

## ITA 2020

### Primeira fase e Segunda fase

#### DADOS EVENTUALMENTE NECESSÁRIOS

##### CONSTANTES

Constante de Avogadro =  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Faraday (F) =  $9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Volume molar de gás ideal = 22,4 L (CNTP)

Carga elementar =  $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante dos gases (R) =  $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; (R) =  $8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

(R) =  $1,98 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ; (R) =  $62,4 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Constante gravitacional =  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Constante de Planck (h) =  $6,63 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Velocidade da luz no vácuo =  $3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Número de Euler (e) = 2,72

##### DEFINIÇÕES

Pressão: 1 atm = 760 mmHg =  $1,01325 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia: 1 J = 1 N.m =  $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 6,24 \times 10^{18} \text{ eV}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0 °C e 760 mmHg.

Condições ambientes: 25 °C e 1 atm.

Condições – padrão: 25 °C, 1 bar; concentrações das soluções = 1 mol.L<sup>-1</sup> (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.

(s) = sólido cristalino; (l) = líquido; (g) = gás; (aq) = aquoso; (conc) = concentrado;

(ua) = unidades arbitrárias; u.m.a = unidade de massa atômica;

[X] = concentração da espécie química S em mol.L<sup>-1</sup>.

$\ell n X = 2,3 \log X$

Elemento químico	Número atômico	Massa molar (g.mol <sup>-1</sup> )
H	1	1,01
C	6	12,01
N	7	14,01
O	8	16,00
Na	11	22,99
P	15	30,97
S	16	32,06
Cl	17	35,45
K	19	39,10
Cu	29	63,55
Br	35	79,90
Ag	47	107,90
I	53	126,90

**Questão 56.** Considere as afirmações a seguir:

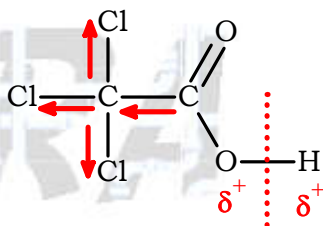
- I. O ácido tricloroacético é um ácido mais fraco que o ácido propanoico.
- II. O 2,4,6-tricloro-fenol possui um caráter ácido maior que o 2,4,6-trinitro-fenol.
- III. Reações de hidratação de alcinos geram produtos tautoméricos.
- IV. Anéis benzênicos sofrem reações de substituição pela interação com reagentes eletrófilos, enquanto haletos orgânicos sofrem substituição pela interação com reagentes nucleófilos.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S)

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

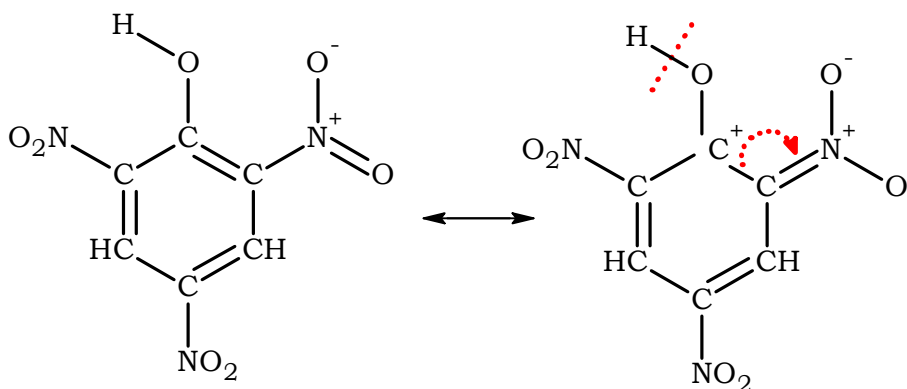
**Resolução: alternativa D**

I. Incorreta. O ácido tricloroacético é um ácido mais forte que o ácido propanoico devido ao efeito indutivo causado pela presença dos átomos de cloro.

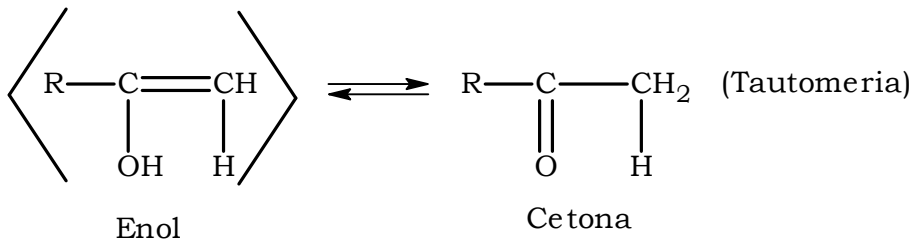
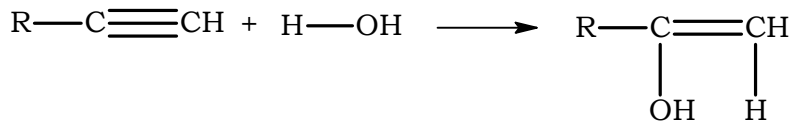


Quanto maior a quantidade de átomos de cloro ligados ao carbono ligado à carboxila, mais os elétrons das ligações covalentes são atraídos na direção deles “enfraquecendo” o átomo de oxigênio da hidroxila que fica “positivado” e conseqüentemente libera o hidrogênio com mais facilidade, ou seja, a força ácida aumenta.

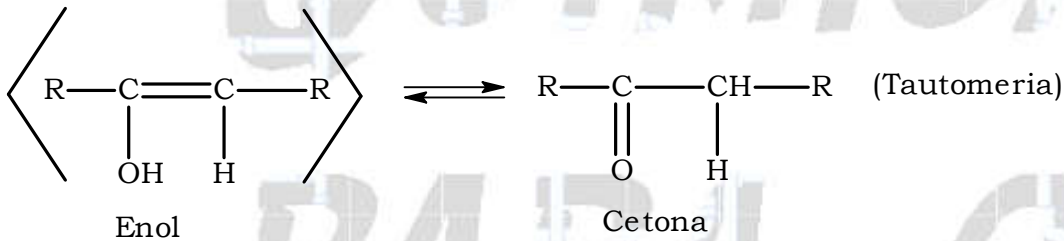
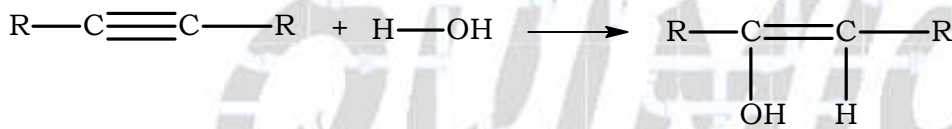
II. Incorreta. Os grupos  $-\text{NO}_2$  ligados ao anel aromático atraem elétrons do carbono ligado ao grupo  $-\text{OH}$ , conseqüentemente a densidade eletrônica deste carbono diminui e ocorre maior facilidade de liberação de cátions  $\text{H}^+$  (proporcionando, comparativamente, maior acidez).



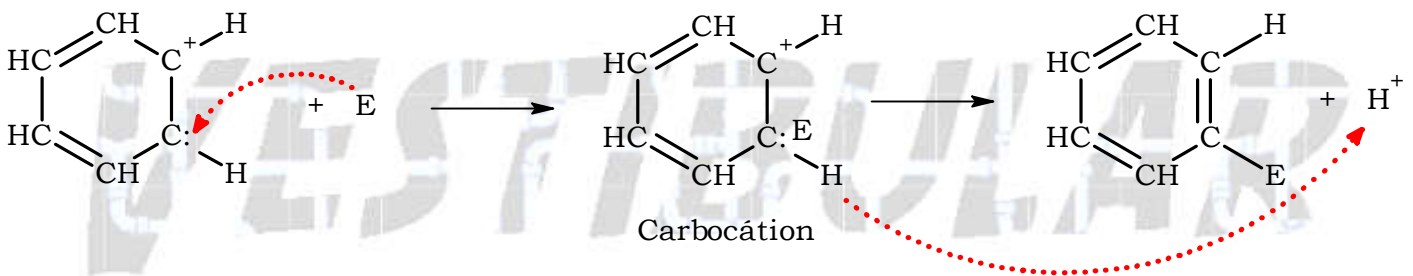
III. Correta. Reações de hidratação de alcinos geram produtos tautoméricos.



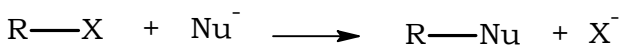
ou



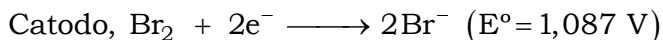
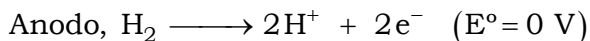
IV. Correta. A presença das ligações duplas ou pi ( $\pi$ ) nos anéis benzênicos favorecem o ataque eletrófilo.



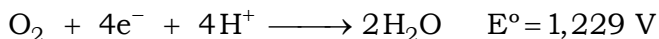
Os haletos orgânicos sofrem substituição pela interação com reagentes nucleófilos.



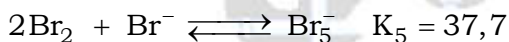
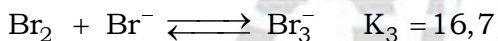
**Questão 57.** Considere uma bateria de fluxo de hidrogênio gasoso ( $H_2$ ) e bromo líquido ( $Br_2$ ) operando nas condições padrão. Durante a descarga, a bateria converte  $H_2$  e  $Br_2$  em ácido bromídrico (HBr). As reações de meia célula e os respectivos potenciais-padrão de eletrodo, a 298 K, são:



A dissociação da água pode ser observada pelo efeito da seguinte semirreação:



A formação de complexos iônicos de polibrometo ocorre segundo as reações e suas respectivas constantes de equilíbrio:



Sejam feitas as seguintes afirmações a respeito dessa bateria:

- I.** O potencial da célula pode ser aproximado pela equação:  $E_{\text{catodo}} - E_{\text{anodo}} = 1,087 + 0,06 \text{ pH}$ .
- II.** O solvente (água) é termodinamicamente estável somente a  $\text{pH} < 2,4$ .
- III.** Recarregar a bateria com um potencial catódico inferior a 1,229 V garante a estabilidade do solvente.
- IV.** Durante a descarga da bateria, a concentração do HBr aumenta e podem formar complexos iônicos de  $Br_3^-$  e  $Br_5^-$ .

