

## IME 2023

### 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.

**QUESTÕES OBJETIVAS**

**CONCURSO DE ADMISSÃO**

**AO**

**CONCURSO DE FORMAÇÃO E GRADUAÇÃO**

**Questão 31 – Valor: 0,25**

Em uma célula voltaica a energia de Gibbs padrão de reação é determinada pela expressão:

$$\Delta G_r^\circ = -n F E_{cel}^\circ$$

em que  $n$  é um número adimensional que representa a quantidade de mols de elétrons transferidos nas semirreações de oxidação e de redução combinadas,  $F$  é a constante de Faraday e  $E_{cel}^\circ$  é o potencial-padrão da célula.

Considere  $F = 96500 \text{ C/mol}$  e os potenciais-padrão de redução do ferro e do alumínio, a 298 K, indicados abaixo.

$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}(\text{s})$	$E^\circ = -0,44 \text{ V}$
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}(\text{s})$	$E^\circ = -1,66 \text{ V}$

Para uma célula voltaica formada pelo contato de dois metais quando uma peça de ferro é fixada com parafusos de alumínio, a 298 K, avalie as asserções a seguir.

- I.** O valor numérico de  $n$  é 5.
- II.** Com o passar do tempo, a peça fixada irá cair devido à corrosão do ferro.
- III.** Com o passar do tempo, a peça fixada irá cair devido à corrosão do alumínio.
- IV.** A energia de Gibbs padrão de reação da célula é igual a  $-706 \text{ kJ/mol}$ .
- V.** Na célula voltaica formada, a oxidação do ferro é um processo espontâneo.

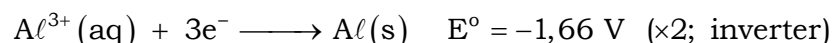
Assinale a opção que apresenta APENAS as afirmativas verdadeiras.

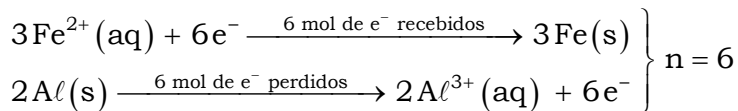
- (A) I, II e V.
- (B) I e III.
- (C) II e III.
- (D) III e IV.
- (E) II, IV e V.

**Resolução: alternativa D**

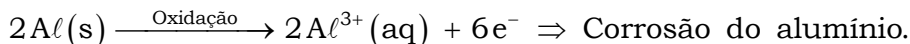
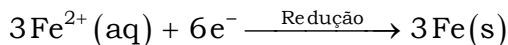
**I.** Falsa. O valor numérico de  $n$  é 6.

$$-0,44 \text{ V} > -1,66 \text{ V}$$



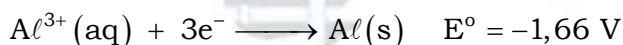
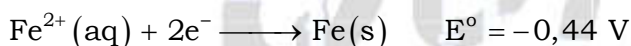


**II.** Falsa. Com o passar do tempo, a peça fixada irá cair devido à corrosão do alumínio, pois este metal sofrerá oxidação e protegerá apenas por um tempo o ferro (o alumínio funcionará como anodo de sacrifício).



**III.** Verdadeira. Com o passar do tempo, a peça fixada irá cair devido à corrosão do alumínio, vide item II.

**IV.** Verdadeira. A energia de Gibbs padrão de reação da célula é igual a  $-706 \text{ kJ/mol}$ .



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

$$\Delta E = E_{\text{cel}}^{\circ} = -0,44 \text{ V} - (-1,66 \text{ V}) = +1,22 \text{ V}$$

$$n = 6 \text{ mol}$$

$$F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$1 \text{ C} = 1 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1} \Rightarrow F = 96500 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

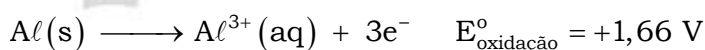
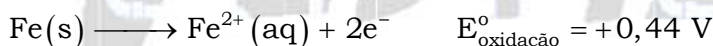
$$\Delta G_{\text{r}}^{\circ} = -n \times F \times E_{\text{cel}}^{\circ}$$

$$\Delta G_{\text{r}}^{\circ} = -6 \text{ mol} \times 96500 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times (+1,22 \text{ V})$$

$$\Delta G_{\text{r}}^{\circ} = -706380 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = -706,380 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta G_{\text{r}}^{\circ} = -706 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

**V.** Falsa. Na célula voltaica formada, a oxidação do alumínio é um processo espontâneo.



$$+1,66 \text{ V} > +0,44 \text{ V}$$

$$E_{\text{oxidação}}^{\circ}(\text{Al}) > E_{\text{oxidação}}^{\circ}(\text{Fe})$$

Na célula voltaica formada, a oxidação do ferro não é um processo espontâneo.

**Questão 32 – Valor: 0,25**

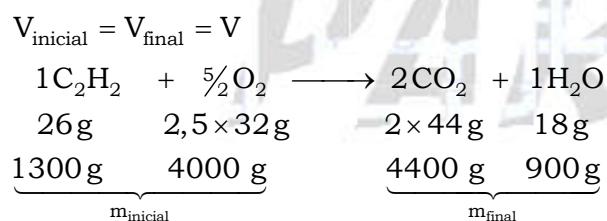
Uma mistura gasosa ideal de 4,0 kg de oxigênio e 1,3 kg de acetileno está contida em um vaso fechado de volume invariante, a 200 °C e 300 kPa. Essa mistura entra em combustão e reage completamente, produzindo CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Depois, deixa-se o meio esfriar por um certo tempo, de forma que os produtos continuam gasosos, e a pressão final medida é de 600 kPa.

É correto afirmar que:

- (A) a massa específica do meio reacional aumenta e a pressão parcial final do CO<sub>2</sub> é de 400 kPa.
- (B) a massa específica do meio reacional diminui e sua temperatura final é de 946 K.
- (C) a massa específica do meio reacional permanece constante e a pressão parcial final do vapor de água é de 200 kPa.
- (D) a massa específica do meio reacional aumenta e sua temperatura final é de 946 K.
- (E) a massa específica do meio reacional permanece constante e sua temperatura final é igual à temperatura inicial.

**Resolução: alternativa C**

A) Incorreta. A massa específica do meio reacional permanece constante, pois a massa total não muda, ou seja, é conservada e o volume é invariante. A pressão parcial final do CO<sub>2</sub> é de 400 kPa.



$$m_{\text{inicial}} = 1300\text{ g} + 4000\text{ g} = 5300\text{ g}$$

$$m_{\text{final}} = 4400\text{ g} + 900\text{ g} = 5300\text{ g}$$

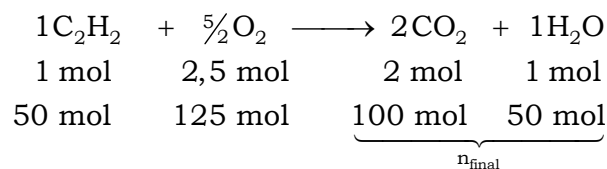
$$\left. \begin{array}{l} \rho_{\text{inicial}} = \frac{5300}{V_{(T,P)}} \\ \rho_{\text{final}} = \frac{5300}{V_{(T,P)}} \end{array} \right\} \rho_{\text{inicial}} = \rho_{\text{final}}$$

$$\text{O}_2 = 2 \times 16; M_{\text{O}_2} = 32\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; m_{\text{O}_2} = 4,0\text{ kg} = 4000\text{ g}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} = \frac{4000\text{ g}}{32\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 125\text{ mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2 = 2 \times 12 + 2 \times 1; M_{\text{C}_2\text{H}_2} = 26\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; m_{\text{C}_2\text{H}_2} = 1,3\text{ kg} = 1300\text{ g}$$

$$n_{\text{C}_2\text{H}_2} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_2}}{M_{\text{C}_2\text{H}_2}} = \frac{1300\text{ g}}{26\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 50\text{ mol}$$



$$n_{\text{final}} = 100 \text{ mol} + 50 \text{ mol} = 150 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 100 \text{ mol}$$

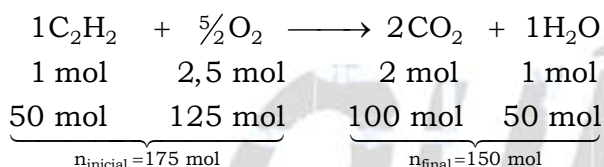
$$P = 600 \text{ kPa}$$

$$\frac{p_{\text{CO}_2}}{P} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{final}}} \Rightarrow \frac{p_{\text{CO}_2}}{600 \text{ kPa}} = \frac{100 \text{ mol}}{150 \text{ mol}}$$

$$p_{\text{CO}_2} = 600 \text{ kPa} \times \frac{100 \text{ mol}}{150 \text{ mol}}$$

$$p_{\text{CO}_2} = 400 \text{ kPa}$$

B) Incorreta. A massa específica do meio reacional permanece constante, pois a massa total não muda, ou seja, é conservada e o volume é invariante. A temperatura final é de 1103,7 K.



$$P_{\text{inicial}} = 300 \text{ kPa}; P_{\text{final}} = 600 \text{ kPa}$$

$$V_{\text{inicial}} = V_{\text{final}} = V \text{ (invariante)}; T_{\text{inicial}} = 200 + 273 = 473 \text{ K}$$

$$P_{\text{inicial}} \times V = n_{\text{inicial}} \times R \times T_{\text{inicial}} \text{ (I)}$$

$$P_{\text{final}} \times V = n_{\text{final}} \times R \times T_{\text{final}} \text{ (II)}$$

Dividindo (I) por (II):

$$\frac{P_{\text{inicial}} \times V}{P_{\text{final}} \times V} = \frac{n_{\text{inicial}} \times R \times T_{\text{inicial}}}{n_{\text{final}} \times R \times T_{\text{final}}} \Rightarrow \frac{300 \text{ kPa} \times V}{600 \text{ kPa} \times V} = \frac{175 \text{ mol} \times R \times 473 \text{ K}}{150 \text{ mol} \times R \times T_{\text{final}}}$$

$$T_{\text{final}} = \frac{600 \times 175 \times 473 \text{ K}}{150 \times 300} = 1103,7 \text{ K}$$

C) Correta. A massa específica do meio reacional permanece constante e a pressão parcial final do vapor de água é de 200 kPa.

$$n_{\text{final}} = 100 \text{ mol} + 50 \text{ mol} = 150 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 50 \text{ mol}$$

$$P = 600 \text{ kPa}$$

$$\frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{P} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{final}}} \Rightarrow \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{600 \text{ kPa}} = \frac{50 \text{ mol}}{150 \text{ mol}}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 600 \text{ kPa} \times \frac{50 \text{ mol}}{150 \text{ mol}}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 200 \text{ kPa}$$

D) Incorreta. A massa específica do meio reacional permanece constante, pois a massa total não muda, ou seja, é conservada e o volume é invariante. A temperatura final é de 1103,7 K.

E) Incorreta. A massa específica do meio reacional permanece constante, pois a massa total não muda, ou seja, é conservada e o volume é invariante. A temperatura final (1103,7 K) é diferente da inicial (473 K).

**Questão 33 – Valor: 0,25**

Catalisadores são substâncias de grande interesse industrial para processos químicos e biotecnológicos, pois permitem a obtenção de produtos-alvo com maior rapidez. Analise as afirmativas abaixo.

- I.** Na reação  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{V}_2\text{O}_5(\text{s})} 2\text{SO}_3(\text{g})$  o pentóxido de vanádio tem efeito de superfície, exemplificando uma catálise heterogênea.
- II.** Dada a sua característica basicamente proteica e sua menor estabilidade em relação aos catalisadores químicos tradicionais, as enzimas são totalmente inativadas durante processos bioquímicos, independentemente das condições operacionais implementadas.
- III.** Os catalisadores reduzem a energia de ativação, resultando em aumento da velocidade de reação, sendo regenerados ao final da conversão química.
- IV.** A ação do catalisador cria um novo caminho reacional que requer menor energia de ativação, alterando o equilíbrio da reação.
- V.** Todos os catalisadores conhecidos são compostos inorgânicos, geralmente constituídos por metais de transição.

Assinale a opção que apresenta APENAS as afirmativas verdadeiras.

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

**Resolução: alternativa D**

**I.** Verdadeira. Na reação  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{V}_2\text{O}_5(\text{s})} 2\text{SO}_3(\text{g})$  o pentóxido de vanádio tem efeito de superfície, pois se trata de um material sólido, exemplificando uma catálise heterogênea, ou seja, os reagentes se encontram numa fase de agregação diferente do catalisador. O aumento ou diminuição da superfície de contato do catalisador influencia na velocidade da reação. Neste caso, a superfície do  $\text{V}_2\text{O}_5(\text{s})$  pode aumentar ou diminuir o contato entre as moléculas dos reagentes gasosos.

**II.** Falsa. A maioria das enzimas tem natureza proteica (existem exceções como as riboenzimas) e são catalisadores biológicos que convertem substâncias denominadas substratos em outras denominadas produtos. Catalisam reações muito específicas, ou seja, para um tipo de reação, um tipo de enzima. As enzimas sofrem influência direta do pH do meio e da temperatura. Exemplos de enzimas catalisadoras: ligases, isomerases, hidrolases, transferases e oxidorreduções, entre outras.

III. Verdadeira. Os catalisadores criam rotas químicas alternativas que diminuem a energia de ativação e aceleram a reação, sendo regenerados no final do processo.

