes de velocidade.

Determine a ordem aproximada da formação de **B** e a constante de reação em altíssimas pressões de **A**.

**Resolução:**

Para encontrarmos a lei de velocidade geral do sistema, utilizamos a aproximação do estado estacionário. Ou seja, velocidade de produção de A\* será igual à velocidade de consumo de A\*.



$$v_1 = v_2 + v_3$$

$$k_1[A] \times [A] = k_2[A^*] \times [A] + k_3[A^*]$$

$$k_1[A]^2 = [A^*](k_2[A] + k_3)$$

$$[A^*] = \frac{k_1[A]^2}{k_2[A] + k_3} \quad (I)$$

$$\frac{d[B]}{dt} = k_3[A^*] \quad (II)$$

Substituindo I em II, vem:

$$\frac{d[B]}{dt} = \frac{k_3 \times k_1[A]^2}{k_2[A] + k_3}$$

Se  $k_2[A] \ll k_3$ , teremos :

$$\frac{d[B]}{dt} = \frac{k_3 \times k_1[A]^2}{\cancel{k_2[A]} + k_3} \Rightarrow \frac{d[B]}{dt} = \frac{\cancel{k_3} \times k_1[A]^2}{\cancel{k_3}} \Rightarrow \frac{d[B]}{dt} = k_1[A]^2$$

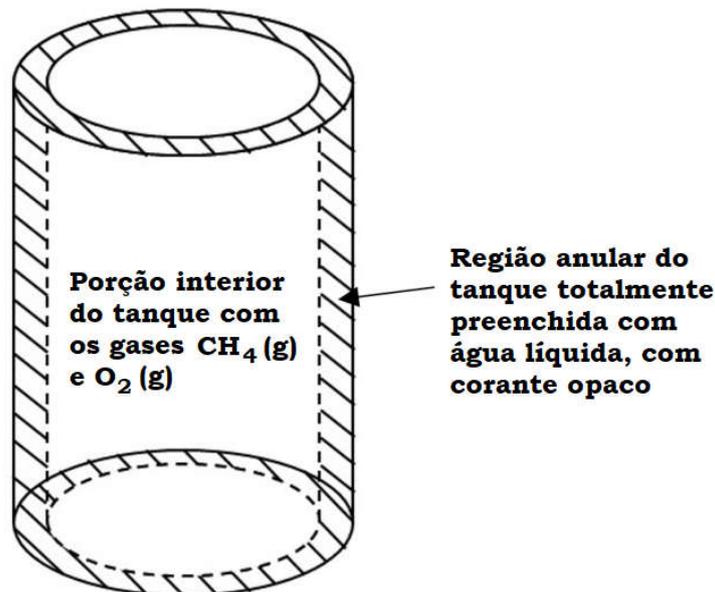
Se  $k_2[A] \gg k_3$ , que é o caso (altíssimas pressões de A), teremos :

$$\frac{d[B]}{dt} = \frac{k_3 \times k_1[A]^2}{k_2[A] + \cancel{k_3}} \Rightarrow \frac{d[B]}{dt} = \frac{k_3 \times k_1[A]^2}{k_2[A]} \Rightarrow \frac{d[B]}{dt} = \frac{k_3 \times k_1[A]}{k_2}$$

$$v_B = \frac{k_1 \cdot k_3}{k_2} \times [A]^1 \quad (\text{primeira ordem})$$

$$\text{Constante de reação} = \frac{k_1 \cdot k_3}{k_2}$$

**10ª Questão (valor 1,0)** – Um determinado número de mágica é conduzido em um tanque cilíndrico rígido de parede dupla transparente a 27 °C, em que são injetados os gases metano e oxigênio em sua porção interior, fechada, de 1.400 L; e acrescentada água líquida com corante opaco, ocupando o volume total de sua região anular de 180 L, aberta no topo, conforme indicado na visão esquemática do tanque ilustrada na Figura abaixo:



Em resumo, o funcionamento normal do dispositivo para o número de mágica abrange:

- Passo 1:  $\text{CH}_4(\text{g})$  e  $\text{O}_2(\text{g})$  são injetados na porção interior do tanque com volume útil de 1400 L e ocorre a combustão a  $27^\circ\text{C}$ , com consumo total dos reagentes;
- Passo 2: imediatamente após a combustão, a porção anular do tanque é aberta em seu topo, de modo que a água líquida esteja à pressão de 1 atm, e o calor da combustão seja transferido integralmente para a mesma, sendo este o equivalente para vaporizar toda a água líquida com corante; e
- Passo 3: após toda a água vaporizar, um objeto, resistente à combustão, deve aparecer para a plateia na porção interior do tanque.

Infelizmente, na noite da estreia do espetáculo, o número de mágica não funcionou, revelando uma fumaça escura no interior do tanque, mesmo após a vaporização completa da água na região anular.