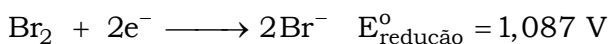
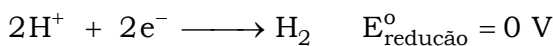
Das afirmações acima, estão CORRETAS

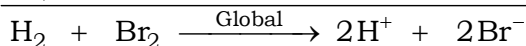
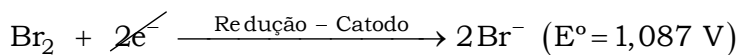
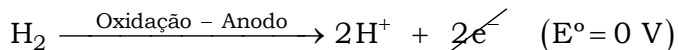
- A ( ) apenas I, II e IV.
- B ( ) apenas I e III.
- C ( ) apenas II e IV.
- D ( ) apenas III e IV.
- E ( ) todas.

**Resolução: alternativa A**

**I.** Correta. A partir das equações fornecidas calcula-se o potencial da célula.

Semirreações padrão:





$$E_{\text{célula}}^\circ = E_{\text{catodo}}^\circ - E_{\text{anodo}}^\circ$$

$$E_{\text{célula}}^\circ = 1,087 \text{ V} - 0 \text{ V} = 1,087 \text{ V}$$

Aplicando a equação de Nernst, vem:

$$\Delta E = \Delta E^\circ - \frac{0,059}{n} \times \log Q$$

$\Delta E$  = potencial de redução (25 °C; solução de qualquer concentração molar).

$\Delta E^\circ$  = potencial de redução (25 °C; solução de concentração 1 molar ou 1 mol/L).

0,059 = valor constante a 25° C, se a temperatura mudar este valor sofrerá alteração.

n = número de mols de elétrons transferidos durante o processo eletroquímico.

Q = quociente entre concentrações que sofrem alteração durante o funcionamento da pilha.

Nas condições padrão:

$$p_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm}$$

$$[\text{Br}^-] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{Br}_2] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$



$$n = 2$$

$$Q = \frac{[\text{H}^+]^2 \times [\text{Br}^-]^2}{p_{\text{H}_2} \times [\text{Br}_2]} = \frac{[\text{H}^+]^2 \times (1)^2}{(1) \times (1)} = [\text{H}^+]^2$$

$$\Delta E = \Delta E^\circ - \frac{0,059}{n} \times \log Q$$

$$\Delta E = 1,087 - \frac{0,059}{2} \times \log [\text{H}^+]^2$$

$$\Delta E = 1,087 - \frac{0,059}{2} \times \underbrace{2 \log [\text{H}^+]}_{-\text{pH}}$$

$$\Delta E = 1,087 - \frac{0,059}{2} \times (-2 \times \text{pH})$$

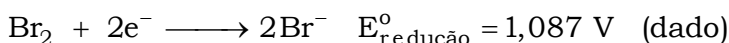
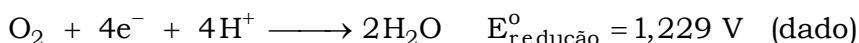
$$\Delta E = 1,087 - \frac{0,059}{2} \times (-2 \times \text{pH})$$

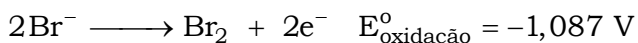
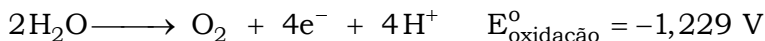
$$\Delta E = 1,087 + 0,059 \text{ pH}$$

$$E_{\text{célula}} = 1,087 + 0,06 \text{ pH}$$

$$E_{\text{catodo}} - E_{\text{anodo}} = 1,087 + 0,06 \text{ pH.}$$

**II.** Correta. Para a água (H<sub>2</sub>O) ser termodinamicamente estável ela não poderá sofrer oxidação, ou seja, seu potencial de oxidação deverá ser menor do que o potencial de oxidação do bromo (Br<sub>2</sub>).





Nas condições padrão:  $p_{\text{O}_2} = 1 \text{ atm}$ ;  $[\text{H}_2\text{O}] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

$$n = 4; \quad Q = \frac{p_{\text{O}_2} \times [\text{H}^+]^4}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = \frac{1 \times [\text{H}^+]^4}{(1)^2} = [\text{H}^+]^4$$

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \times \log Q$$

$$E^\circ(\text{H}_2\text{O}) - \frac{0,059}{n} \times \log Q < E^\circ(\text{Br}_2) \quad (\text{a água não sofrerá oxidação})$$

$$-1,229 \text{ V} - \frac{0,059}{4} \times \log [\text{H}^+]^4 < -1,087 \text{ V} \Rightarrow -1,229 \text{ V} - \frac{0,059}{4} \times \underbrace{4 \log [\text{H}^+]}_{-\text{pH}} < -1,087 \text{ V}$$

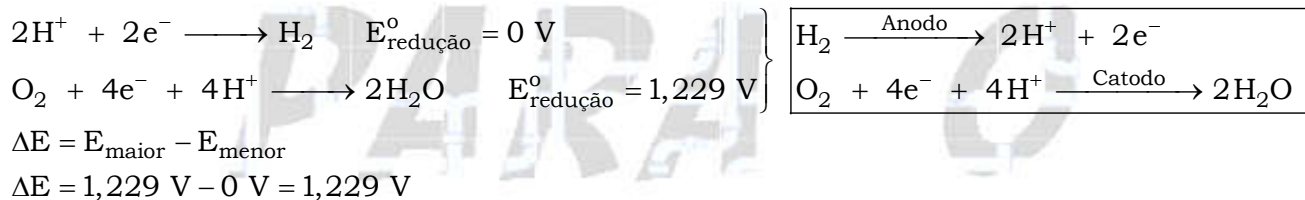
$$-1,229 \text{ V} + 0,059 \times \text{pH} < -1,087 \text{ V}$$

$$0,059 \times \text{pH} < -1,087 + 1,229$$

$$0,059 \times \text{pH} < 0,142$$

$$\text{pH} < \frac{0,142 \text{ V}}{0,059} \Rightarrow \text{pH} < 2,4$$

**III.** Incorreta. Para garantir-se a estabilidade do solvente (água) sua decomposição não poderá ocorrer.

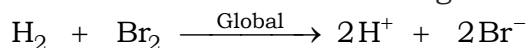


Quando o potencial aplicado for maior do que 1,229 V, o fluxo dos elétrons será invertido fluindo do catodo para o anodo e a água sofrerá decomposição.

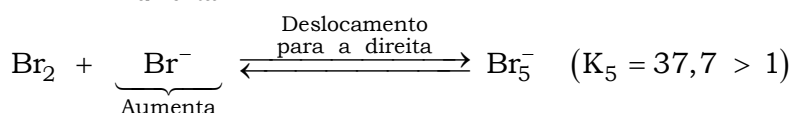
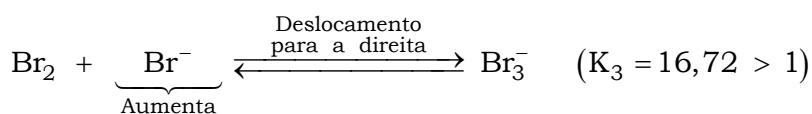
Conclusão: recarregar a bateria com um potencial anódico inferior a 1,229 V garante a estabilidade do solvente ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

**Observação:** quando uma força motriz de magnitude superior a da célula se opuser a mesma, o sentido da reação espontânea será invertido (Mahan-Myers – Um curso Universitário; 4ª. edição).

**IV.** Correta. Durante a descarga da bateria, a concentração de  $\text{Br}^-$  aumenta:



A formação de complexos iônicos de  $\text{Br}_3^-$  e  $\text{Br}_5^-$  será favorecida.



**Questão 58.** A amônia, uma das principais matérias-primas da indústria de fertilizantes, é produzida em escala industrial pelo processo conhecido como Haber-Bosch. Neste, uma reação entre  $\text{H}_2(\text{g})$  e  $\text{N}_2(\text{g})$  é catalisada com ferro em um reator mantido a 200 atm e 450 °C. Sobre essa reação exotérmica, sejam feitas as seguintes proposições:

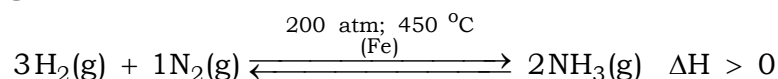
- I.** O aumento da pressão no reator, mediante adição de um gás inerte, aumenta o rendimento do processo.
- II.** O uso de um catalisador mais efetivo aumenta o rendimento do processo.
- III.** Uma vez atingido o equilíbrio, não ocorrem mais colisões efetivas entre moléculas de  $\text{H}_2(\text{g})$  e  $\text{N}_2(\text{g})$ .
- IV.** Considerando que ainda exista superação da energia de ativação, a redução da temperatura no reator diminui a velocidade da reação, mas favorece a formação de amônia.

Assinale a opção que apresenta a(s) afirmação(ões) CORRETA(S) sobre a reação de formação da amônia.

- A ( ) apenas I
- B ( ) apenas I e II
- C ( ) apenas II e III
- D ( ) apenas III e IV
- E ( ) apenas IV

**Resolução: alternativa E**

**I.** Incorreta. O aumento da pressão no reator, mediante adição de um gás inerte, não aumenta o rendimento do processo, pois o deslocamento do equilíbrio depende das pressões parciais dos gases envolvidos.

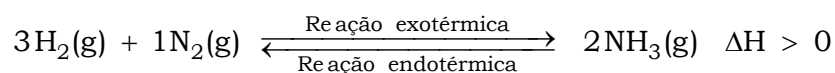


$$K = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(\text{H}_2)^3 \times (\text{N}_2)^1}$$

**II.** Incorreta. O catalisador favorece tanto a reação direta quanto a inversa e, conseqüentemente, não aumenta o rendimento do processo de formação da amônia.

**III.** Incorreta. Uma vez atingido o equilíbrio, as velocidades das reações direta e inversa se igualam, ou seja, continuam a ocorrer colisões efetivas entre moléculas de  $\text{H}_2(\text{g})$  e  $\text{N}_2(\text{g})$ .

**IV.** Correta. Considerando que ainda exista superação da energia de ativação, a redução da temperatura no reator diminui a velocidade da reação, mas favorece a formação de amônia, pois o processo é exotérmico no sentido direto (sentido da formação da amônia).



**Questão 59.** A chama de uma vela é o exemplo mais comum de chama difusiva, na qual o oxigênio difunde-se em direção à parafina. Essa parafina pode apresentar diferentes tamanhos de cadeia carbônica.