IV. Falsa. A ação do catalisador cria um novo caminho reacional que requer menor energia de ativação, conseqüentemente o equilíbrio da reação é atingido mais rapidamente, porém este estado de equilíbrio não é alterado.

V. Falsa. Existem inúmeros tipos de catalisadores tanto orgânicos, como inorgânicos.

**Questão 34 – Valor: 0,25**

Considere o arcabouço parcial da Tabela Periódica representado abaixo.

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

Seja um sal tal que:

I. seu ânion monoatômico apresenta a mesma distribuição eletrônica do gás nobre do 3º período;

II. seu produto de solubilidade ( $K_{PS}$ ), quantificado em função da sua solubilidade molar ( $S$ ), é dado por:  $K_{PS} = S \cdot (2S)^2$ ;

III. o hidróxido de seu cátion monoatômico é uma base fraca; e

IV. seu cátion é oriundo de um metal com alta densidade.

O sal que melhor satisfaz essas características é:

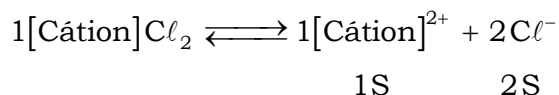
- (A)  $\text{CaF}_2$
- (B)  $\text{CaCl}_2$
- (C)  $\text{AgCl}$
- (D)  $\text{MgF}_2$
- (E)  $\text{PbCl}_2$

**Resolução: alternativa E**

Analisando as informações em ordem variada, vem:

- O ânion monoatômico do sal apresenta a mesma distribuição eletrônica do gás nobre do 3º período, ou seja, do argônio ( $_{18}\text{Ar}$ ).  $_{17}\text{Cl}^- : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ , trata-se do cloreto ( $\text{Cl}^-$ ).

• O produto de solubilidade ( $K_{PS}$ ), quantificado em função da sua solubilidade molar ( $S$ ), é dado por:  $K_{PS} = S \cdot (2S)^2$ . Conclui-se que o cátion pertencente ao sal é bivalente.



$$K_{PS} = [S]^1 \cdot [2S]^2$$

$$K_{PS} = S \cdot (2S)^2$$

• O cátion do sal é bivalente e oriundo de um metal com alta densidade, dos listados nas alternativas, trata-se do chumbo (Pb).

• O hidróxido de chumbo II ( $Pb(OH)_2$ ) é uma base fraca.

Conclusão: o sal que melhor satisfaz essas características é o  $PbCl_2$ .

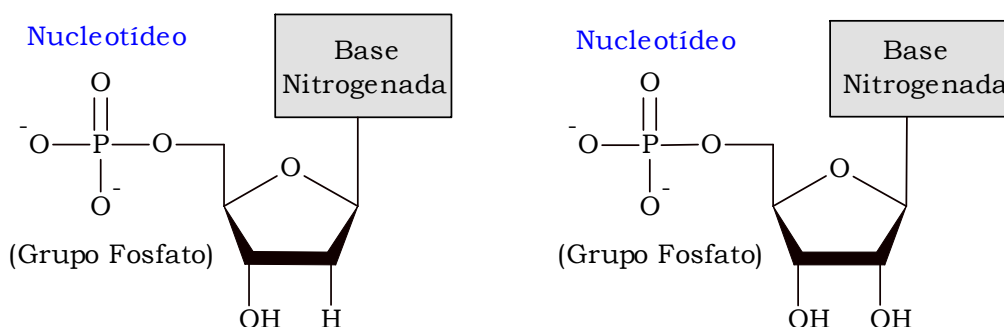
**Questão 35 – Valor: 0,25**

Assinale a opção correta.

- (A) Os ácidos nucleicos são macromoléculas poliméricas, cujas unidades monoméricas são conhecidas como nucleosídeos.
- (B) Os nucleosídeos são constituídos por uma base nitrogenada purínica ou pirimidínica, uma pentose e um íon fosfato.
- (C) A adenina e a guanina são bases nitrogenadas pirimidínicas, enquanto que a citosina, a timina e a uracila são bases nitrogenadas purínicas.
- (D) O DNA possui uma estrutura de dupla hélice, na qual os monômeros se conectam entre si por ligações peptídicas.
- (E) Os três principais tipos de RNA envolvidos na síntese de proteínas em organismos biológicos são o mensageiro, o transportador e o ribossômico.

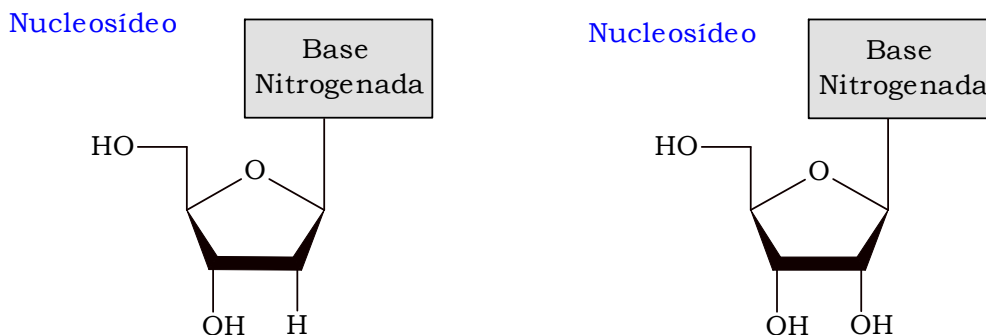
**Resolução: alternativa E**

A) Incorreta. Os ácidos nucleicos são macromoléculas poliméricas, cujas unidades monoméricas são conhecidas como nucleotídeos. Um nucleotídeo é formado por uma pentose (“Açúcar”), um grupo fosfato e uma base orgânica nitrogenada.



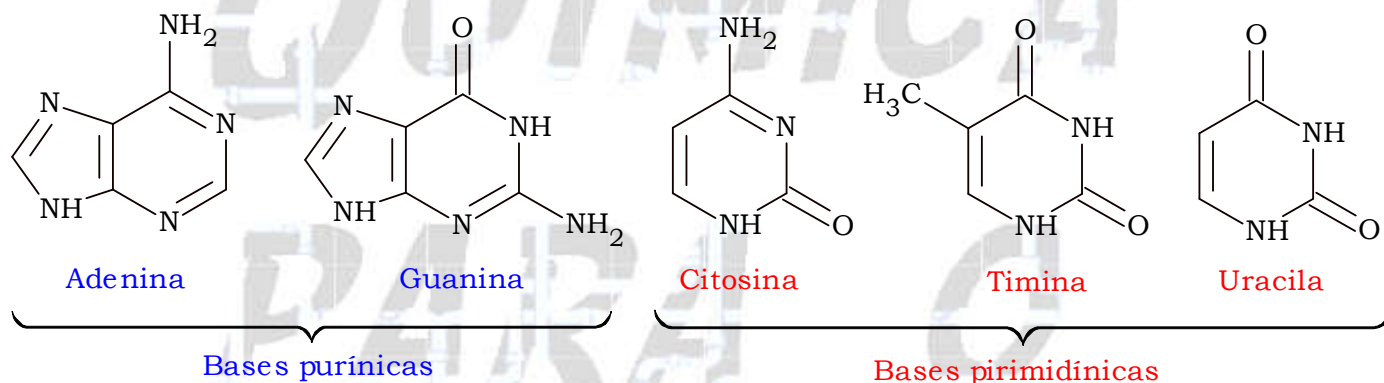


Já um nucleosídeo é formado apenas por uma base nitrogenada ligada a uma pentose.

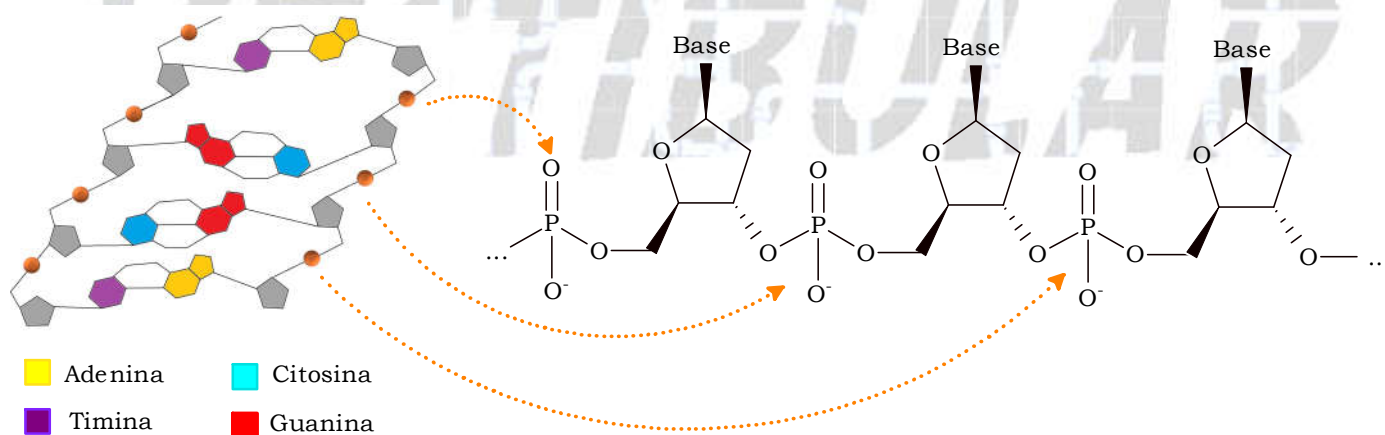


B) Incorreta. Os nucleosídeos não apresentam o grupo fosfato.

C) Incorreta. A adenina e a guanina são bases nitrogenadas purínicas, enquanto que a citosina, a timina e a uracila são bases nitrogenadas pirimidínicas.



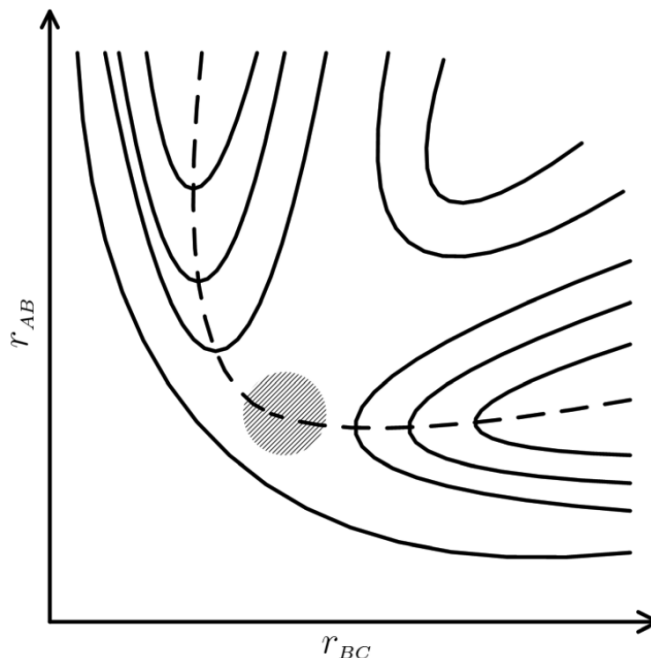
D) Incorreta. O DNA possui uma estrutura de dupla hélice, na qual os monômeros se conectam entre si por ligações do tipo fosfodiéster.



E) Correta. Os três principais tipos de RNA envolvidos na síntese de proteínas em organismos biológicos são o mensageiro (responsável por carregar informações; orienta a ordem dos aminoácidos na formação de proteínas), o transportador (responsável por transportar aminoácidos para a síntese de proteínas) e o ribossômico (principal constituinte dos ribossomos; responsável pela síntese de proteínas).

**Questão 36 – Valor: 0,25**

O mapa de contorno da figura abaixo é uma representação bidimensional de uma superfície de energia potencial para a reação  $A + BC \longrightarrow AB + C$  em função das distâncias  $r_{AB}$  e  $r_{BC}$  entre os átomos  $A$  e  $B$  e entre  $B$  e  $C$ , respectivamente. Nesse gráfico, cada uma das linhas cheias indica valores constantes dessa energia e a linha tracejada representa a trajetória da reação.

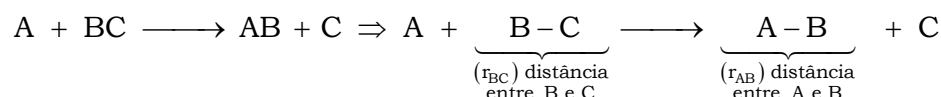


Qual das seguintes opções corresponde à identificação correta da região hachurada para a reação indicada?

- (A) Os reagentes  $A$  e  $BC$ .
- (B) Os produtos  $AB$  e  $C$ .
- (C) O complexo ativado  $ABC$ .
- (D) Os átomos separados  $A$ ,  $B$  e  $C$ .
- (E) Os íons separados  $A^+$ ,  $B^+$  e  $C^+$ .

**Resolução: alternativa C**


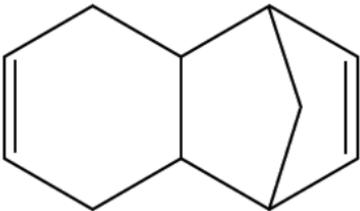
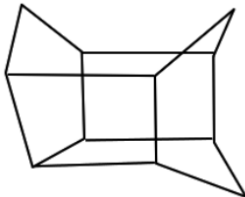
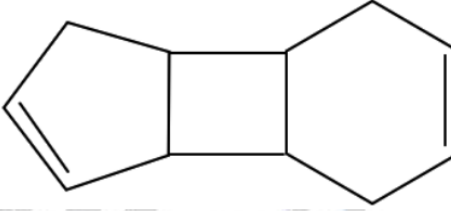
Num sistema bidimensional no qual o avanço da reação é plotado por linhas isoenergéticas, os perfis de energia potencial são descritos em função dos comprimentos de ligação independentemente dos valores de pressão e temperatura.