Considere que:

- o sistema composto pela porção interior do tanque e pela região anular é isolado durante a ocorrência da combustão;
- a combustão ocorrida no interior do tanque foi incompleta, com formação apenas de  $\text{C}(\text{s})$ ,  $\text{CO}(\text{g})$  e  $\text{H}_2\text{O}(\ell)$  como produtos.;
- o corante não afeta as propriedades da água e não adere às paredes do recipiente;
- a pressão parcial de  $\text{CO}(\text{g})$ , após a combustão, foi de 2,46 atm.

Calcule a razão molar inicial oxidante/combustível,  $n_{\text{O}_2(\text{g})} / n_{\text{CH}_4(\text{g})}$ , responsável pelo não funcionamento do número de mágica.

**Resolução:**

Cálculo do número de mols de água na região anular do tanque:

$$\text{Massa específica da água} = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$V_{\text{água}} = 180 \text{ L} \Rightarrow m_{\text{água}} = 180 \text{ kg} = 180 \times 10^3 \text{ g}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18; M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{180 \times 10^3 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \times 10^4 \text{ mol}$$

Cálculo da quantidade de energia necessária para aquecer a água do tanque cilíndrico rígido de parede dupla transparente a 27 °C até a sua vaporização em 100 °C:

$$\Delta T = 100 \text{ °C} - 27 \text{ °C} = 73 \text{ °C} \Rightarrow \Delta T = 73 \text{ K}$$

$$C_p = +75 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ (Calor específico molar médio a pressão constante da água)}$$

$$Q = n \times C_p \times \Delta T$$

$$Q = 1,0 \times 10^4 \text{ mol} \times (+75 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \times 73 \text{ K}$$

$$Q = 5475 \times 10^4 \text{ J} \Rightarrow Q = 5,475 \times 10^4 \text{ kJ}$$

Cálculo da quantidade de energia necessária para vaporizar a água:

$$L_v = +44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ (Calor latente de vaporização da água)}$$

$$Q' = n_{\text{H}_2\text{O}} \times L_v$$

$$Q' = 1,0 \times 10^4 \text{ mol} \times (+44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$Q' = 44 \times 10^4 \text{ kJ}$$

Cálculo da quantidade total de energia envolvida no processo:

$$Q_{\text{total}} = Q + Q'$$

$$Q_{\text{total}} = 5,475 \times 10^4 \text{ kJ} + 44 \times 10^4 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{total}} = 49,475 \times 10^4 \text{ kJ}$$

Cálculo do número de mols de CO produzidos na combustão do CH<sub>4</sub> dentro do tanque:

$$P_{\text{CO}} = 2,46 \text{ atm}; V_{\text{útil}} = 1400 \text{ L}; R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

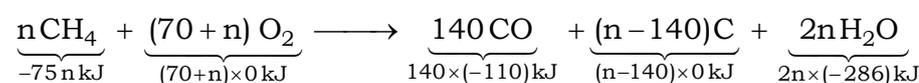
$$P_{\text{CO}} \times V_{\text{útil}} = n_{\text{CO}} \times R \times T \Rightarrow 2,46 \text{ atm} \times 1400 \text{ L} = n_{\text{CO}} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$n_{\text{CO}} = 140 \text{ mol}$$

Combustão incompleta do CH<sub>4</sub>:

Entalpias padrão de formação a 27 °C, em kJ · mol<sup>-1</sup> :

$$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\ell)) = -286; \Delta H_f^\circ(\text{CO}(\text{g})) = -110; \Delta H_f^\circ(\text{CH}_4(\text{g})) = -75$$



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

$$\Delta H = [140 \times (-110) \text{ kJ} + (n - 140) \times 0 \text{ kJ} + 2n \times (-286) \text{ kJ}] - [-75n \text{ kJ} + (70 + n) \times 0 \text{ kJ}]$$

$$\Delta H = (-15400 - 572n + 75n) \text{ kJ}$$

$$\Delta H = -Q_{\text{total}} = -49,475 \times 10^4 \text{ kJ}$$

$$-494750 \text{ kJ} = (-15400 - 572n + 75n) \text{ kJ}$$

$$497n = 479350 \Rightarrow n = \frac{479350}{497} = 964,4869$$

$$\frac{n_{\text{O}_2(\text{g})}}{n_{\text{CH}_4(\text{g})}} = \frac{(70 + n)}{n} \Rightarrow \frac{n_{\text{O}_2(\text{g})}}{n_{\text{CH}_4(\text{g})}} = \frac{(70 + 964,4869)}{964,4869} = \frac{1034,4869}{964,4869} = 1,072577$$

$$\frac{n_{\text{O}_2(\text{g})}}{n_{\text{CH}_4(\text{g})}} = 1,07$$

QUÍMICA  
PARA O  
VESTIBULAR