Com essas informações, considere as seguintes proposições:

- I.** A parafina da vela é constituída por moléculas de fórmula molecular  $C_xH_y$ , em que  $x \leq 8$ .
- II.** A combustão da parafina na vela tem como principais produtos: negro de fumo, monóxido de carbono, dióxido de carbono e água.
- III.** A cor amarela da parte superior da chama indica um processo de combustão que depende da difusão do oxigênio presente no ar.
- IV.** Na região inferior da chama há coloração levemente azulada por conta da maior quantidade de oxigênio difundido pelas zonas de recirculação.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S)

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

**Resolução: alternativa D**

**I.** Incorreta. As parafinas industriais são misturas derivadas do petróleo compostas por hidrocarbonetos que apresentam entre 12 e 85 átomos de carbono. A maioria das parafinas sólidas possui mais de 20 átomos de carbono.

**Observação:** como as parafinas são misturas complexas, elas são definidas a partir do processo produtivo e das especificações e uso e não pelo detalhamento de sua composição.

**II.** Correta. A combustão da parafina na vela tem como principais produtos: negro de fumo ou fuligem, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O).

**III.** Correta. A cor amarela da parte superior da chama indica um processo de combustão que depende da difusão do oxigênio presente no ar, neste caso há indicação de combustão incompleta.

**IV.** Correta. Na região inferior da chama há coloração levemente azulada por conta da maior quantidade de oxigênio difundido pelas zonas de recirculação, neste caso há indicação de combustão completa.

**Questão 60.** O tiocianato de cobre é um condutor sólido do tipo p com aplicações optoeletrônicas e fotovoltaicas, como células solares. O CuSCN reage com o iodato de potássio na presença de ácido clorídrico para formar sulfato de cobre, ácido cianídrico, cloreto de potássio e monocloreto de iodo. O valor da soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros da reação líquida é igual a

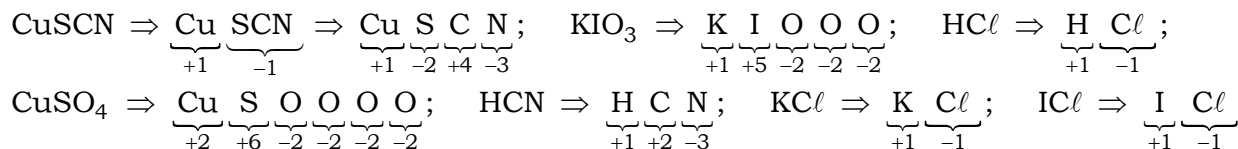
- A ( ) 32.      B ( ) 36.      C ( ) 49.      D ( ) 50.      E ( ) 54.



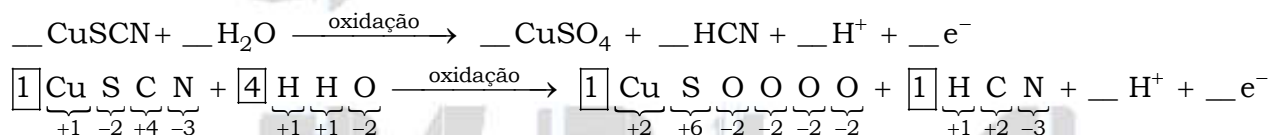
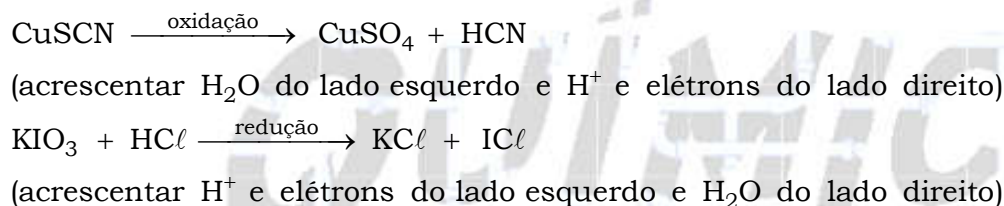
**Resolução: ANULADA**

Para efeito de pontuação, esta questão foi considerada correta para todos os candidatos.

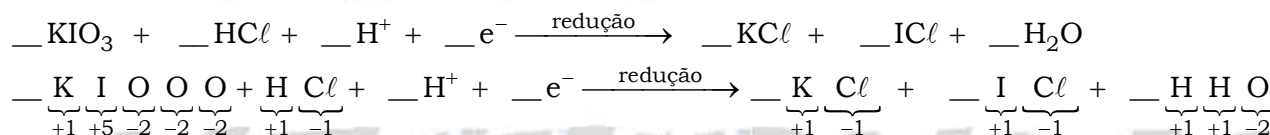
De acordo com o texto, o CuSCN (composto de coordenação; não ioniza) reage com o iodato de potássio (KIO<sub>3</sub>) na presença de ácido clorídrico (HCl) para formar sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>), ácido cianídrico (HCN), cloreto de potássio (KCl) e monocloreto de iodo (ICl).



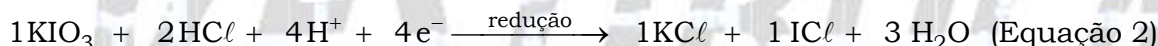
Neste caso deve-se utilizar o método do íon-elétron no qual a reação global de oxirredução é dividida em duas semirreações e vice-versa.



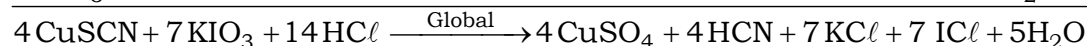
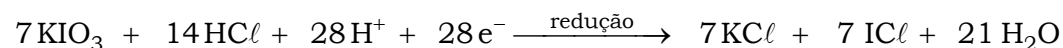
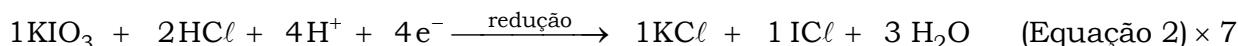
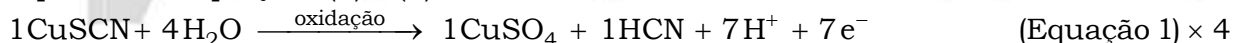
O Nox do Cu, S e C variaram:  $(+1 - 2 + 4) \longrightarrow (+2 + 6 + 2) \Rightarrow \Delta = 10 - 3 = 7e^-$



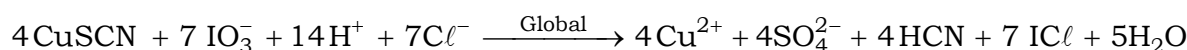
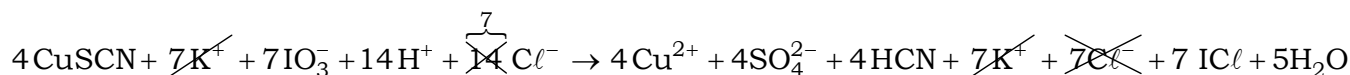
O Nox do I variou:  $(+5) \longrightarrow (+1) \Rightarrow \Delta = |1 - 5| = 4e^-$



A partir das equações (1) e (2), vem:



Equação iônica ou líquida :



Soma = 4 + 7 + 14 + 7 + 4 + 4 + 4 + 7 + 5 = 56 (sem resposta)

**Questão 61.** Em um experimento realizado a 298 K foram adicionados 20,0 mL de HCl  $1,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  a 0,48 L de uma solução de limpeza contendo  $3,01 \times 10^{-6} \text{ mol}$  de uma base forte hipotética XOH. O valor da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$ , em  $\text{mol.L}^{-1}$ , na solução resultante é igual a

- A ( )  $1,0 \times 10^{-8}$ .  
 B ( )  $8,3 \times 10^{-8}$ .  
 C ( )  $1,0 \times 10^{-7}$ .  
 D ( )  $1,2 \times 10^{-7}$ .  
 E ( )  $8,2 \times 10^{-7}$ .

**Resolução: alternativa B**

Primeira solução:

$$V_{\text{HCl}} = 20 \text{ mL} = 20 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$[\text{HCl}] = 1,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{HCl}] = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{HCl}}} \Rightarrow n_{\text{HCl}} = [\text{HCl}] \times V_{\text{HCl}}$$

$$n_{\text{HCl}} = 1,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L}$$

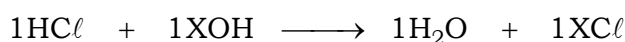
$$n_{\text{HCl}} = 30 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

Segunda solução:

$$V_{\text{XOH}} = 0,48 \text{ L}$$

$$n_{\text{XOH}} = 3,01 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

Reação do ácido clorídrico com a base hipotética:



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

$$30 \times 10^{-7} \text{ mol} \text{ — } \underbrace{30,1 \times 10^{-7} \text{ mol}}_{\text{(em excesso)}}$$

$$n_{\text{XOH (excesso)}} = 30,1 \times 10^{-7} \text{ mol} - 30 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

$$n_{\text{OH}^-} = n_{\text{XOH (excesso)}} = 0,1 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

$$V_{\text{total}} = \underbrace{20 \times 10^{-3} \text{ L}}_{0,02 \text{ L}} + 0,48 \text{ L} = 0,5 \text{ L}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{excesso}} = \frac{n_{\text{OH}^-}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,1 \times 10^{-7} \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,2 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

Como o valor do número de mols de íons  $\text{OH}^-$  é muito pequeno (perceba que se trata de uma base hipotética), isto sugere que a concentração de íons  $\text{OH}^-$  derivada da ionização da água, também, deva ser levada em consideração para chegar-se a uma das alternativas fornecidas.

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

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

$$[\text{OH}^-] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-]^2 = 10^{-14}$$

$$\sqrt{[\text{OH}^-]^2} = \sqrt{10^{-14}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{excesso}} + [\text{OH}^-] = [\text{OH}^-]_{\text{final}}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{final}} = 0,2 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1} + 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{final}} = 1,2 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{final}} \times [\text{OH}^-]_{\text{final}} = 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{final}} \times 1,2 \times 10^{-7} = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+]_{\text{final}} = \frac{10^{-14}}{1,2 \times 10^{-7}} = 0,83333 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}^+]_{\text{final}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{final}} = 8,3 \times 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$$

**Questão 62.** Um reator com 200 L de capacidade, possui uma mistura de dióxido de nitrogênio e monóxido de carbono a 400 K, cujo comportamento pode ser considerado ideal. Os gases reagem entre si para formar dióxido de carbono e monóxido de nitrogênio. A pressão total no reator é igual a 32,8 atm e, no início da reação, a pressão parcial do monóxido de carbono é três vezes maior que a do dióxido de nitrogênio. As massas iniciais de dióxido de nitrogênio e de monóxido de carbono são, respectivamente,

- A ( ) 1,5 kg e 4,2 kg.
- B ( ) 1,5 kg e 4,5 kg.
- C ( ) 1,5 kg e 6,6 kg.
- D ( ) 2,3 kg e 4,2 kg.
- E ( ) 2,3 kg e 6,6 kg.