Como, de acordo com o enunciado da questão, a linha tracejada representa a trajetória da reação, se percebe que no círculo hachurado (região hachurada) são atingidos os menores valores para as distâncias entre  $B$  e  $C$  ( $r_{BC}$ ) e, também, para as distâncias entre  $A$  e  $B$  ( $r_{AB}$ ), ou seja, a reação está mais propícia a ocorrer (os átomos estão mais próximos), o que nos leva a concluir que se trata do complexo ativado  $A, B, C$ .

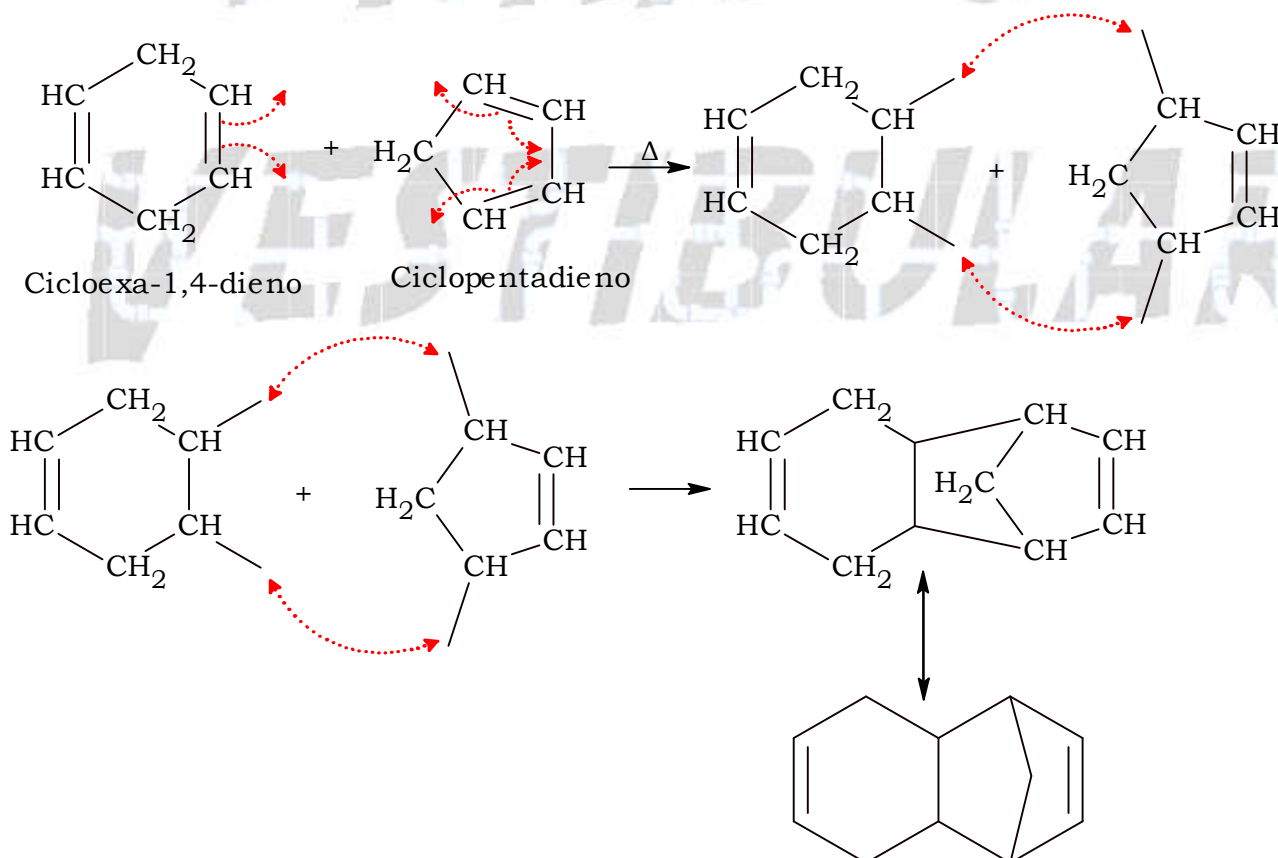
Questão 37 – Valor: 0,25

Identifique a fórmula estrutural do principal produto da reação entre o cicloexa-1,4-dieno e o ciclopentadieno, ocorrida mediante aquecimento.

- (A) 
- (B) 
- (C) 
- (D) 
- (E) A reação não ocorre.

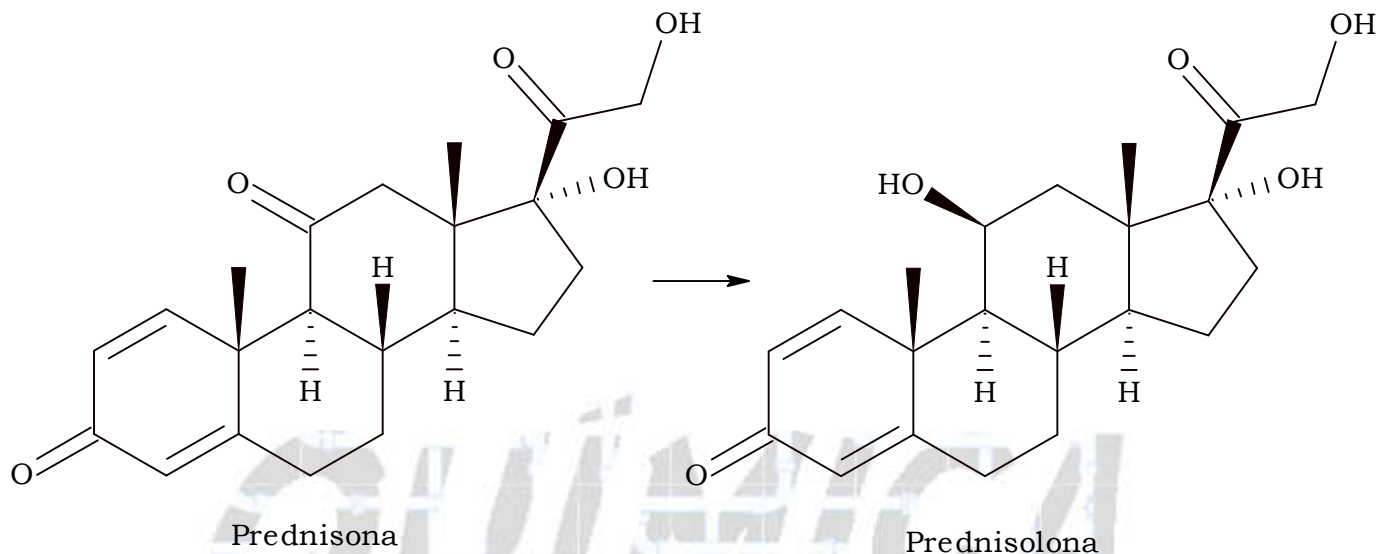
Resolução: alternativa B

A reação que ocorre é a de cicloadição ou reação de Diels-Alder entre o cicloexa-1,4-dieno e o ciclopentadieno (mediante aquecimento), ou seja, tem-se a reação de um dieno ciclizando-se com outro dienófilo.



**Questão 38 – Valor: 0,25**

A prednisona é um pró-fármaco que é convertido, pelo fígado, no metabólito ativo prednisolona, o qual possui potente ação anti-inflamatória. Suas estruturas são mostradas abaixo:



Considerando as estruturas acima, são feitas as afirmações abaixo.

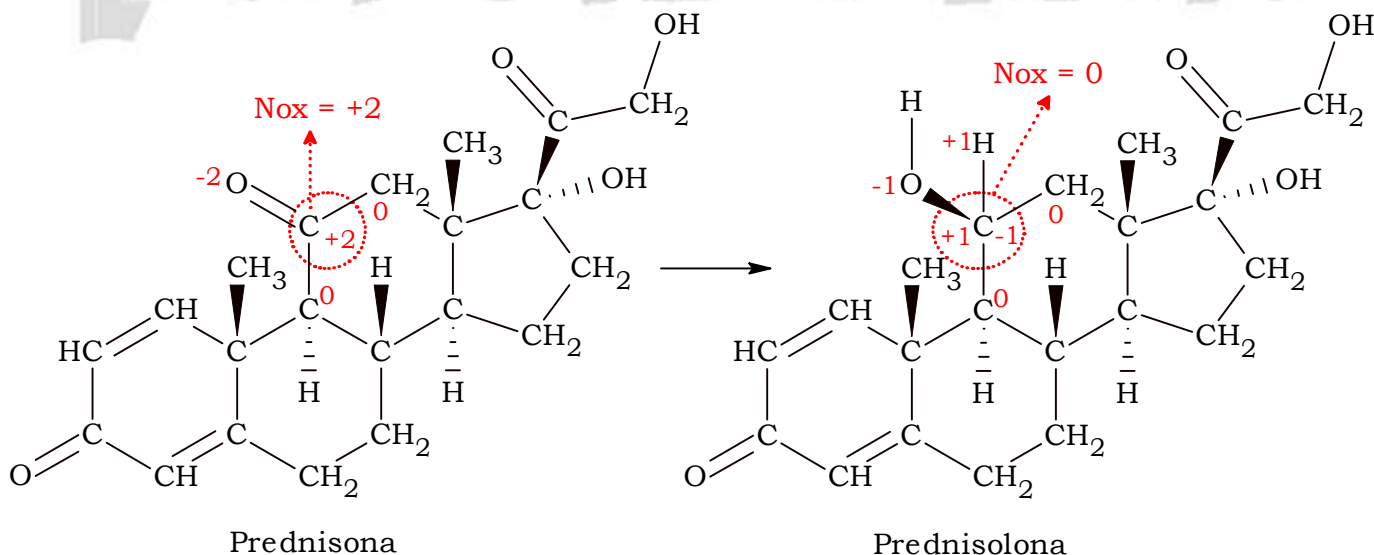
- I. A prednisona sofre redução para se transformar em prednisolona.
- II. Ambas as moléculas têm o mesmo número de carbonos quirais.
- III. Os grupos cetona, álcool e éster são funções orgânicas presentes em ambas as moléculas.

Assinale a opção que apresenta APENAS a(s) afirmativa(s) verdadeira(s).

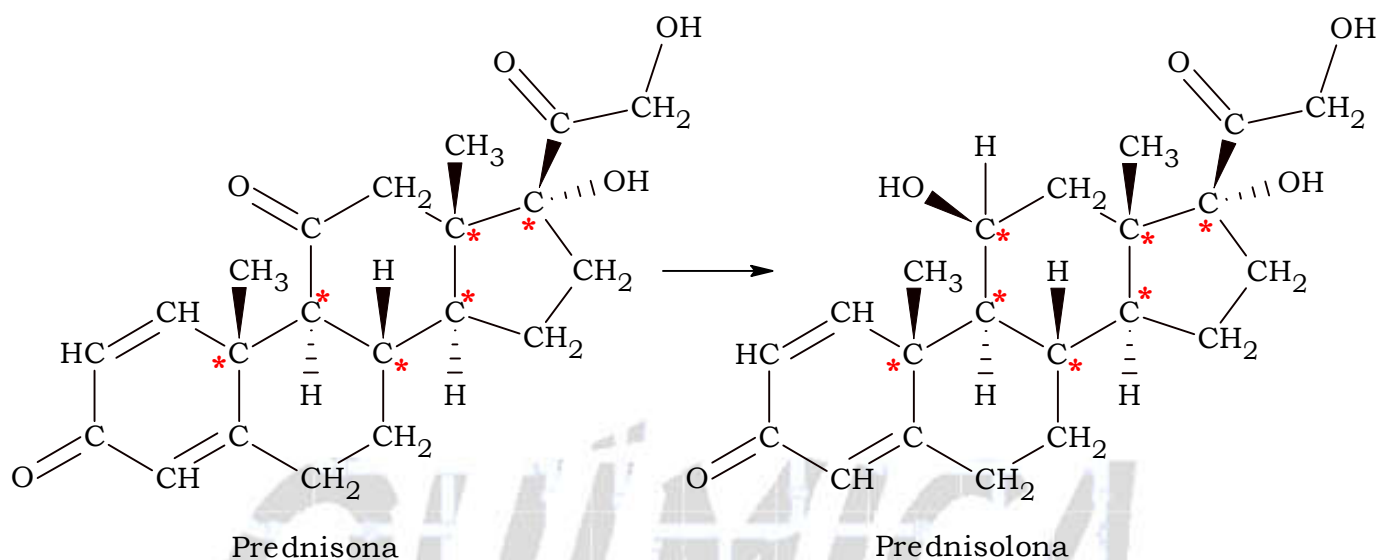
- (A) I.                      (B) I e II.                      (C) I e III.                      (D) II e III.                      (E) I, II e III.