**Resolução: alternativa D**

A partir da equação de estado para um gás ideal, calcula-se o número total de mols no reator.

$$P = 32,8 \text{ atm}$$

$$V = 200 \text{ L}$$

$$T = 400 \text{ K}$$

$$R = 8,21 \times 10^{-2} \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \approx 8,2 \times 10^{-2} \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \text{ (para facilitar os cálculos)}$$

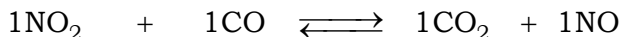
$$P \times V = n \times R \times T$$

$$32,8 \text{ atm} \times 200 \text{ L} = n \times 8,2 \times 10^{-2} \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \times 400 \text{ K}$$

$$n = \frac{32,8 \text{ atm} \times 200 \text{ L}}{8,2 \times 10^{-2} \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \times 400 \text{ K}} = 200 \text{ mols}$$

$$\text{No início: } p_{\text{CO}} = 3 \times p_{\text{NO}_2}.$$

A partir da análise do equilíbrio, vem:



$p_{\text{NO}_2}$	$3 \times p_{\text{NO}_2}$	0	0	(início)
$-x$	$-x$	$+x$	$+x$	(durante)

$(p_{\text{NO}_2} - x)$	$(3 \times p_{\text{NO}_2} - x)$	$+x$	$+x$	(final)
-------------------------	----------------------------------	------	------	---------

$$P_{\text{final}} = (p_{\text{NO}_2} - x) + (3 \times p_{\text{NO}_2} - x) + x + x$$

$$32,8 = 4 \times p_{\text{NO}_2}$$

$$p_{\text{NO}_2} = \frac{32,8}{4} = 8,2 \text{ atm}$$

$$p_{\text{CO}} = 3 \times p_{\text{NO}_2}$$

$$p_{\text{CO}} = 3 \times 8,2 \text{ atm} = 24,6 \text{ atm}$$

$$\frac{p_i}{P} = \frac{n_i}{n} \Rightarrow \frac{p_i}{32,8} = \frac{\left(\frac{m_i}{M_i}\right)}{200}$$

$$m_i = \frac{200}{32,8} \times p_i \times M_i$$

$$\text{NO}_2 = 14 + 2 \times 16 = 46; \quad \text{CO} = 12 + 16 = 28$$

$$m_{\text{NO}_2} = \frac{200}{32,8} \times 8,2 \times 46 = 2300 \text{ g} = 2,3 \text{ kg}$$

$$m_{\text{NO}_2} = \frac{200}{32,8} \times 24,6 \text{ atm} \times 28 = 4200 \text{ g} = 4,2 \text{ kg}$$

**Questão 63.** Polímeros são moléculas muito grandes constituídas por milhares de átomos. Tais macromoléculas são classificadas em duas categorias: naturais e sintéticas. Os naturais têm como exemplos as proteínas, ácidos nucleicos e borrachas, enquanto os sintéticos são compostos orgânicos tais como a polihexametileno adipamida (Nylon) e o poli(metacrilato de metila). Nesse contexto, considere as seguintes afirmações:

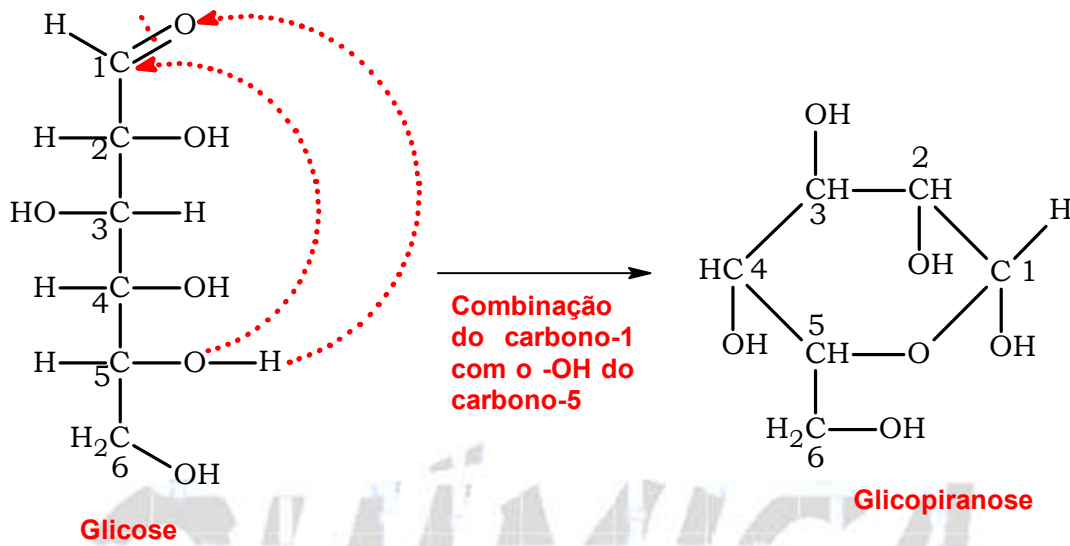
- (1) A glicose é um álcool-aldeído que polimeriza para formar o amido e a celulose.
- (2) A estrutura primária de um polipeptídeo é a sequência de resíduos de aminoácidos.
- (3) Os polímeros formados por cadeias longas tendem a ter alta viscosidade.
- (4) Os alcoóis condensam com ácidos carboxílicos para formar ésteres.
- (5) As amidas resultam da condensação de aminas e ácidos carboxílicos.

A soma dos números associados às afirmativas CORRETAS é igual a:

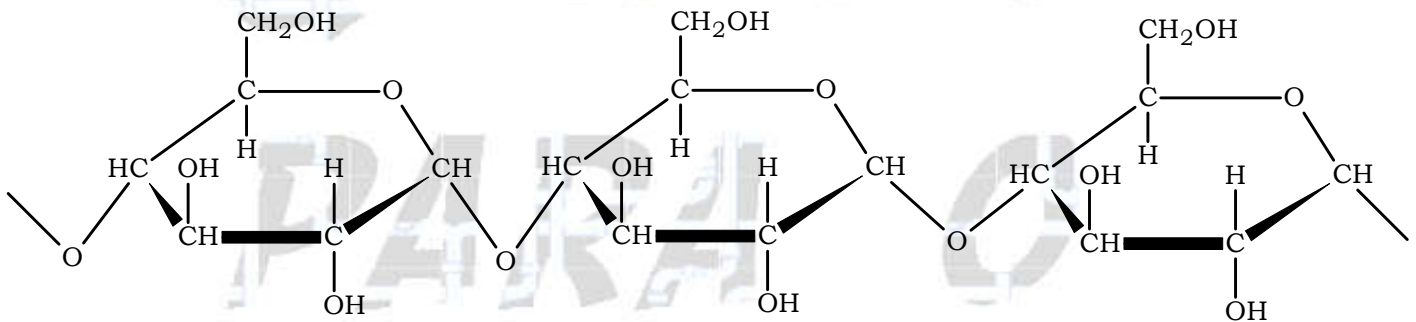
- A ( ) 8.
- B ( ) 10.
- C ( ) 12.
- D ( ) 13.
- E ( ) 15.

**Resolução: alternativa E**

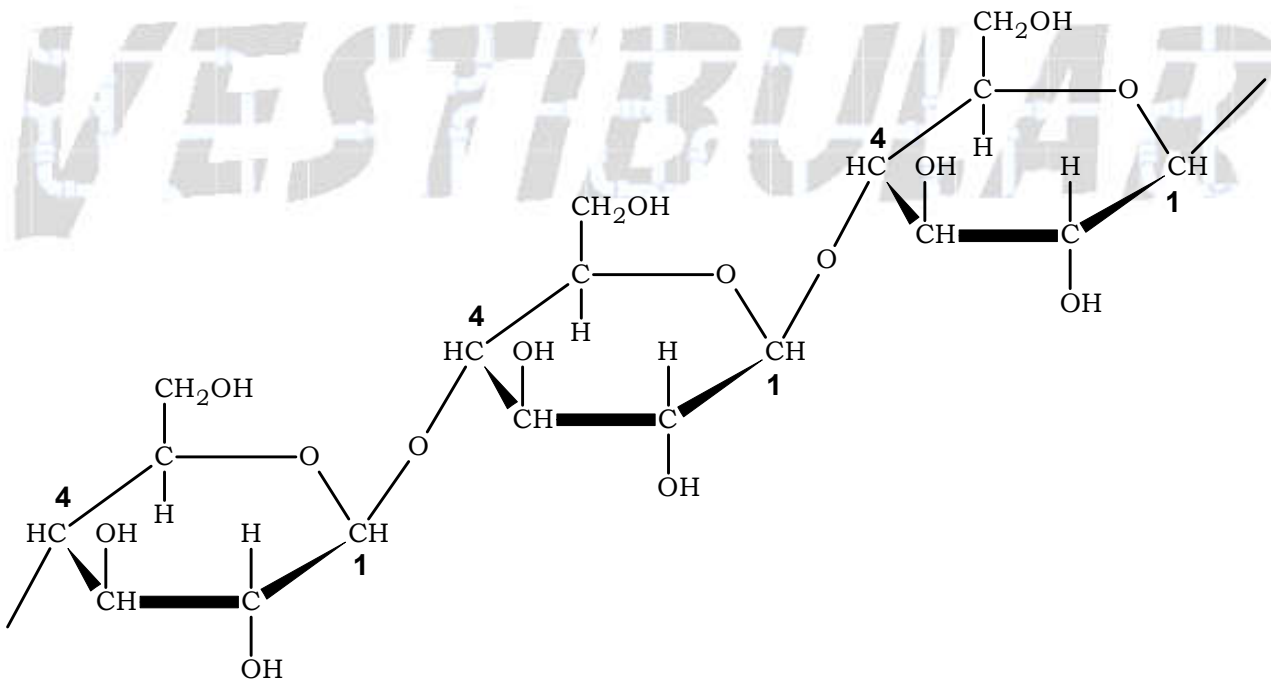
(1) Correta. A glicose não cíclica é um álcool-aldeído:



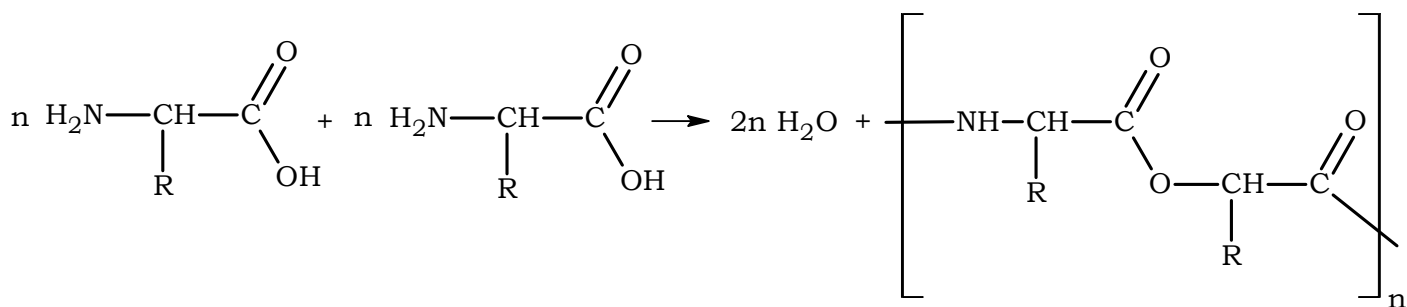
A glicose polimeriza para formar o amido:



A glicose polimeriza para formar a celulose:

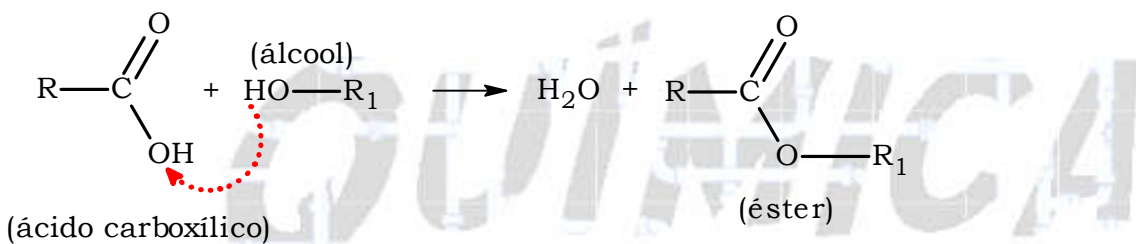


(2) Correta. A estrutura primária de um polipeptídeo é a sequência de resíduos de aminoácidos.

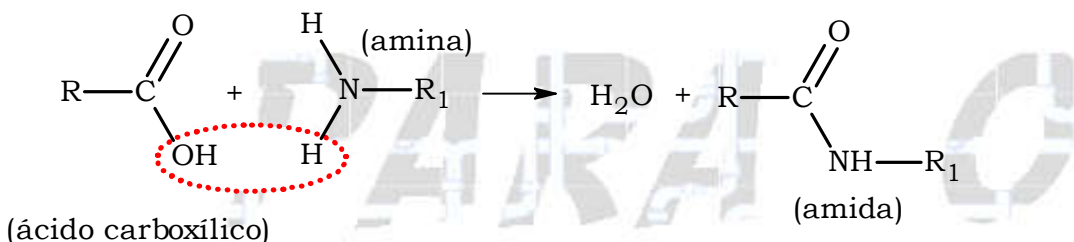


(3) Correta. Os polímeros formados por cadeias longas tendem a ter alta viscosidade devido às interações intramoleculares e intermoleculares existentes entre cadeias poliméricas.

(4) Correta. Os alcoóis condensam com ácidos carboxílicos para formar ésteres.



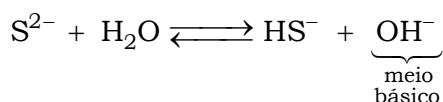
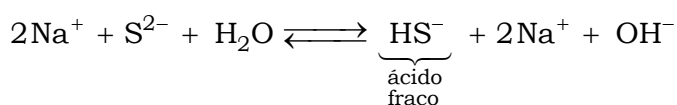
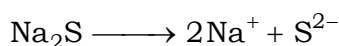
(5) Correta. As amidas resultam da condensação de aminas e ácidos carboxílicos.

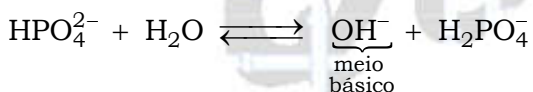
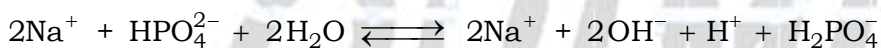
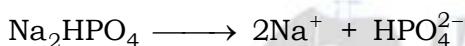
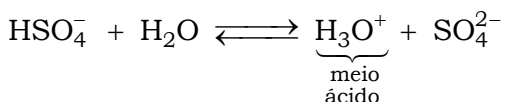
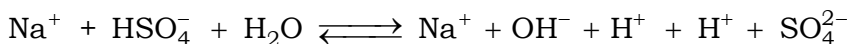
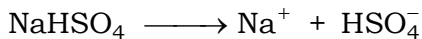
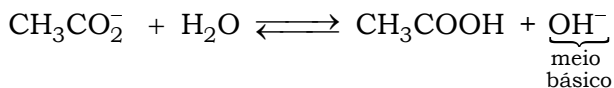
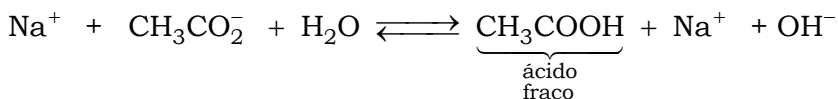
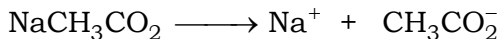


**Questão 64.** Quando dissolvidos em água para formar soluções com concentração  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , os sais  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaCH}_3\text{CO}_2$ ,  $\text{NaHSO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  deixam o meio respectivamente

- A ( ) ácido, básico, neutro, básico.  
 B ( ) básico, neutro, ácido, neutro.  
 C ( ) ácido, básico, ácido, ácido.  
 D ( ) básico, básico, ácido, básico.  
 E ( ) neutro, neutro, básico, neutro.

**Resolução: alternativa D**



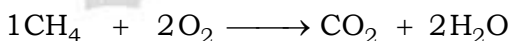


**Questão 65.** Turbinas a gás podem operar com diversos tipos de combustível. Alguns dos mais comuns são metano, etanol e querosene ( $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ ). Considerando combustão completa, a razão mássica de mistura entre cada um desses combustíveis e o oxigênio é, respectivamente,

- A ( ) 0,25; 0,48 e 0,29.  
 B ( ) 0,25; 0,48 e 0,57.  
 C ( ) 0,25; 0,96 e 0,57.  
 D ( ) 0,50; 0,48 e 0,29.  
 E ( ) 0,50; 0,96 e 0,57.

**Resolução: alternativa A**

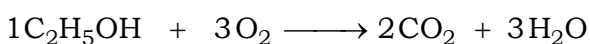
Metano:



$$16 \text{ g} \quad 2 \times 32 \text{ g}$$

$$\text{Razão mássica} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{m_{\text{O}_2}} = \frac{16 \text{ g}}{2 \times 32 \text{ g}} = 0,25$$

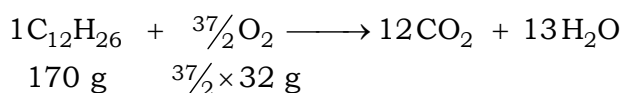
Etanol:



$$46 \text{ g} \quad 3 \times 32 \text{ g}$$

$$\text{Razão mássica} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{m_{\text{O}_2}} = \frac{46 \text{ g}}{3 \times 32 \text{ g}} = 0,479 \approx 0,48$$

Querosene :



$$\text{Razão mássica} = \frac{m_{\text{C}_{12}\text{H}_{26}}}{m_{\text{O}_2}} = \frac{170 \text{ g}}{\frac{37}{2} \times 32 \text{ g}} = 0,287 \approx 0,29$$

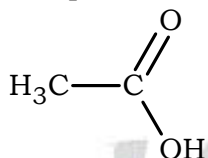
**Questão 66.** Líquidos iônicos, ou sais que fundem à temperatura ambiente, são compostos iônicos que apresentam temperatura de fusão abaixo de 100 °C e que consistem de íons e pares iônicos não dissociados. Com base nessa definição, assinale a opção CORRETA sobre líquidos iônicos.

- A ( ) NaCl fundido pode ser definido como um líquido iônico.  
 B ( ) CH<sub>3</sub>COOH anidro pode ser definido como um líquido iônico.  
 C ( ) A condutividade específica de líquidos iônicos é equivalente à da água.  
 D ( ) A pressão de vapor de líquidos iônicos é equivalente à de solventes orgânicos voláteis.  
 E ( ) Sais que apresentam cátions ou ânions relativamente grandes devem se comportar como líquidos iônicos.

**Resolução: alternativa E**

A) Incorreta. De acordo com o texto, líquidos iônicos, ou sais que fundem à temperatura ambiente, são compostos iônicos que apresentam temperatura de fusão abaixo de 100 °C, como a temperatura de fusão do NaCl é superior a 100 °C, ele não pode ser definido como um líquido iônico.

B) Incorreta. CH<sub>3</sub>COOH anidro não pode ser definido como um líquido iônico, pois é um composto molecular.



C) Incorreta. A condutividade específica de líquidos iônicos não é equivalente à da água, pois a água é um eletrólito fraco, ou seja, ioniza muito pouco.

D) Incorreta. A pressão de vapor de líquidos iônicos é muito menor do que a de solventes orgânicos voláteis, pois as forças eletrostáticas existentes entre os íons são muito maiores do que as forças intermoleculares existentes nos solventes orgânicos voláteis.