**Resolução: alternativa A**

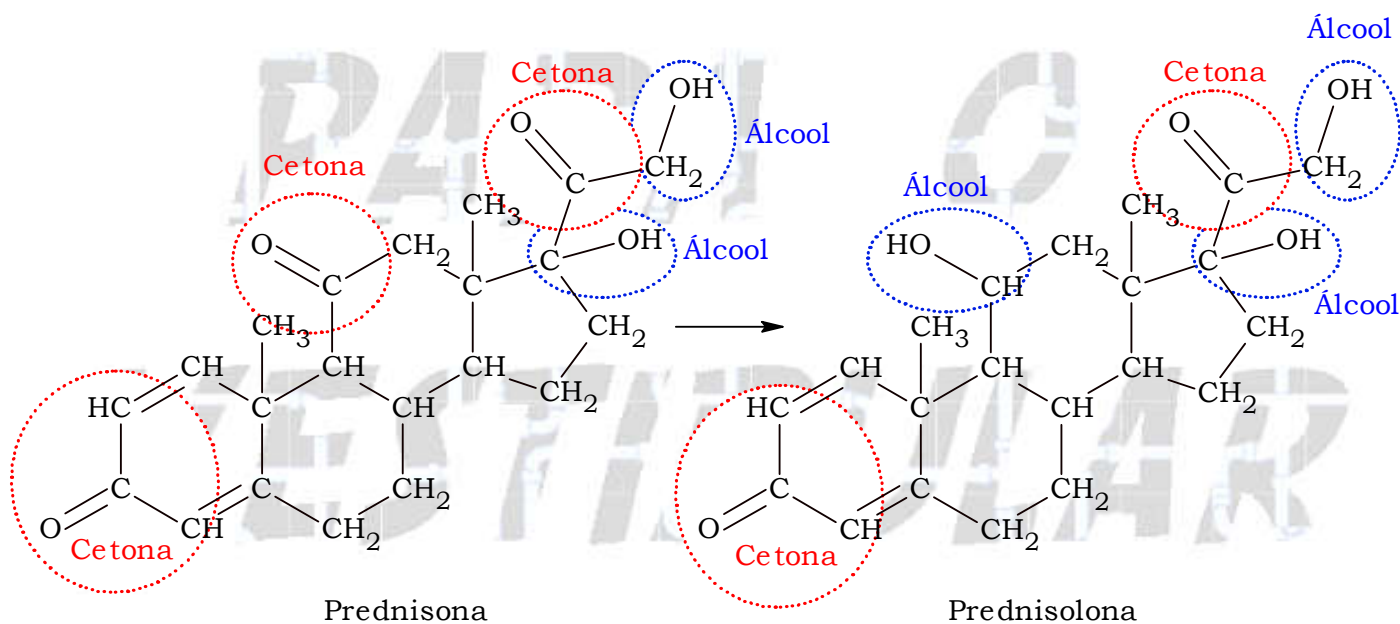
I. Verdadeira. A prednisona sofre redução para se transformar em prednisolona. O carbono assinalado sofre redução de Nox (número de oxidação) de +2 para 0, ou seja, um grupo cetona se transforma em carbinol (álcool).



II. Falsa. Na Prednisona existem seis carbonos assimétricos ou quirais (\*átomo de carbono ligado a quatro ligantes diferentes entre si), já na Prednisolona existem sete carbonos assimétricos ou quirais devido à reação de redução.



III. Falsa. Os grupos cetona e álcool são funções orgânicas presentes em ambas as moléculas, o grupo éster não está presente.



**Questão 39 – Valor: 0,25**

Considere a teoria dos gases ideais e a equação dos gases de van der Waals dada abaixo.

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

Assinale a opção correta.

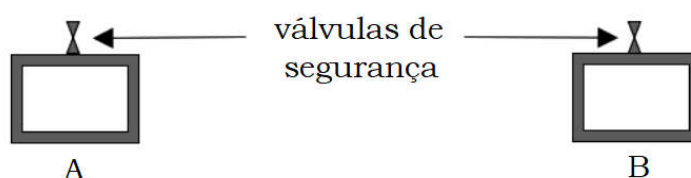
- (A) Independentemente da temperatura e do volume, um gás terá comportamento mais próximo do ideal quanto maior for sua pressão.
- (B) Na equação dos gases de van der Waals, os parâmetros  $a$  e  $b$  dependem somente da temperatura.
- (C) No estado gasoso, as interações intermoleculares são inexistentes, independentemente das condições em que o gás se encontra.
- (D) O parâmetro  $a$  é negativo porque entre as moléculas de um gás predominam as forças atrativas.
- (E) Espera-se que o parâmetro  $b$  da equação dos gases de van der Waals seja menor para o metano do que para o propano.

**Resolução: alternativa E**

- A) Incorreta. Um gás terá comportamento mais próximo do ideal quanto menor for sua pressão e maior for a sua temperatura, ou seja, em condições que não proporcionem interações entre seus componentes formadores (moléculas, átomos, íons, etc.).
- B) Incorreta. Na equação dos gases de van der Waals, os parâmetros  $a$  (medida de atração média entre moléculas) e  $b$  (termo de correção que leva em conta o volume das próprias moléculas) devem ser determinados experimentalmente para cada gás.
- C) Incorreta. No estado gasoso, para um gás ideal, as interações intermoleculares são inexistentes ou desprezíveis.
- D) Incorreta. O parâmetro  $a$  (medida de atração média entre moléculas) é positivo porque entre as moléculas de um gás predominam as forças atrativas.
- E) Correta. Espera-se que o parâmetro  $b$  (termo de correção que leva em conta o volume das próprias moléculas) da equação dos gases de van der Waals seja menor para o metano do que para o propano, pois o volume molecular do metano ( $\text{CH}_4$ ) é menor do que do propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ).

**Questão 40 – Valor: 0,25**

Dois reatores **A** e **B**, com volumes invariáveis de 20 litros cada um, são aquecidos até atingir a temperatura de  $819\text{ }^\circ\text{C}$ . Cada um dos reatores possui uma válvula de segurança: a do reator **A** se abre automaticamente quando são produzidas em seu interior pressões iguais ou superiores a 1,5 atm, enquanto que a do reator **B** se abre automaticamente quando são produzidas em seu interior pressões iguais ou superiores a 3,5 atm.



No reator **A** foi armazenada hidrazina líquida ( $N_2H_4$ ), que se decompôs inteiramente em 0,163 mol de gás hidrogênio e 0,082 mol de gás nitrogênio a 819 °C.

No reator **B** encontram-se em equilíbrio, amônia,  $1,03 \times 10^{-2}$  mol/L de  $N_2$  e  $1,62 \times 10^{-2}$  mol/L de  $H_2$ , a 819 °C, com um valor de  $K_p$  (constante de equilíbrio em termos de pressão parcial) igual a 0,25.

**Dados:**

- massas atômicas: H = 1 u; N = 14 u;
- $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ ; e
- os gases se comportam idealmente.

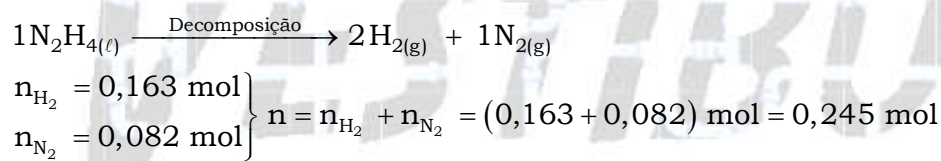
Se aumentarmos em 10 °C a temperatura do reator A, podemos afirmar que:

- (A) a válvula do reator **A** se abre e a do reator **B** permanece aberta.  
 (B) a válvula do reator **A** se abre e a do reator **B** permanece fechada.  
 (C) a válvula do reator **A** permanece fechada e a do reator **B** permanece aberta.  
 (D) as válvulas de ambos os reatores permanecem fechadas.  
 (E) as válvulas de ambos os reatores permanecem abertas.

**Resolução: ANULADA pela Banca.**

De acordo com o enunciado da questão, a válvula do reator **A** se abre automaticamente quando são produzidas em seu interior pressões iguais ou superiores a 1,5 atm. Neste reator foi armazenada hidrazina líquida ( $N_2H_4$ ), que se decompôs inteiramente em 0,163 mol de gás hidrogênio e 0,082 mol de gás nitrogênio a 819 °C.

Então:



$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{inicial}} = 819 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right\} T_{\text{ }^\circ\text{C}} = T_{\text{inicial}} + \Delta T = (819 + 10) \text{ }^\circ\text{C} = 829 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 829 + 273 = 1102 \text{ K}$$

$$V = 20 \text{ L (reator A)}$$

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

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

$$P = \frac{0,245 \text{ mol} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 1102 \text{ K}}{20 \text{ L}}$$

$$P = 1,107 \text{ atm} < 1,5 \text{ atm} \Rightarrow \text{Válvula A não abre, permanece fechada.}$$

De acordo com o enunciado da questão, a válvula do reator **B** se abre automaticamente quando são produzidas em seu interior pressões iguais ou superiores a 3,5 atm. Neste reator encontram-se em equilíbrio, amônia,  $1,03 \times 10^{-2}$  mol/L de  $N_2$  e  $1,62 \times 10^{-2}$  mol/L de  $H_2$ , a 819 °C (1102 K), com um valor de  $K_p$  (constante de equilíbrio em termos de pressão parcial) igual a 0,25.

Supondo a escolha da reação de formação de amônia (padrão) com coeficientes 1, 3, 2:

$$[N_2] = 1,03 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

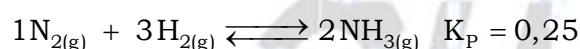
$$p_{N_2} = [N_2] \times R \times T = 1,03 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 1102 \text{ K}$$

$$p_{N_2} = 0,93 \text{ atm}$$

$$[H_2] = 1,62 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$p_{H_2} = [H_2] \times R \times T = 1,62 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 1102 \text{ K}$$

$$p_{H_2} = 1,46 \text{ atm}$$



$$K_P = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2})^1 \times (p_{H_2})^3}$$

$$0,25 = \frac{(p_{NH_3})^2}{(0,93)^1 \times (1,46)^3} \Rightarrow (p_{NH_3})^2 = 0,72 \Rightarrow p_{NH_3} = \sqrt{0,72} = \sqrt{2^2 \times 3^2 \times 2 \times 10^{-2}}$$

$$p_{NH_3} = 0,6 \times \sqrt{2} = 0,85 \text{ atm}$$

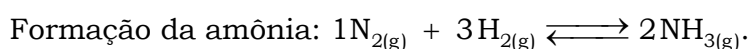
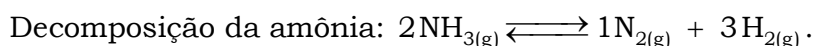
$$P_{\text{total}} = p_{N_2} + p_{H_2} + p_{NH_3} = (0,93 + 1,46 + 0,85) \text{ atm}$$

$$P_{\text{total}} = 3,24 \text{ atm} < 3,5 \text{ atm} \Rightarrow \text{Válvula B não abre, permanece fechada.}$$

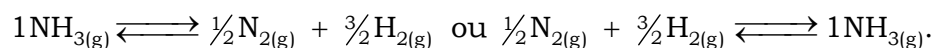
Conclusão: **alternativa D**; as válvulas de ambos os reatores permanecem fechadas.

**Motivo da anulação da questão:** a equação do equilíbrio da amônia ( $NH_{3(g)}$ ) com o nitrogênio ( $N_{2(g)}$ ) e hidrogênio ( $H_{2(g)}$ ) não foi fornecida no texto da questão, assim poderia ser suposta a decomposição da amônia ao invés da formação da mesma, ou a alteração dos valores dos coeficientes da reação de formação da amônia (por exemplo:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{2}$ , 1), o que forneceria outras possibilidades de respostas.

#### Observações:



Alteração dos valores dos coeficientes (possível exemplo, entre vários):





## QUESTÕES DISSERTATIVAS

### FOLHA DE DADOS

**Considere:**

- Constante universal dos gases ideais:

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

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

- $K_{PS}(\text{PbSO}_4) = 1,3 \times 10^{-8}$

- Composição molar do ar atmosférico: 79% de  $\text{N}_2$  e 21% de  $\text{O}_2$

- $\sqrt{21,2} \approx 4,6$

- $e^{1,1} \approx 3$

- $e^{-0,17} \approx 0,84$

- $286^{-1} \approx 0,0035$

- $303^{-1} \approx 0,0033$

**Tabela Periódica dos Elementos Químicos:**

1																	18		
1	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> Tecnécio	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> Háfio	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> Osmio	77 192.22 <b>Ir</b> Íridio	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> Astato	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> Rutherfordfólio	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> Nhônio	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	
	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				
	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> Neptúlio	94 244 <b>Pu</b> Plutônio	95 243 <b>Am</b> Amério	96 247 <b>Cm</b> Cúrio	97 247 <b>Bk</b> Berquélio	98 251 <b>Cf</b> Califórnio	99 252 <b>Es</b> Einstênio	100 257 <b>Fm</b> Férmio	101 258 <b>Md</b> Mendelévio	102 259 <b>No</b> Nobélio	103 262 <b>Lr</b> Laurêncio				

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

**1ª Questão (valor 1,0)** – O calcário é uma rocha de origem sedimentar constituída predominantemente por carbonato de cálcio. Uma técnica que pode ser utilizada para determinar o teor de carbonato de cálcio em uma amostra de calcário é a volumetria, a qual consiste na determinação da concentração ao de uma solução **A** por meio do gasto de uma solução **B** de concentração conhecida, ocorrendo uma reação química entre **A** e **B**.

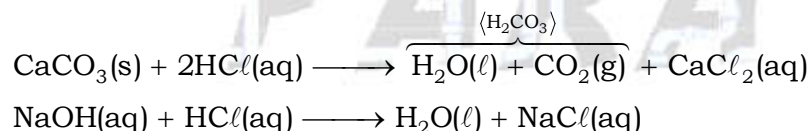
Uma amostra de 1,0 g de calcário foi dissolvida utilizando-se 25,0 mL de uma solução de ácido clorídrico com concentração de 1,0 mol/L. Na sequência, utilizou-se uma solução de hidróxido de sódio com concentração de 0,5 mol/L para neutralizar o excesso de ácido, consumindo-se 17,2 mL da solução.

Considerando que apenas o carbonato de cálcio presente na amostra de calcário reage com o ácido clorídrico, determine:

- a) as equações balanceadas das reações envolvidas no processo;
- b) a porcentagem mássica de carbonato de cálcio presente na amostra de calcário.

**Resolução:**

a) Equações balanceadas das reações envolvidas no processo:



b) Cálculo da porcentagem mássica de carbonato de cálcio presente na amostra de calcário:

$$\text{CaCO}_3 = 1 \times 40 + 1 \times 12 + 3 \times 16 = 100; M_{\text{CaCO}_3} = 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = 1,0 \text{ g}$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{1,0 \text{ g}}{100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,01 \text{ mol}$$

$$[\text{HCl}]_{\text{utilizado}} = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; V_{\text{HCl (utilizado)}} = 25,0 \text{ mL} = 25,0 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$n_{\text{HCl (utilizado)}} = [\text{HCl}]_{\text{utilizado}} \times V_{\text{HCl (utilizado)}}$$

$$n_{\text{HCl (utilizado)}} = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25,0 \times 10^{-3} \text{ L} = 25,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{NaOH}] = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; V_{\text{NaOH (consumido)}} = 17,2 \text{ mL} = 17,2 \times 10^{-3} \text{ L}$$

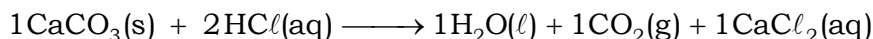
$$n_{\text{NaOH (consumido)}} = [\text{NaOH}] \times V_{\text{NaOH (consumido)}}$$

$$n_{\text{NaOH (consumido)}} = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 17,2 \times 10^{-3} \text{ L} = 8,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl (excesso)}} = n_{\text{NaOH (consumido)}} = 8,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl (reagente)}} = n_{\text{HCl (utilizado)}} - n_{\text{HCl (excesso)}}$$

$$n_{\text{HCl (reagente)}} = 25,0 \times 10^{-3} \text{ mol} - 8,6 \times 10^{-3} \text{ mol} = 16,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



$$100 \text{ g} \text{ ——— } 2 \text{ mol}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} \text{ ——— } 16,4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{100 \text{ g} \times 16,4 \times 10^{-3} \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 0,82 \text{ g}$$

$$1,0 \text{ g (CaCO}_3) \text{ ——— } 100\%$$

$$0,82 \text{ g (CaCO}_3) \text{ ——— } p_{\text{CaCO}_3}$$

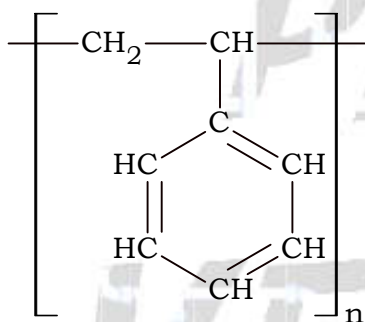
$$p_{\text{CaCO}_3} = \frac{0,82 \text{ g} \times 100\%}{1,0 \text{ g}} = 82\%$$

**2ª Questão (valor 1,0)** – Uma amostra de 46,8 g de poliestireno foi dissolvida em quantidade suficiente de benzeno para produzir 1,0 L de solução. A pressão osmótica dessa solução foi medida a 300 K e o valor encontrado foi de  $7,38 \times 10^{-3}$  atm.

Calcule o número médio de unidades monoméricas na cadeia polimérica desta amostra de poliestireno.

**Resolução:**

Poliestireno (PS):



$$\text{Poliestireno (PS)} = \text{C}_8\text{H}_8 \times n = (8 \times 12 + 8 \times 1) \times n = 104 \times n$$

$$M_{\text{Poliestireno (PS)}} = 104 \times n \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{Poliestireno (PS)}} = 46,8 \text{ g}$$

$$n_{\text{Poliestireno (PS)}} = \frac{m_{\text{Poliestireno (PS)}}}{M_{\text{Poliestireno (PS)}}} \Rightarrow n_{\text{Poliestireno (PS)}} = \frac{46,8 \text{ g}}{104 \times n \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \left( \frac{0,45}{n} \right) \text{ mol}$$

$$V_{\text{Solução com benzeno}} = 1,0 \text{ L}$$

$$T = 300 \text{ K}; \Pi = 7,38 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

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

$$7,38 \times 10^{-3} \text{ atm} \times 1,0 \text{ L} = \left( \frac{0,45}{n} \right) \text{ mol} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$n = \frac{0,45 \times 0,082 \times 300}{7,38 \times 10^{-3}} = 1500$$

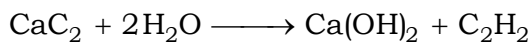
$$n = 1500 \text{ unidades monoméricas}$$

**3ª Questão (valor 1,0)** – O but-2-enal (aldeído crotônico ou crotonaldeído) é um líquido lacrimogênio usado como precursor de diversos produtos químicos, tais como a vitamina E, o ácido ascórbico e alguns compostos pirimidínicos.

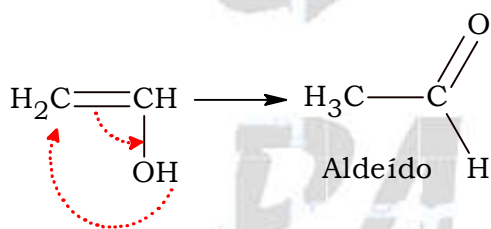
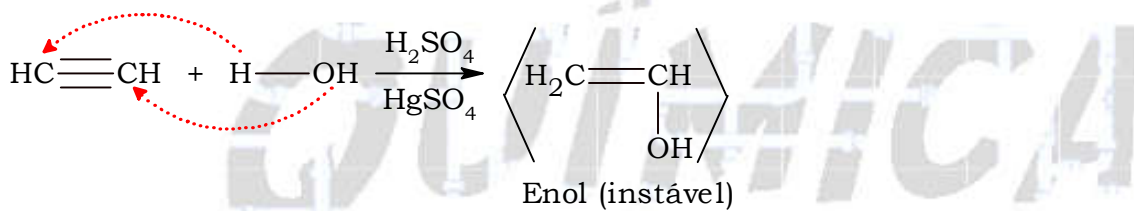
Apresente uma rota química para sintetizar o but-2-enal a partir do carbeto de cálcio.

**Resolução:**

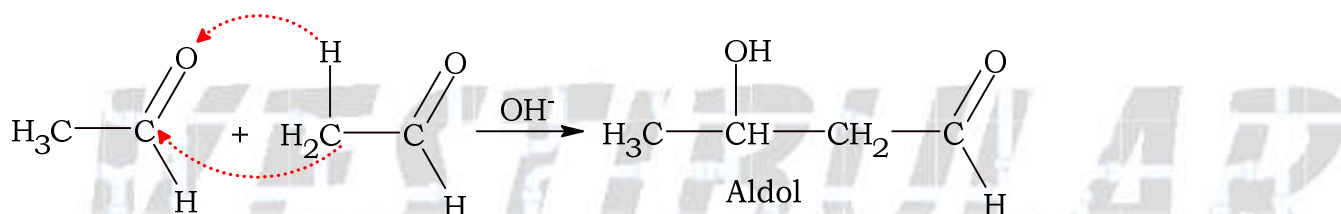
Reação do carbeto de cálcio ( $\text{CaC}_2$ ) com água obtendo-se etino ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ):



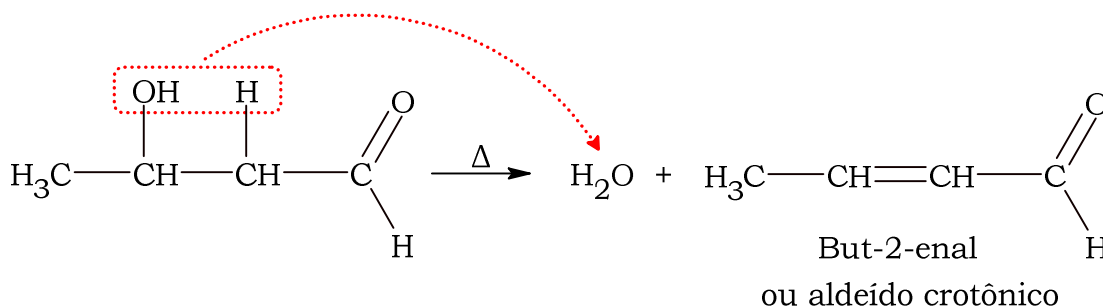
Hidratação do etino ( $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ ) com formação de enol (instável) e consequente aldeído:



Condensação aldólica:



Desidratação do aldol:



**4ª Questão (valor 1,0)** – Uma solução de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  com concentração  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  contém, como traçador, o radioisótopo  $^{35}_{16}\text{S}$ , cujo tempo de meia vida é igual a 88 dias. Uma amostra de 10 mL dessa solução produz  $4,0 \times 10^4$  contagens por minuto em um detector de radiação. Um volume igual de solução de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  com concentração  $2,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  é adicionado à solução de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , ocasionando precipitação de  $\text{PbSO}_4$ .

Calcule o número de contagens por minuto para uma alíquota de 10 mL retirada da solução após a precipitação.

**Resolução:**

$$[\text{Espécie}] = \frac{n}{V} \Rightarrow n = [\text{Espécie}] \times V$$

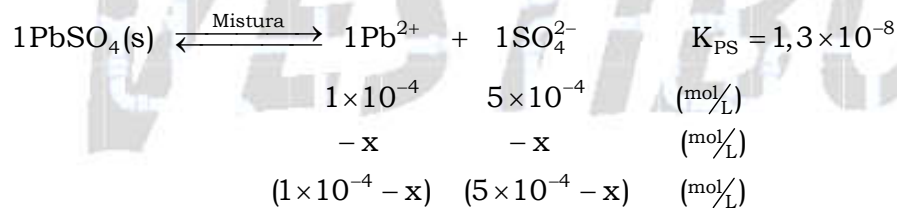
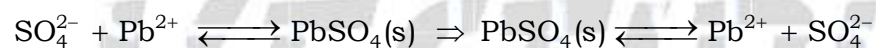
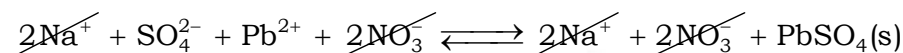
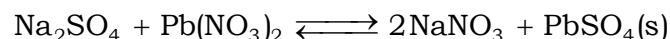
$$V_{\text{total}} = V + V' = 10 \times 10^{-3} \text{ L} + 10 \times 10^{-3} \text{ L} = 20 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$\left. \begin{aligned} [\text{Na}_2\text{SO}_4] &= [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{início}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \\ V &= 10 \text{ mL} = 10 \times 10^{-3} \text{ L} \end{aligned} \right\} n_{\text{SO}_4^{2-}} = [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{início}} \times V = 1,0 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3}$$

$$n_{\text{SO}_4^{2-}} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ mol} \Rightarrow [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{mistura}} = \frac{n_{\text{SO}_4^{2-}}}{V_{\text{total}}} = \frac{1,0 \times 10^{-5} \text{ mol}}{20 \times 10^{-3} \text{ L}} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\left. \begin{aligned} [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] &= [\text{Pb}^{2+}] = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \\ V' &= V = 10 \text{ mL} = 10 \times 10^{-3} \text{ L} \end{aligned} \right\} n_{\text{Pb}^{2+}} = [\text{Pb}^{2+}] \times V' = 2,0 \times 10^{-4} \times 10 \times 10^{-3}$$

$$n_{\text{Pb}^{2+}} = 0,2 \times 10^{-5} \text{ mol} \Rightarrow [\text{Pb}^{2+}]_{\text{mistura}} = \frac{n_{\text{Pb}^{2+}}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,2 \times 10^{-5} \text{ mol}}{20 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$



$$K_{\text{PS}} = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}]$$

$$1,3 \times 10^{-8} = (1 \times 10^{-4} - x) \times (5 \times 10^{-4} - x)$$

$$x^2 - 6 \times 10^{-4}x + 5 \times 10^{-8} - 1,3 \times 10^{-8} = 0$$

$$x^2 - 6 \times 10^{-4}x + 3,7 \times 10^{-8} = 0$$

$$x = \frac{-(-6 \times 10^{-4}) \pm \sqrt{(-6 \times 10^{-4})^2 - 4 \times 1 \times 3,7 \times 10^{-8}}}{2 \times 1}$$

$$x = \frac{6 \times 10^{-4} \pm \sqrt{21,2 \times 10^{-4}}}{2} = \frac{6 \times 10^{-4} \pm 4,6 \times 10^{-4}}{2}$$

$$x = \frac{6 \times 10^{-4} + 4,6 \times 10^{-4}}{2} = 5,3 \times 10^{-4} > \underbrace{5 \times 10^{-4}}_{[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{mistura}}} \text{ (não convém)}$$

$$x = \frac{6 \times 10^{-4} - 4,6 \times 10^{-4}}{2} = 0,7 \times 10^{-4} \text{ (convém)}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{final}} = [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{mistura}} - x$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{final}} = (5 \times 10^{-4} - 0,7 \times 10^{-4}) \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{final}} = 4,3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\underbrace{[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{início}}}_{1,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}} \text{ ————— } 4 \times 10^4 \text{ contagens / min}$$

$$4,3 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \text{ ————— } n_{\text{contagens}}$$

$$n_{\text{contagens}} = \frac{4,3 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 4 \times 10^4 \text{ contagens / min}}{1,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}$$

$$n_{\text{contagens}} = 1,72 \times 10^4 \text{ contagens / min}$$

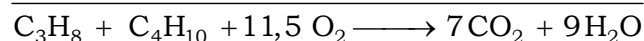
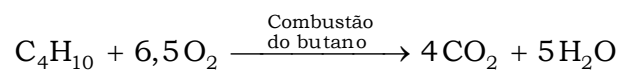
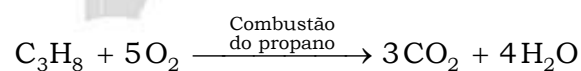
**5ª Questão (valor 1,0)** – Um combustível formado por uma mistura equimolar de n-propano e 2-metil-propano alimenta a fornalha de uma usina termelétrica, na qual ocorre sua combustão total na presença de ar. Um sensor posicionado na chaminé dessa fornalha detecta a presença de 3 % em mol de oxigênio nos gases de exaustão.