E) Correta. Sais que apresentam cátions ou ânions relativamente grandes devem se comportar como líquidos iônicos, pois as forças atrativas serão menores, ou seja, quanto maior o raio iônico, menor a força eletrostática atrativa.

$$F = k \times \frac{q_{\text{Cátion}} \times q_{\text{ânion}}}{d^2}$$

Quanto maior o raio, maior d e menor F.

$$F \downarrow = k \times \frac{q_{\text{Cátion}} \times q_{\text{ânion}}}{d^2 \uparrow}$$



**Questão 67.** Considere as seguintes transformações:

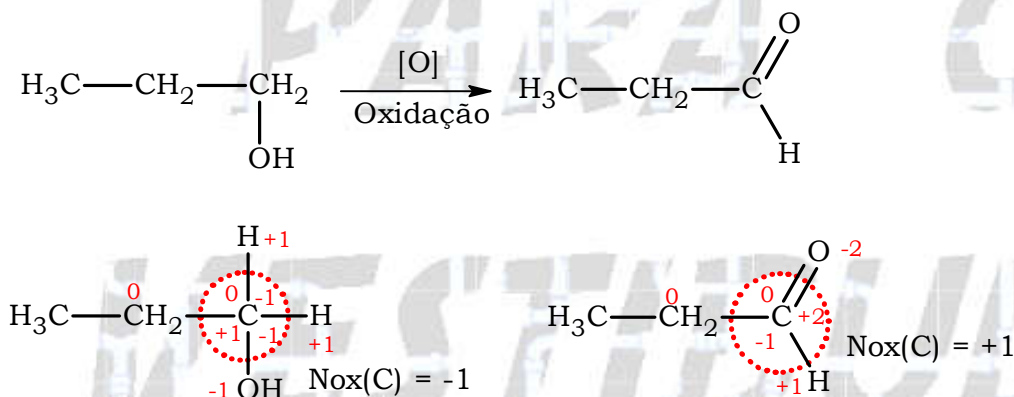
- I. Conversão de propanol em propanal;
- II. Conversão de bromometano em metanol;
- III. Conversão de etino em eteno;
- IV. Reação de propanal em presença de íons prata;
- V. Conversão de metano em bromometano.

As reações envolvidas em cada uma das transformações de I a V podem ser classificadas como de oxidação, redução, ou outra. Assinale a opção que contém corretamente o tipo de reação envolvida, do ponto de vista da molécula orgânica, em cada uma das transformações de I a V, respectivamente.

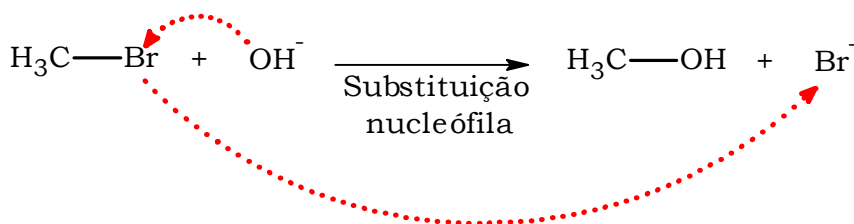
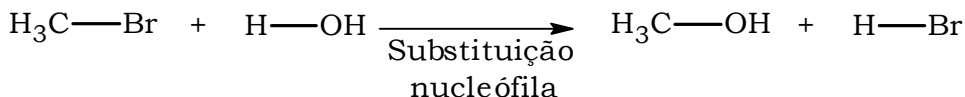
- A ( ) Oxidação, redução, oxidação, oxidação, outra.
- B ( ) Redução, outra, redução, outra, outra.
- C ( ) Oxidação, outra, redução, oxidação, oxidação.
- D ( ) Redução, oxidação, outra, outra, oxidação.
- E ( ) Oxidação, oxidação, redução, oxidação, outra.

**Resolução: alternativa C**

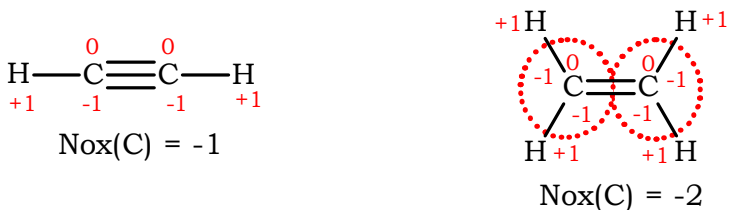
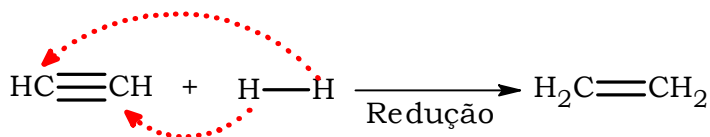
I. Conversão de propanol em propanal:



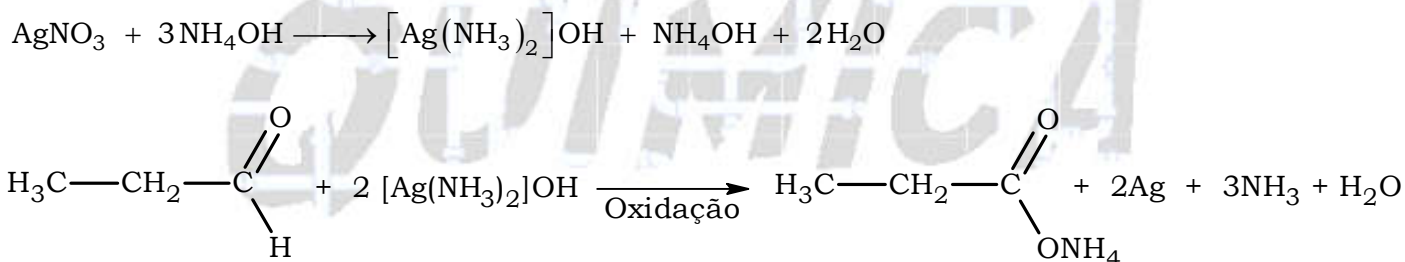
II. Conversão de bromometano em metanol:



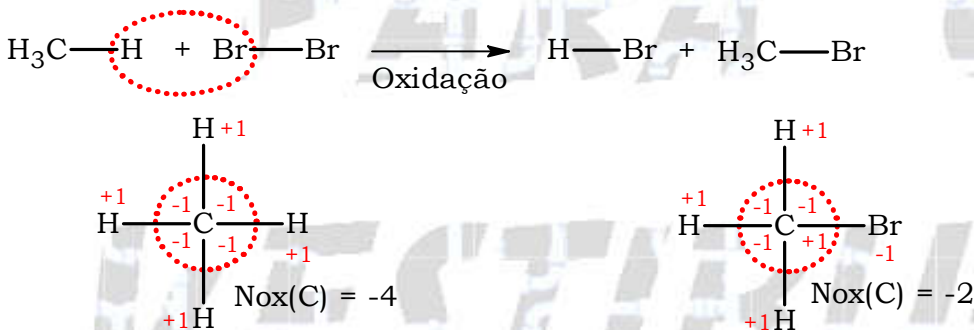
III. Conversão de etino em eteno:



IV. Reação de propanal em presença de íons prata (com reativo de Tollens que é uma solução amoniacal de nitrato de prata na qual os íons prata sofrem redução e o aldeído sofre oxidação):



V. Conversão de metano em bromometano:



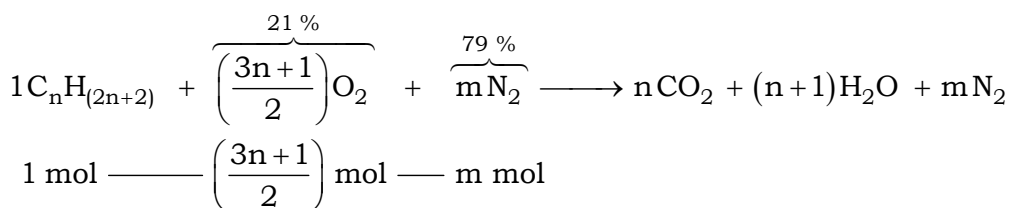
**Questão 68.** Considerando que o ar é composto aproximadamente de 21 % de O<sub>2</sub> e 79 % de N<sub>2</sub> em volume, tem-se que a razão molar ar/combustível da combustão completa de um determinado alcano é igual a 59,5. A partir desse dado, assinale a alternativa que corresponde à soma dos coeficientes estequiométricos de todas as substâncias presentes nessa reação.

- A ( ) 30,5
- B ( ) 55,5
- C ( ) 82,0
- D ( ) 112,0
- E ( ) 124,5

**Resolução: alternativa E**

A razão molar ar/combustível da combustão completa de um determinado alcano é igual a 59,5.

$$\frac{n_{\text{ar}}}{n_{\text{alcano}}} = \frac{59,5}{1} \Rightarrow n_{\text{ar}} = 59,5 \text{ mol}; n_{\text{alcano}} = 1$$



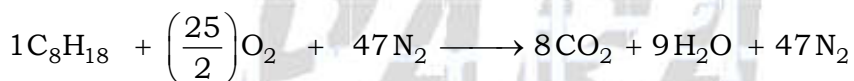
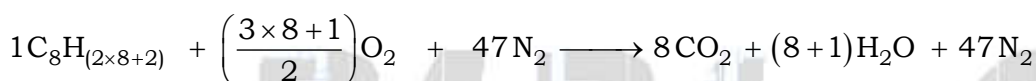
$$\frac{3n+1}{2} = \frac{21}{100} \times 59,5$$

$$3n = \left(\frac{21}{100} \times 59,5\right) \times 2 - 1$$

$$n = 7,99 \approx 8$$

$$m = \frac{79}{100} \times 59,5 \approx 47$$

Substituindo, vem :



$$\text{Soma dos coeficientes: } 1 + \frac{25}{2} + 47 + 8 + 9 + 47 = 124,5$$

**Questão 69.** Considere que o ar seco ao nível do mar é composto de  $4 \times 10^{-2}$  % (em volume) de  $\text{CO}_2$ . Sejam dadas a constante da lei de Henry para o  $\text{CO}_2$  e a constante da primeira dissociação do ácido carbônico, respectivamente,  $K_H = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$  e  $K_a = 1 \times 10^{-6,4}$ . Assinale a opção que apresenta a concentração em  $\text{mol.L}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  dissolvido e o pH de uma amostra de água desionizada, após a mesma entrar em equilíbrio com o ar atmosférico.

A ( )  $10^{-2}$  e 6,4

B ( )  $10^{-5}$  e 5,7

C ( )  $10^{-5}$  e 6,4

D ( )  $10^{-7}$  e 5,7

E ( )  $10^{-7}$  e 6,4

**Resolução: alternativa B**

De acordo com a Lei de Henry:

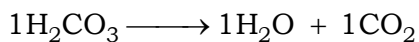
$$K_H = \frac{[\text{CO}_2]}{p_{\text{CO}_2}} \Rightarrow [\text{CO}_2] = K_H \times p_{\text{CO}_2}$$

$$4 \times 10^{-2} \% \text{ em volume} = 4 \times 10^{-2} \% \text{ em pressão} = \frac{4 \times 10^{-2}}{100} = 4 \times 10^{-4}$$

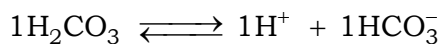
$$K_H = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$$

$$[\text{CO}_2] = K_H \times p_{\text{CO}_2}$$

$$[\text{CO}_2] = 2,5 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-4} = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$



$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = [\text{CO}_2] = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$



$$10^{-5} \quad 0 \quad 0 \quad (\text{início; mol.L}^{-1})$$

$$-x \quad +x \quad +x \quad (\text{durante; mol.L}^{-1})$$

$$\underbrace{(10^{-5} - x)}_{\approx 10^{-5}} \quad +x \quad +x \quad (\text{equilíbrio; mol.L}^{-1})$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$K_a = 1 \times 10^{-6,4}$$

$$1 \times 10^{-6,4} = \frac{x \times x}{10^{-5}}$$

$$x^2 = 10^{-11,4}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{10^{-11,4}}$$

$$x = [\text{H}^+] = 10^{-5,7} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

$$\text{pH} = -\log 10^{-5,7}$$

$$\text{pH} = 5,7$$

**Questão 70.** Considere os seguintes experimentos e suas respectivas observações:

**I.** A uma solução de nitrato de prata é adicionada uma solução de cloreto de sódio, com a formação de um precipitado.

**II.** O precipitado obtido em (I) é filtrado e misturado a hidróxido de sódio sólido, com um pouco de água. A mistura é aquecida, produzindo um sólido marrom escuro.