Calcule a razão ar/combustível, em proporção mássica, para uma alimentação de 1000 mol/s desse combustível, com a fornalha operando sob essa condição.

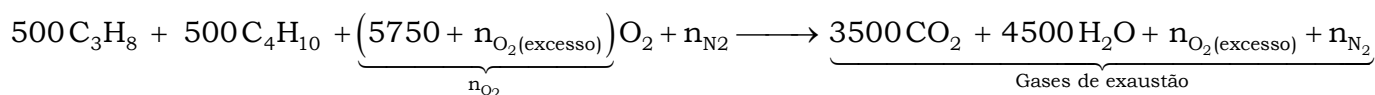
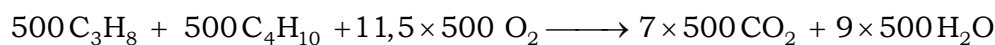
**Resolução:**

$$\left. \begin{aligned} n_{\text{N}_2} &= 0,79 \times n_{\text{ar}} \text{ (I)} \\ n_{\text{O}_2} &= 0,21 \times n_{\text{ar}} \text{ (II)} \end{aligned} \right\} \text{ (I)} \div \text{ (II)} \Rightarrow n_{\text{N}_2} = \frac{79}{21} \times n_{\text{O}_2}$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 = 3 \times 12 + 8 \times 1 = 44; \text{C}_4\text{H}_{10} = 4 \times 12 + 10 \times 1 = 58; \text{O}_2 = 2 \times 16 = 32; \text{N}_2 = 2 \times 14 = 28$$



Mistura equimolar : 1000 mol (500 mol de  $\text{C}_3\text{H}_8$  + 500 mol de  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )



$$n_{\text{gases (exaustão)}} = 3500 + 4500 + n_{\text{O}_2(\text{excesso})} + n_{\text{N}_2}$$

$$n_{\text{gases (exaustão)}} = 8000 + n_{\text{O}_2(\text{excesso})} + \frac{79}{21} \times n_{\text{O}_2}$$

$$n_{\text{gases (exaustão)}} = 8000 + n_{\text{O}_2(\text{excesso})} + \frac{79}{21} \times (5750 + n_{\text{O}_2(\text{excesso})})$$

$$n_{\text{O}_2(\text{excesso})} = \frac{3}{100} \times n_{\text{gases (exaustão)}} \Rightarrow n_{\text{O}_2(\text{excesso})} = 0,03 \times n_{\text{gases (exaustão)}}$$

$$n_{\text{gases (exaustão)}} = 0,03 \times \left[ 8000 + n_{\text{O}_2(\text{excesso})} + \frac{79}{21} \times (5750 + n_{\text{O}_2(\text{excesso})}) \right]$$

$$n_{\text{O}_2(\text{excesso})} = \underbrace{0,03 \times 8000}_{240} + 0,03 n_{\text{O}_2(\text{excesso})} + \underbrace{0,03 \times \frac{79}{21} \times 5750}_{648,929} + \underbrace{0,03 \times \frac{79}{21} \times n_{\text{O}_2(\text{excesso})}}_{0,1129}$$

$$n_{\text{O}_2(\text{excesso})} - 0,03 \times n_{\text{O}_2(\text{excesso})} - 0,1129 \times n_{\text{O}_2(\text{excesso})} = 240 + 648,929$$

$$0,8571 \times n_{\text{O}_2(\text{excesso})} = 888,929$$

$$n_{\text{O}_2(\text{excesso})} = \frac{888,929}{0,8571} = 1037,13 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2(\text{total})} = 5750 + n_{\text{O}_2(\text{excesso})} = 5750 + 1037,13 \Rightarrow n_{\text{O}_2(\text{total})} = 6787,13 \text{ mol}$$

$$m = n \times M$$

$$m_{\text{O}_2(\text{total})} = 6787,13 \text{ mol} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 217188,16 \text{ g}$$

$$n_{\text{N}_2} = \frac{79}{21} \times n_{\text{O}_2(\text{total})} \Rightarrow n_{\text{N}_2} = \frac{79}{21} \times 6787,13 \text{ mol} = 25532,536 \text{ mol}$$

$$m_{\text{N}_2} = 25532,536 \text{ mol} \times 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 714911 \text{ g}$$

$$m_{\text{ar}} = m_{\text{O}_2(\text{total})} + m_{\text{N}_2}$$

$$m_{\text{ar}} = 217188,16 \text{ g} + 714911 \text{ g} = 932099,16 \text{ g}$$

$$m_{\text{combustível}} = m_{\text{C}_3\text{H}_8} + m_{\text{C}_4\text{H}_{10}} \Rightarrow m_{\text{combustível}} = n_{\text{C}_3\text{H}_8} \times M_{\text{C}_3\text{H}_8} + n_{\text{C}_4\text{H}_{10}} \times M_{\text{C}_4\text{H}_{10}}$$

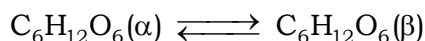
$$M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; M_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{combustível}} = 500 \text{ mol} \times 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 500 \text{ mol} \times 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 51000 \text{ g}$$

$$\text{Razão mássica} = \frac{m_{\text{ar}}}{m_{\text{combustível}}} = \frac{932099,16 \text{ g}}{51000 \text{ g}}$$

$$\text{Razão mássica} = 18,276$$

**6ª Questão (valor 1,0)** – A glicose tem dois estereoisômeros,  $\alpha$  e  $\beta$ , que se distinguem pela atividade óptica. A forma  $\alpha$  tem poder rotatório específico de  $112^\circ$  e a  $\beta$  de  $18,7^\circ$ . A conversão de uma forma para outra se dá segundo uma reação de primeira ordem reversível:



Realiza-se, então, uma experiência, na qual um feixe de luz polarizada atravessa um tubo contendo uma solução de glicose. Observa-se a modificação do desvio angular do plano de polarização como mostrado na tabela abaixo:

Tempo (min)	0	10	100	$\infty$
Ângulo de rotação ( $^\circ$ )	112,00	102,67	65,35	56,02

Sabe-se que o desvio angular da luz polarizada é função linear da conversão do estereoisômero  $\alpha$  e que a soma das constantes de reação direta e reversa é  $0,015 \text{ min}^{-1}$ .

Determine:

- a conversão específica no instante  $t = 10 \text{ min}$ ;
- as constantes de velocidade da reação direta e da reação reversa;
- a taxa específica de reação no instante  $t = 100 \text{ min}$ ;
- a taxa específica de reação no equilíbrio.

**Resolução:**

**a)** O ângulo de rotação ( $^\circ$ ),  $[\alpha]_{\text{mistura}}$  ou desvio angular do plano de polarização da mistura, é dado pela média ponderada dos valores de poder rotatório específico dos estereoisômeros ( $\alpha$  e  $\beta$ ).

$$[\alpha]_{\text{mistura}} = (\%)_{\text{Glicose } (\alpha)} \times [\alpha]_{\text{Glicose } (\alpha)} + (\%)_{\text{Glicose } (\beta)} \times [\alpha]_{\text{Glicose } (\beta)} \quad (\text{I})$$

$$(\%)_{\text{soluto}} = \frac{n_{\text{soluto}}}{n_{\text{total}}} = X_{\text{soluto}} \quad (\text{fração molar})$$

Então :

$$[\alpha]_{\text{mistura}} = X_{\text{Glicose } (\alpha)} \times [\alpha]_{\text{Glicose } (\alpha)} + X_{\text{Glicose } (\beta)} \times [\alpha]_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$[\alpha]_{\text{Glicose } (\alpha)} = 112^\circ; \quad [\alpha]_{\text{Glicose } (\beta)} = 18,7^\circ$$

$$\begin{cases} 102,67^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\beta)} \\ X_{\text{Glicose } (\alpha)} + X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 \Rightarrow X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 - X_{\text{Glicose } (\alpha)} \end{cases}$$

$$102,67^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times (1 - X_{\text{Glicose } (\alpha)})$$

$$112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} - 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 102,67^\circ - 18,7^\circ$$



$$93,3^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 83,97^\circ \Rightarrow X_{\text{Glicose } (\alpha)} = \frac{83,97^\circ}{93,3^\circ} = 0,90$$

$$X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 0,90 \Rightarrow 90\% \text{ (conversão de alfa)}$$

$$X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 - X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 1 - 0,90$$

$$X_{\text{Glicose } (\beta)} = 0,10 \Rightarrow 10\% \text{ (conversão de beta)}$$

**b)** Cálculo das constantes de velocidade da reação direta e da reação reversa:

O equilíbrio ocorre para  $t = \infty$ , o seja, para um ângulo de rotação de  $56,02^\circ$  (vide tabela).

Aplicando (I), vem:

$$\begin{cases} 56,02^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\beta)} \\ X_{\text{Glicose } (\alpha)} + X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 \Rightarrow X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 - X_{\text{Glicose } (\alpha)} \end{cases}$$

$$56,02^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$56,02^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times (1 - X_{\text{Glicose } (\alpha)})$$

$$56,02^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ - 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)}$$

$$112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} - 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 56,02^\circ - 18,7^\circ$$

$$93,3 \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 37,32$$

$$X_{\text{Glicose } (\alpha)} = \frac{37,32}{93,3} = 0,40 \Rightarrow X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 0,40$$

$$X_{\text{Glicose } (\alpha)} + X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 \Rightarrow 0,40 + X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1$$

$$X_{\text{Glicose } (\beta)} = 0,60$$



$$v_{\text{direta}} = k_{\text{direta}} \times X_{\text{Glicose } (\alpha)}$$

$$v_{\text{reversa}} = -k_{\text{reversa}} \times X_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$v_{\text{direta}} + v_{\text{reversa}} = 0 \text{ (no equilíbrio)}$$

$$k_{\text{direta}} \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + (-k_{\text{reversa}} \times X_{\text{Glicose } (\beta)}) = 0$$

$$k_{\text{direta}} \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} = k_{\text{reversa}} \times X_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$\frac{k_{\text{direta}}}{k_{\text{reversa}}} = \frac{X_{\text{Glicose } (\beta)}}{X_{\text{Glicose } (\alpha)}} \Rightarrow \frac{k_{\text{direta}}}{k_{\text{reversa}}} = \frac{0,60}{0,40} \Rightarrow \frac{k_{\text{direta}}}{k_{\text{reversa}}} = 1,5$$

$$\begin{cases} k_{\text{direta}} = 1,5 \times k_{\text{reversa}} \\ k_{\text{direta}} + k_{\text{reversa}} = 0,015 \end{cases}$$

$$1,5 \times k_{\text{reversa}} + k_{\text{reversa}} = 0,015$$

$$2,5 \times k_{\text{reversa}} = 0,015$$

$$k_{\text{reversa}} = \frac{0,015}{2,5} \Rightarrow k_{\text{reversa}} = 0,006$$

$$k_{\text{direta}} = 1,5 \times k_{\text{reversa}}$$

$$k_{\text{direta}} = 1,5 \times 0,006 \Rightarrow k_{\text{direta}} = 0,009$$

c) Cálculo da taxa específica de reação no instante  $t = 100$  min :

Para  $t = 100$  minutos tem – se  $[\alpha]_{\text{mistura}} = 65,35^\circ$ , então :

$$[\alpha]_{\text{mistura}} = [\alpha]_{\text{Glicose } (\alpha)} \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + [\alpha]_{\text{Glicose } (\beta)} \times X_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$\begin{cases} 65,35^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\beta)} \\ X_{\text{Glicose } (\alpha)} + X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 \Rightarrow X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 - X_{\text{Glicose } (\alpha)} \end{cases}$$

$$65,35^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$65,35^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ \times (1 - X_{\text{Glicose } (\alpha)})$$

$$65,35^\circ = 112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + 18,7^\circ - 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)}$$

$$112^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} - 18,7^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 65,35^\circ - 18,7^\circ$$

$$93,3^\circ \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 46,65^\circ \Rightarrow X_{\text{Glicose } (\alpha)} = \frac{46,65^\circ}{93,3^\circ}$$

$$X_{\text{Glicose } (\alpha)} = 0,50$$

$$X_{\text{Glicose } (\alpha)} + X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1$$

$$X_{\text{Glicose } (\beta)} = 1 - 0,50 \Rightarrow X_{\text{Glicose } (\beta)} = 0,50$$



$$v_{\text{direta}} = k_{\text{direta}} \times X_{\text{Glicose } (\alpha)}$$

$$v_{\text{reversa}} = -k_{\text{reversa}} \times X_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$\text{Taxa específica de reação} = v_{\text{direta}} + v_{\text{reversa}}$$

$$\text{Taxa específica de reação} = k_{\text{direta}} \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} + (-k_{\text{reversa}} \times X_{\text{Glicose } (\beta)})$$

$$\text{Taxa específica de reação} = 0,009 \times 0,50 - 0,006 \times 0,50$$

$$\text{Taxa específica de reação} = 0,0045 - 0,0030$$

$$\text{Taxa específica de reação} = 0,0015$$

d) Cálculo da taxa específica de reação no equilíbrio:

$$\text{Taxa específica de reação (equilíbrio)} = k_{\text{direta}} \times X_{\text{Glicose } (\alpha)} - k_{\text{reversa}} \times X_{\text{Glicose } (\beta)}$$

$$\text{Taxa específica de reação (equilíbrio)} = 0,009 \times 0,40 - 0,006 \times 0,60$$

$$\text{Taxa específica de reação (equilíbrio)} = 0,0036 - 0,0036$$

$$\text{Taxa específica de reação (equilíbrio)} = 0$$

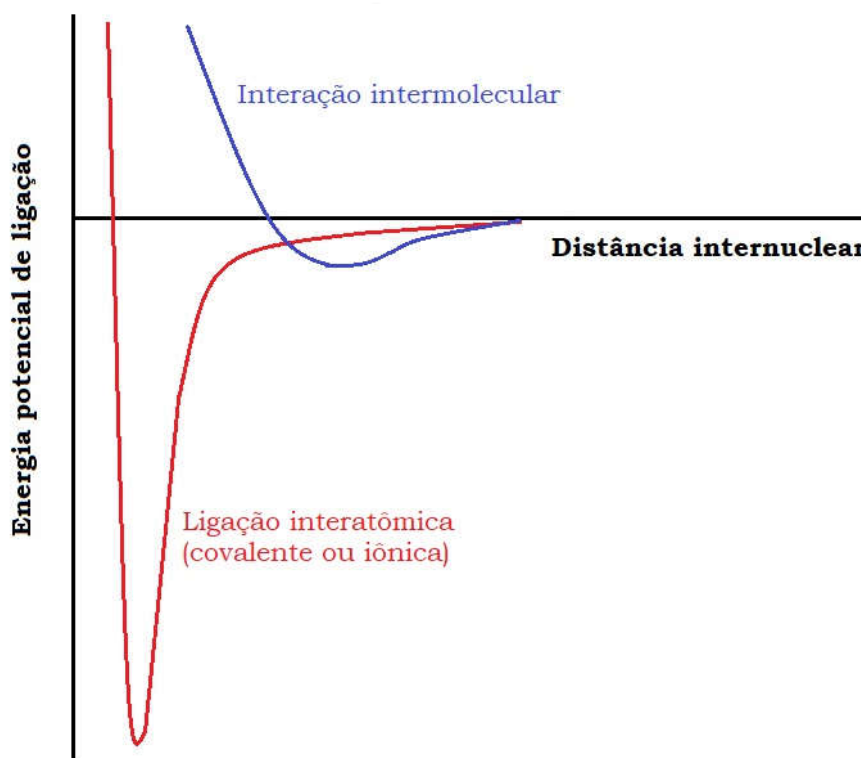
**7ª Questão (valor 1,0)** – Considere a energia potencial de ligação. Pode-se imaginar um modelo em que a energia de ligação entre as espécies seja considerada a própria energia potencial eletrostática.

**a)** Esboce, em um único gráfico de energia potencial de ligação versus distância internuclear, as curvas para uma ligação química interatômica (covalente ou iônica) e para uma interação intermolecular.

**b)** Indique o fator crucial que determina a diferença entre as curvas.

**Resolução:**

**a)** Esboço, em um único gráfico de energia potencial de ligação versus distância internuclear:



**b)** As interações interatômicas e interiônicas e quase todas as interações intermoleculares dependem das interações eletrostáticas (Coulomb). A energia potencial para duas cargas  $Q_1$  e  $Q_2$  em relação à distância ( $d$ ) entre elas pode ser dada por:

$$E_p = k \frac{Q_1 \times Q_2}{d}$$

Nas duas curvas percebe-se que à medida que a distância entre as espécies químicas (átomos, íons, moléculas, etc.) diminui a energia potencial eletrostática também. Porém, a partir de certo ponto nas ligações iônicas e covalentes, a repulsão entre as espécies químicas aumenta e a energia potencial eletrostática sofre uma grande elevação (valores altos). O formato das duas curvas é semelhante, mas o fator crucial que determina a diferença entre elas é a atração e repulsão eletrostática, que é maior na ligação iônica e covalente, comparativamente às interações intermoleculares.

**8ª Questão (valor 1,0)** – Uma corrente elétrica constante atravessa duas células eletrolíticas ligadas em série, sendo que a primeira contém uma solução aquosa de sulfato cúprico e a segunda produz hidrogênio no catodo e oxigênio no anodo.

Considerando essas informações e sabendo que o gás hidrogênio tem solubilidade desprezível em água:

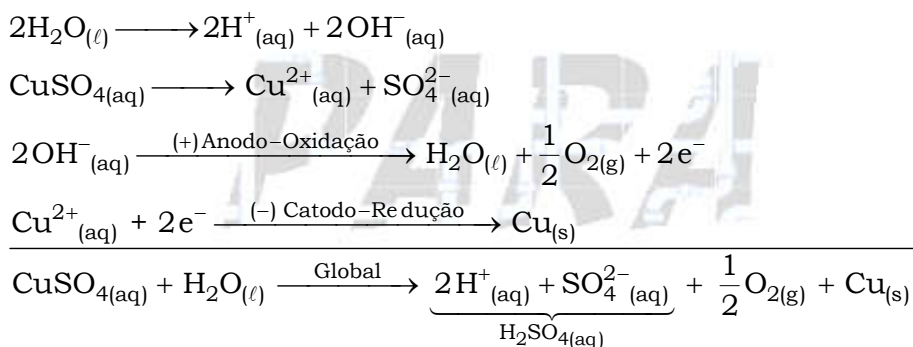
**a)** escreva as semirreações e a reação global da eletrólise do sulfato cúprico em meio aquoso, envolvendo o fluxo de elétrons;

**b)** determine o tempo, em minutos, necessário para o depósito de 0,254 g de cobre, quando se faz passar uma corrente de 2,0 A na solução da primeira célula eletroquímica;

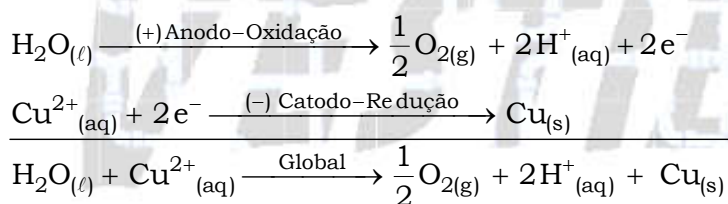
**c)** calcule o pH da solução resultante do borbulhamento do hidrogênio gasoso, produzido no catodo da segunda célula, em 200 mL de uma solução aquosa de NaOH 0,1 mol/L, a 298 K.

**Resolução:**

**a)** Semirreações e a reação global da eletrólise do sulfato cúprico em meio aquoso, envolvendo o fluxo de elétrons:



ou



**b)** Determinação do tempo, em minutos, necessário para o depósito de 0,254 g de cobre, quando se faz passar uma corrente de 2,0 A na solução da primeira célula eletroquímica:

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

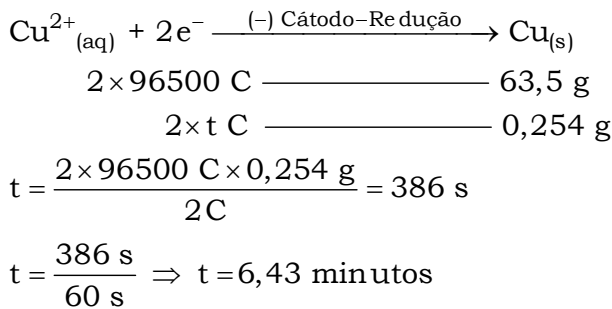
$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$$

$$\text{Cu} = 63,5; \text{M}_{\text{Cu}} = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{Cu}} = 0,254 \text{ g}$$

$$\left. \begin{array}{l} i = 2 \text{ A} \\ t = ? \end{array} \right\} Q = i \times t = 2 \times t \text{ C}$$

$$1 \text{ minuto} = 60 \text{ s}$$



c) De acordo com o enunciado, o gás hidrogênio tem solubilidade desprezível em água, logo o cálculo do pH da solução resultante do borbulhamento do hidrogênio gasoso, produzido no catodo da segunda célula, em 200 mL de uma solução aquosa de NaOH 0,1 mol/L (298 K) pode ser feito diretamente a partir das informações referentes a esta solução.

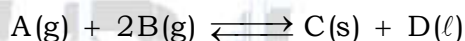
$$[\text{NaOH}] = [\text{OH}^{-}] = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^{-}] \Rightarrow \text{pOH} = -\log 10^{-1} = 1$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pH} = 14 - 1 \Rightarrow \text{pH} = 13$$

9ª Questão (valor 1,0) – Seja a reação genérica balanceada:



Considere que: as solubilidades das espécies químicas no líquido formado são desprezíveis; os gases se comportam idealmente; e as propriedades termodinâmicas a 1,0 atm e 30 °C são as dadas abaixo:

A(g)	$\Delta H_{f,A(g)}^{\circ} = -394 \text{ kJ/mol}$	$\Delta G_{f,A(g)}^{\circ} = -394 \text{ kJ/mol}$
B(g)	$\Delta H_{f,B(g)}^{\circ} = -47,0 \text{ kJ/mol}$	$\Delta G_{f,B(g)}^{\circ} = -16,0 \text{ kJ/mol}$
C(s)	$\Delta H_{f,C(s)}^{\circ} = -334 \text{ kJ/mol}$	$\Delta G_{f,C(s)}^{\circ} = -197 \text{ kJ/mol}$
D(ℓ)	$\Delta H_{f,D(\ell)}^{\circ} = -286 \text{ kJ/mol}$	$\Delta G_{f,D(\ell)}^{\circ} = -237 \text{ kJ/mol}$

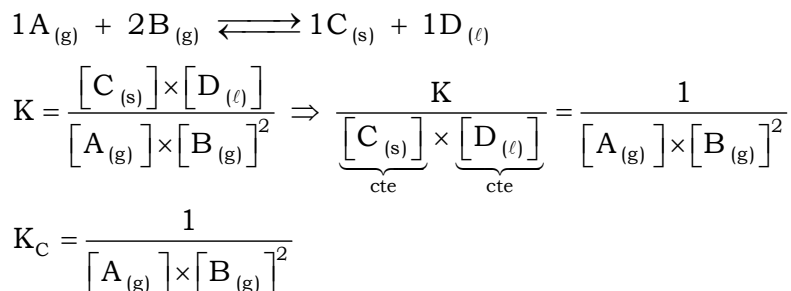
Determine para essa reação:

- a expressão da constante de equilíbrio com base nas concentrações ( $K_C$ );
- o valor da constante de equilíbrio com base nas pressões parciais ( $K_p$ ), a 30 °C e 1 atm;
- a variação de entalpia a 30 °C e 1 atm, estabelecendo se a reação é exotérmica ou endotérmica;
- o valor da constante de equilíbrio  $K_p$ , a 13 °C e 1 atm, com base na equação de Van't Hoff:

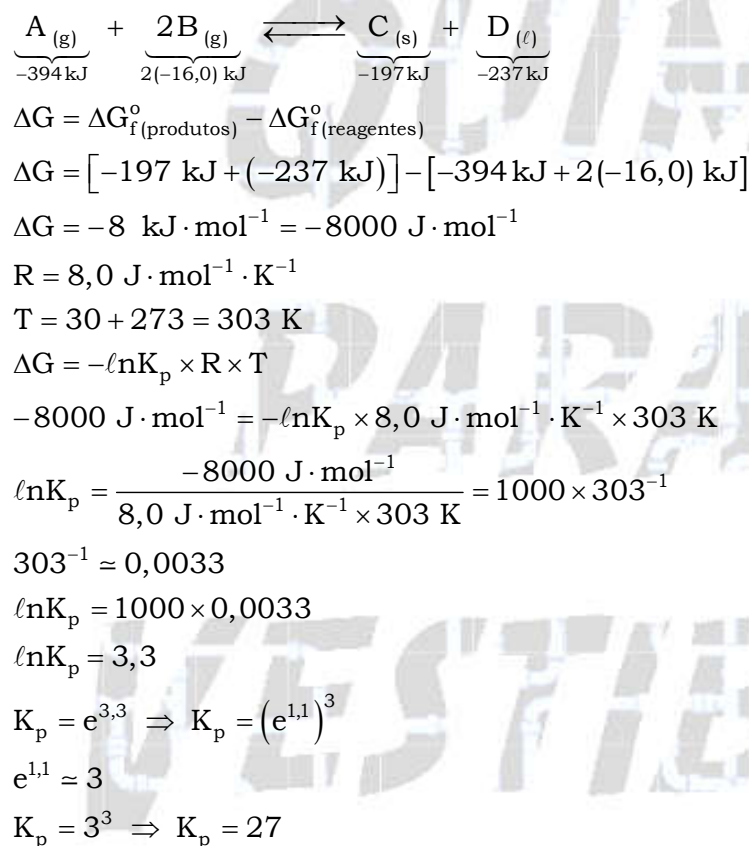
$$\ln \left( \frac{K_{p,1}}{K_{p,2}} \right) = -\frac{\Delta H^{\circ}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