**III.** O sólido preparado em (II) é aquecido junto a uma solução concentrada de glicose, formando um sólido cinzento.

Assinale a alternativa que apresenta corretamente os sólidos produzidos em I, II e III, respectivamente.

A ( ) AgCl, Ag<sub>2</sub>O, Ag

B ( ) Ag, AgOH, Ag

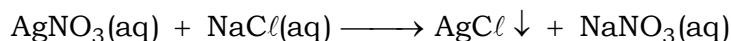
C ( ) AgCl, AgOH, AgO

D ( ) AgCl, Ag<sub>2</sub>O, Ag<sub>2</sub>C<sub>2</sub>

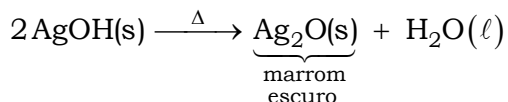
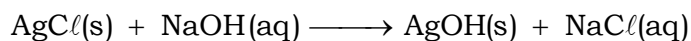
E ( ) AgCl, AgO, Ag<sub>2</sub>C<sub>2</sub>

**Resolução: alternativa A**

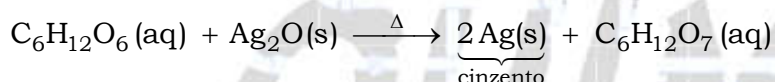
**I.** A uma solução de nitrato de prata é adicionada uma solução de cloreto de sódio, com a formação de precipitado.



**II.** O  $\text{AgCl}(\text{s})$  obtido em (I) é filtrado e misturado a hidróxido de sódio sólido, com um pouco de água. A mistura é aquecida, produzindo um sólido marrom escuro.



**III.** O  $\text{Ag}_2\text{O}(\text{s})$  é aquecido junto a uma solução concentrada de glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), formando um sólido cinzento.



**SEGUNDA FASE**

**QUÍMICA**

**CONSTANTES**

Constante de Avogadro =  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Faraday (F) =  $9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Volume molar de gás ideal = 22,4 L (CNTP)

Carga elementar =  $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante dos gases (R) =  $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; (R) =  $8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

(R) =  $1,98 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Constante gravitacional =  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Constante de Planck (h) =  $6,63 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Velocidade da luz no vácuo =  $3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Número de Euler (e) = 2,72

**DEFINIÇÕES**

Pressão:  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01325 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia:  $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 6,24 \times 10^{18} \text{ eV}$

$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ;  $\ln 2 = 0,693$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP):  $0^\circ\text{C}$  e 760 mmHg.

Condições ambientes:  $25^\circ\text{C}$  e 1 atm.

Condições –padrão:  $25^\circ\text{C}$ , 1 bar; concentrações das soluções =  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.

(s) = sólido cristalino; (l) = líquido; (g) = gás; (aq) = aquoso; (ua) = unidades arbitrárias;  
 u.m.a. = unidade de massa atômica; [X] = concentração da espécie química X em mol.L<sup>-1</sup>.  
 $\ln X = 2,3 \log X$

Elemento químico	Número atômico	Massa molar (g.mol <sup>-1</sup> )
H	1	1,01
C	6	12,01
N	7	14,01
O	8	16,00
Na	11	22,99
P	15	30,97
S	16	32,06
Cl	17	35,45
K	19	39,10
Cr	24	52,00
Fe	26	55,85
Zn	30	65,38
I	53	126,90

**AS QUESTÕES NUMÉRICAS DEVEM SER DESENVOLVIDAS SEQUENCIALMENTE ATÉ O FINAL.**

**Questão 1.** Para uma reação reversível de uma etapa  $2A + B \rightleftharpoons C + D$ , a constante de velocidade para a reação direta,  $k_1$ , é de  $406 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , e a constante de velocidade para a reação inversa,  $k_{-1}$ , é de  $244 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$ . A energia de ativação para a reação direta é de  $26,2 \text{ kJ mol}^{-1}$  ( $E_{a,direta}$ ), e para a reação inversa é de  $42,4 \text{ kJ mol}^{-1}$  ( $E_{a,inversa}$ ).

- a)** Desenhe um diagrama de energia para essa reação, apresentando os valores de (i)  $\Delta E$ , (ii)  $E_{a,d}$ , e (iii)  $E_{a,i}$ .
- b)** Discuta o efeito de elevação da temperatura na constante de velocidade direta ( $k_1$ ) e inversa ( $k_{-1}$ ).
- c)** Calcule a constante de equilíbrio (K) e descreva o efeito de elevação de temperatura.

**Resolução:**

**a)** O complexo ativado (C.A.) da reação direta é igual ao complexo ativado da reação inversa.

$$E_{C.A.} = x$$

$$E_{a,direta} = 26,2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$H_{\text{reagentes da direta}} = H_{\text{reagentes}} = (x - 26,2) \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E_{a,inversa} = 42,4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

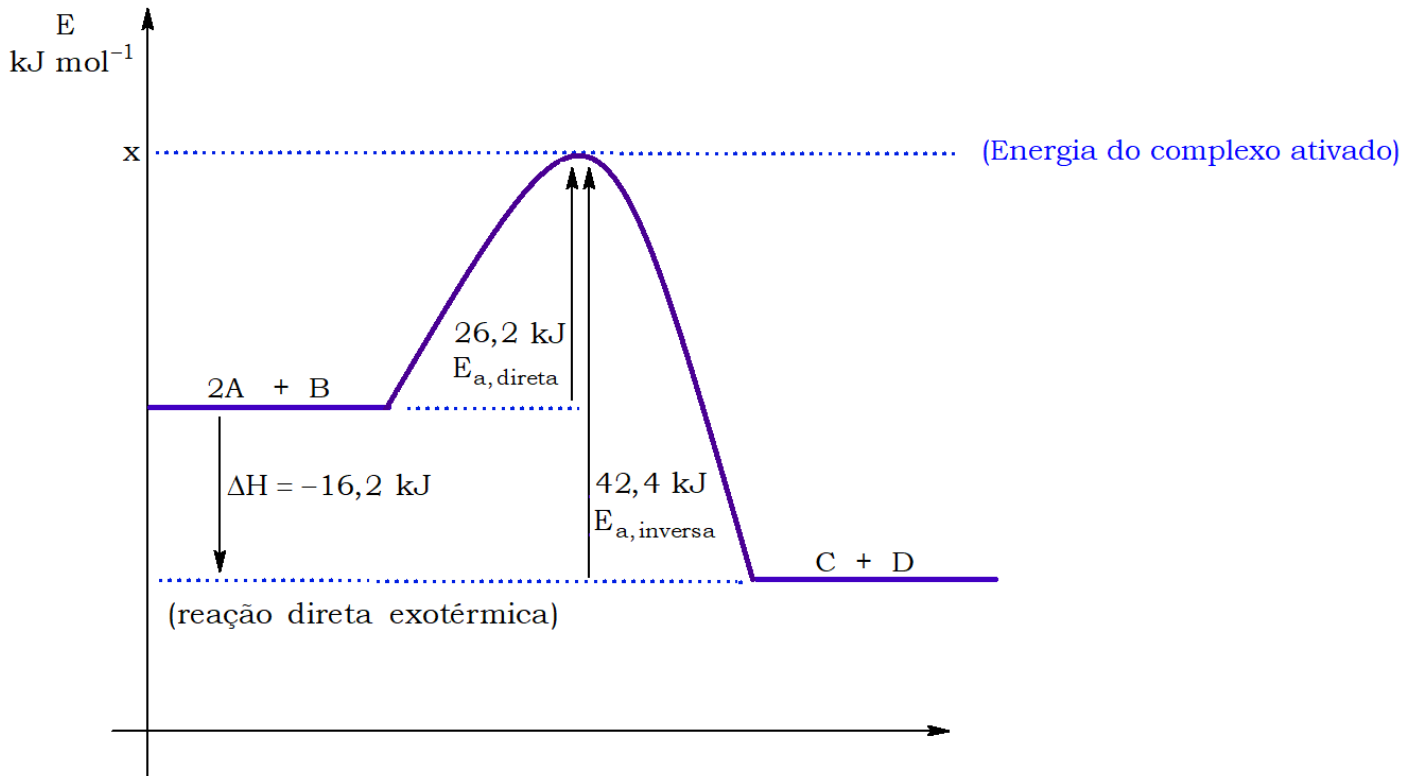
$$H_{\text{reagentes da inversa}} = H_{\text{produtos}} = (x - 42,4) \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}} = [(x - 42,4) - (x - 26,2)] \text{ kJ mol}^{-1} = (x - 42,4 - x + 26,2) \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H = -16,2 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ (reação direta exotérmica)}$$

$$\Delta H < 0 \text{ (reação direta exotérmica)}$$

Gráfico:



**b)** As constantes da reação direta ( $k_1$ ) e inversa ( $k_{-1}$ ) podem ser expressas na equação de Arrhenius.

$k$ : constante da velocidade da reação

$A$ : constante de probabilidade de choques

$E_{\text{at}}$ : energia de ativação

$R$ : constante dos gases

$T$ : temperatura absoluta

$$k = A \times e^{\left(\frac{-E_{\text{at}}}{R \times T}\right)} \Rightarrow k = \frac{A}{e^{\left(\frac{-E_{\text{at}}}{R \times T}\right)}}$$

$$k_1 = \frac{A}{e^{\left(\frac{-26,2}{R \times T}\right)}}$$

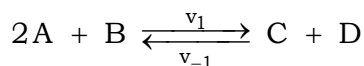
Elevação da temperatura  $T$ :  $k_1$  aumenta.

$$\uparrow k_1 = \frac{A}{\downarrow e^{\left(\frac{-26,2}{R \times T \uparrow}\right)}}$$

Elevação da temperatura  $T$ :  $k_{-1}$  aumenta.

$$\uparrow k_{-1} = \frac{A}{\downarrow e^{\left(\frac{-42,4}{R \times T \uparrow}\right)}}$$

c) Cálculo da constante de equilíbrio (K):



$$v_1 = k_1 [A]^2 \times [B]^1$$

$$v_{-1} = k_{-1} [C]^1 \times [D]^1$$

$$v_1 = v_{-1}$$

$$k_1 [A]^2 \times [B]^1 = k_{-1} [C]^1 \times [D]^1$$

$$\frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{[C]^1 \times [D]^1}{[A]^2 \times [B]^1} = K$$

$$K = \frac{k_1}{k_{-1}}$$

$$K = \frac{406 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}}{244 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}} = 1,6639344$$

$$K = 1,66$$

De acordo com o princípio de Le Chatelier, quando se adiciona energia térmica ao sistema, esta é utilizada e ocorre variação na posição do equilíbrio.