**Resolução:**

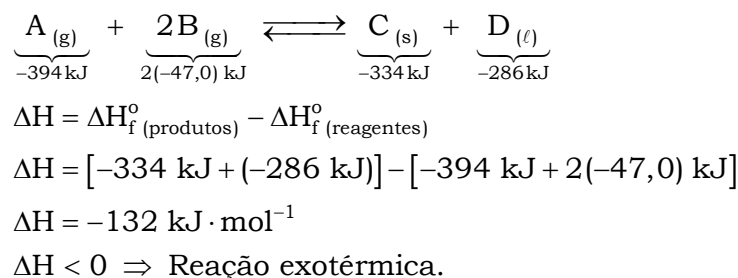
a) Expressão da constante de equilíbrio com base nas concentrações ( $K_C$ ):



b) Cálculo do valor da constante de equilíbrio com base nas pressões parciais ( $K_p$ ), a 30 °C e 1 atm :

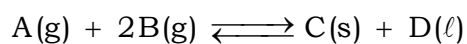


c) Cálculo da variação de entalpia a 30 °C e 1 atm, estabelecendo se a reação é exotérmica ou endotérmica:



d) Cálculo do valor da constante de equilíbrio  $K_p$ , a 13 °C e 1 atm, com base na equação de Van't

Hoff:



$$K_{p,30^\circ\text{C}} = 27$$

$$\Delta H = -132 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -132 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$T_1 = 13 + 273 = 286 \text{ K}$$

$$T_2 = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

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

$$286^{-1} = \frac{1}{286} \approx 0,0035$$

$$303^{-1} = \frac{1}{303} \approx 0,0033$$

$$\ln\left(\frac{K_{p,1}}{K_{p,2}}\right) = -\frac{\Delta H^\circ}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \Rightarrow \ln\left(\frac{K_{p,13^\circ\text{C}}}{K_{p,30^\circ\text{C}}}\right) = -\frac{\Delta H^\circ}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K_{p,13^\circ\text{C}}}{27}\right) = -\frac{(-132 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1})}{8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}\left(\frac{1}{286 \text{ K}} - \frac{1}{303 \text{ K}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K_{p,13^\circ\text{C}}}{27}\right) = 16500 \times (0,0035 - 0,0033)$$

$$\ln\left(\frac{K_{p,13^\circ\text{C}}}{27}\right) = 3,3$$

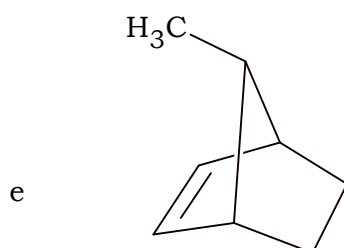
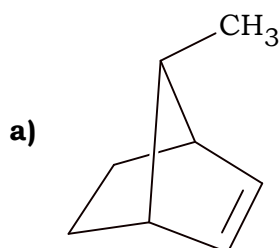
$$e^{3,3} \approx 3$$

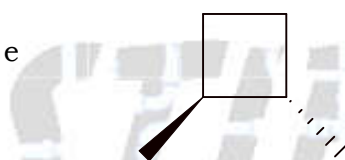
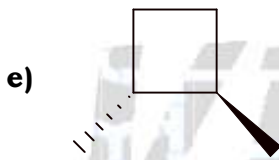
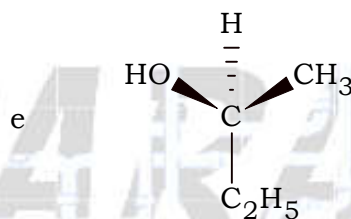
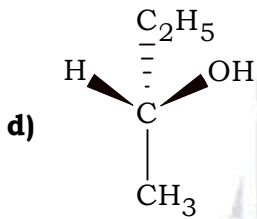
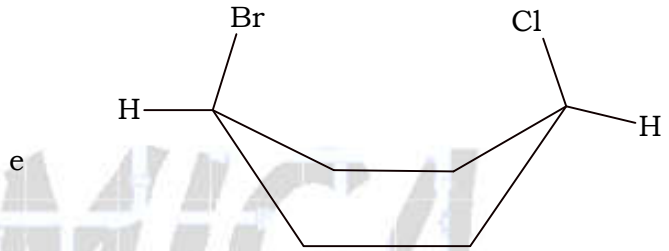
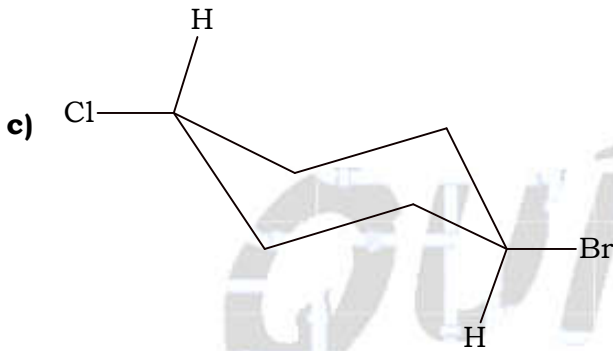
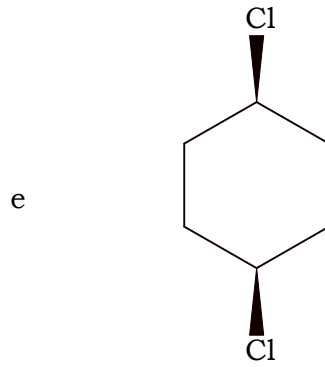
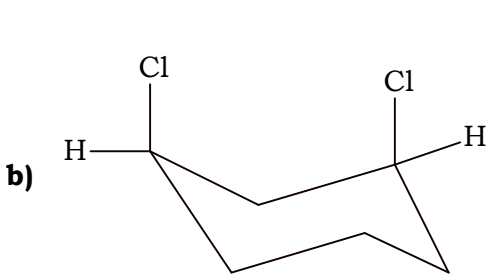
$$e^{3,3} = \frac{K_{p,13^\circ\text{C}}}{27} \Rightarrow K_{p,13^\circ\text{C}} = (e^{3,3})^3 \times 27$$

$$K_{p,13^\circ\text{C}} = 3^3 \times 27$$

$$K_{p,13^\circ\text{C}} = 729$$

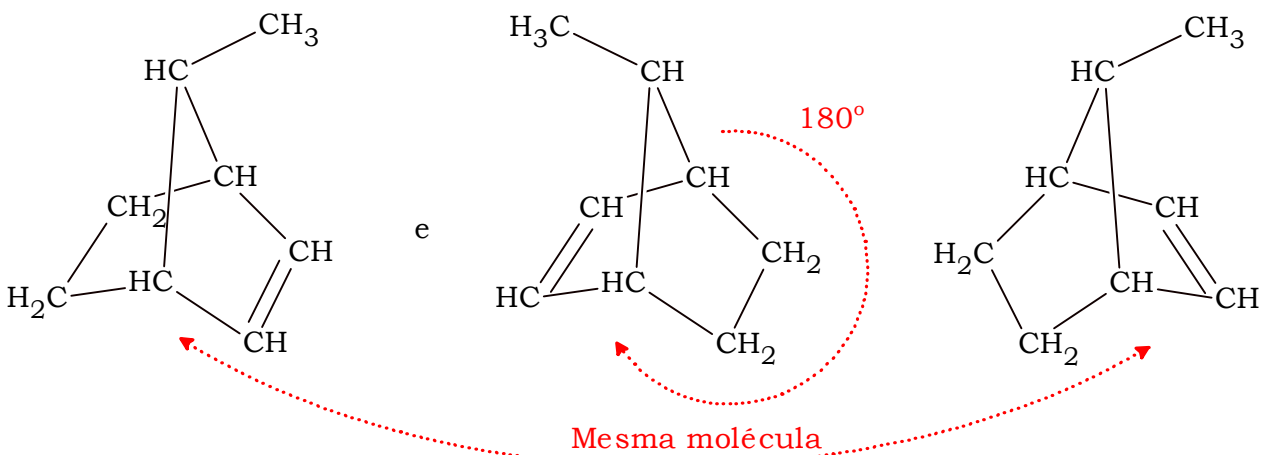
10ª Questão (valor 1,0) – Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.





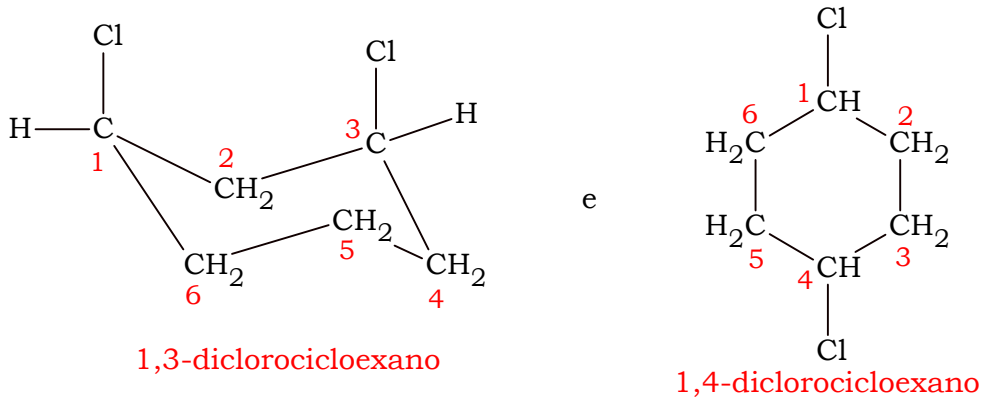
**Resolução:**

a) Representações diferentes para o mesmo composto.

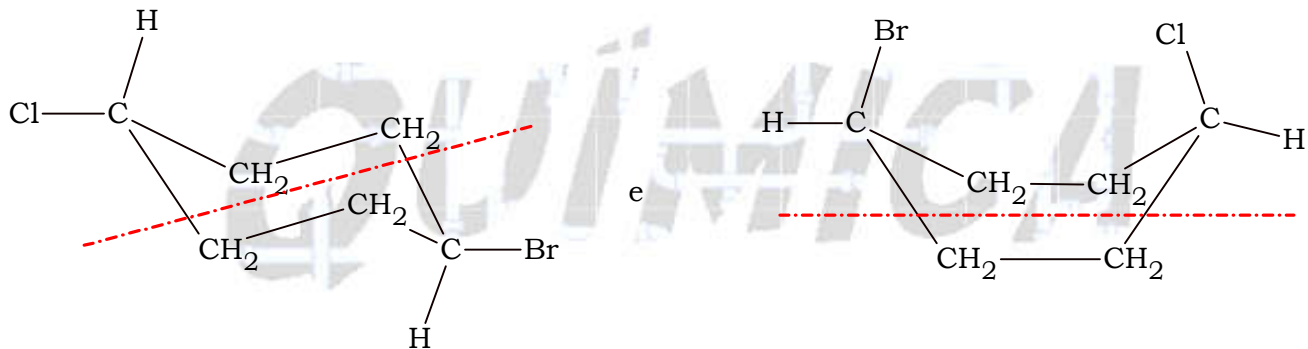




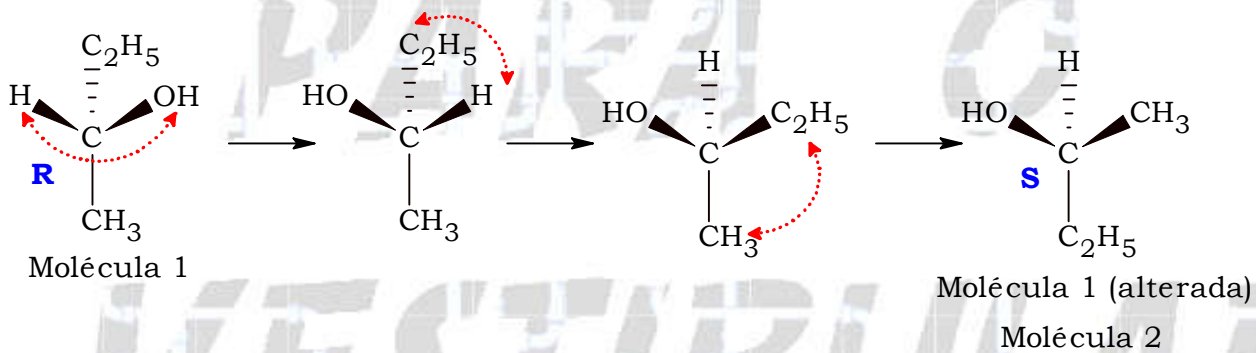
b) Isômeros constitucionais (de posição).



c) Diastereoisômeros (cis-trans).



d) Enantiômeros.



e) Enantiômeros.