De acordo com Van't Hoff:

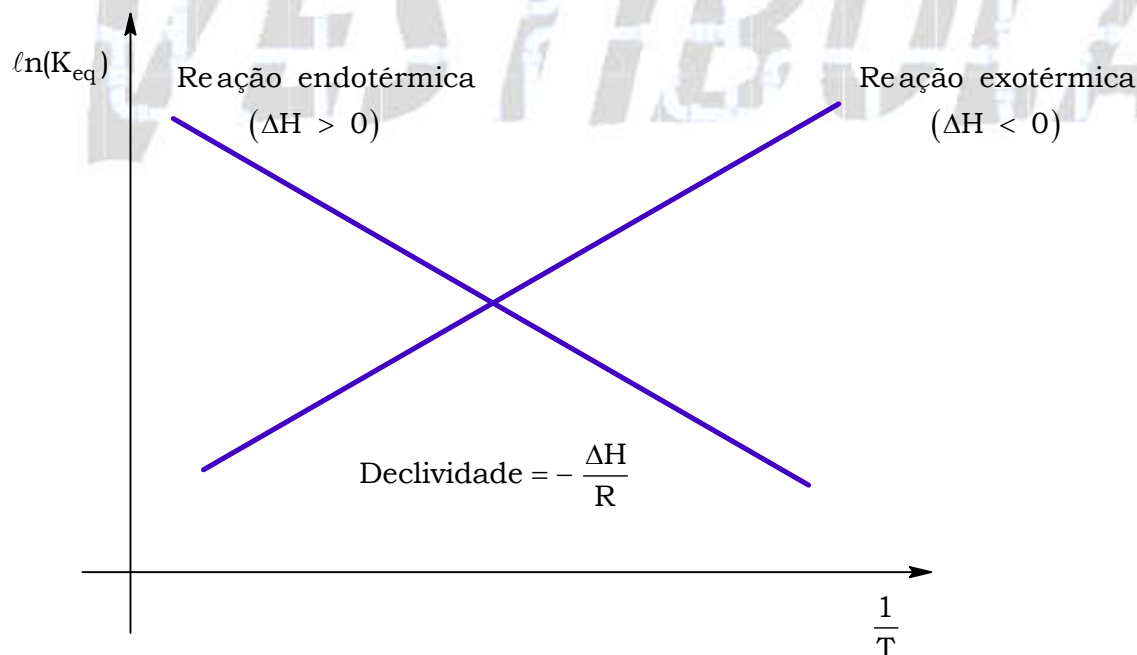
$$\ln(K_{\text{equilíbrio}}) = \text{constante} - \frac{\Delta H_{\text{reação}}}{R \times T}$$

$$\underbrace{\ln(K_{\text{eq}})}_y = b - \underbrace{\frac{\Delta H_{\text{reação}}}{R}}_a \times \underbrace{\frac{1}{T}}_x \quad (\text{equação de uma reta; } y = -ax + b)$$

a : declividade

$\Delta H_{\text{reação}} > 0 \Rightarrow$  Reação endotérmica (inclinação negativa)

$\Delta H_{\text{reação}} < 0 \Rightarrow$  Reação exotérmica (inclinação positiva)





Se a temperatura sofrer elevação,  $\frac{1}{T}$  diminuirá.

$$T' > T$$

$$\ln(K_{\text{eq}}) = b - \underbrace{\frac{\Delta H_{\text{reação}}}{R}}_m \times \left(\frac{1}{T}\right)$$

$$\ln(K'_{\text{eq}}) = b - \underbrace{\frac{\Delta H_{\text{reação}}}{R}}_{m'} \times \left(\frac{1}{T'}\right)$$

$$m' < m$$

$$\left. \begin{array}{l} K_{\text{eq}} = e^m \\ K'_{\text{eq}} = e^{m'} \end{array} \right\} K'_{\text{eq}} < K_{\text{eq}}$$

Conclusão: o efeito da elevação de temperatura provocará a diminuição da constante de equilíbrio.

**Questão 2.** Os biodigestores possibilitam o reaproveitamento de detritos convertendo material orgânico em metano, que é utilizado como combustível em sistemas de geração de energia. Um laticínio utiliza a queima do metano para aquecer 1 m<sup>3</sup>/h de água, de 25 °C a 100 °C em uma caldeira que opera a 1 atm. Sabendo-se que 25 % do calor produzido no processo é perdido e que, nessas condições, a combustão completa do metano produz água líquida, determine

- a entalpia molar da combustão do metano;
- a taxa de calor necessária para aquecer a água;
- a vazão de metano, em kg/h, que deve alimentar a caldeira.

Dados:

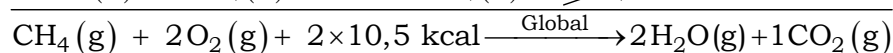
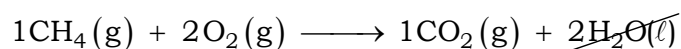
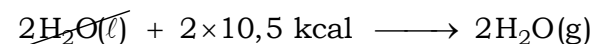
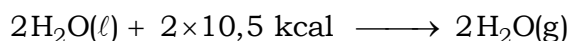
$$\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4(\text{g})) = -17,9 \text{ kcal mol}^{-1}; \quad \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) = -94,1 \text{ kcal mol}^{-1};$$

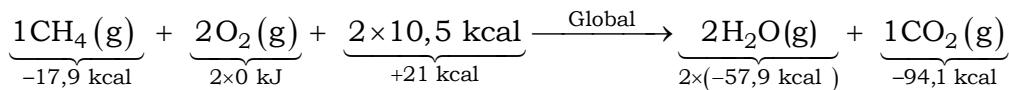
$$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = -57,9 \text{ kcal mol}^{-1}; \quad \Delta H_{\text{eb}}^\circ(\text{H}_2\text{O}(\ell)) = -10,5 \text{ kcal mol}^{-1};$$

$$c_p^\circ(\text{H}_2\text{O}(\ell)) = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}; \quad \rho(\text{H}_2\text{O}(\ell)) = 1 \text{ g cm}^{-3}$$

**Resolução:**

- Cálculo da entalpia molar da combustão do metano:





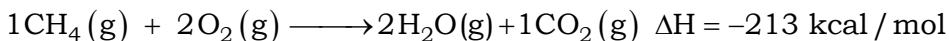
$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta H = [2 \times (-57,9 \text{ kcal}) + (-94,1 \text{ kcal})] - [-17,9 \text{ kcal} + 0 \text{ kJ} + 21 \text{ kcal}]$$

$$\Delta H = (-115,8 - 94,1 + 17,9 - 21) \text{ kcal}$$

$$\Delta H = -213 \text{ kcal}$$

Conclusão :



**b)** Cálculo da taxa de calor necessária para aquecer a água:

Em 1 hora :

$$\rho(\text{H}_2\text{O}(\ell)) = 1 \text{ g cm}^{-3} = 1000 \text{ g L}^{-1}$$

$$1 \text{ m}^3 (\text{H}_2\text{O}(\ell)) = 1000 \text{ L}$$

$$1000 \text{ g } (\text{H}_2\text{O}(\ell)) \text{ ————— } 1 \text{ L}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}(\ell)} \text{ ————— } 1000 \text{ L}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}(\ell)} = \frac{1000 \text{ g} \times 1000 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 1.000.000 \text{ g}$$

$$c_p^{\circ}(\text{H}_2\text{O}(\ell)) = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} - 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = m_{\text{H}_2\text{O}(\ell)} \times c_p^{\circ}(\text{H}_2\text{O}(\ell)) \times \Delta T$$

$$Q = 1.000.000 \text{ g} \times 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \times 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 75.000.000 \text{ cal} = 75.000 \text{ kcal}$$

$$\text{Taxa} = 75.000 \text{ kcal/h}$$

**c)** Cálculo da vazão de metano, em kg/h, que deve alimentar a caldeira:

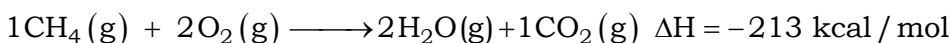
Em 1 hora :

$$\text{CH}_4 = 12,01 + 4 \times 1,01 = 16,01 \Rightarrow M_{\text{CH}_4} = 16,05 \text{ g}$$

25 % do calor produzido no processo é perdido, então 75 % é aproveitado pela caldeira.

$$\frac{75}{100} \times Q_{\text{Gerado pela combustão}} = 75.000 \text{ kcal}$$

$$Q_{\text{Gerado pela combustão}} = \frac{75.000 \text{ kcal} \times 100}{75} = 100.000 \text{ kcal}$$



$$16,05 \text{ g} \text{ ————— } 213 \text{ kcal gerados}$$

$$m_{\text{CH}_4} \text{ ————— } 100.000 \text{ kcal gerados pela combustão}$$

$$m_{\text{CH}_4} = \frac{16,05 \text{ g} \times 100.000 \text{ kcal}}{213 \text{ kcal}} = 7535,2112 \text{ g} = 7,53 \times 10^3 \text{ g}$$

$$m_{\text{CH}_4} = 7,53 \text{ kg}$$

$$\text{Vazão do CH}_4 = 7,53 \text{ kg/h}$$

**Questão 3.** A obtenção de biodiesel a partir de óleos vegetais (triacilgliceróis) é uma alternativa para a produção de combustíveis menos poluentes, sendo possível catalisar a reação com um ácido ou uma base.

Escreva a equação química balanceada que representa a reação

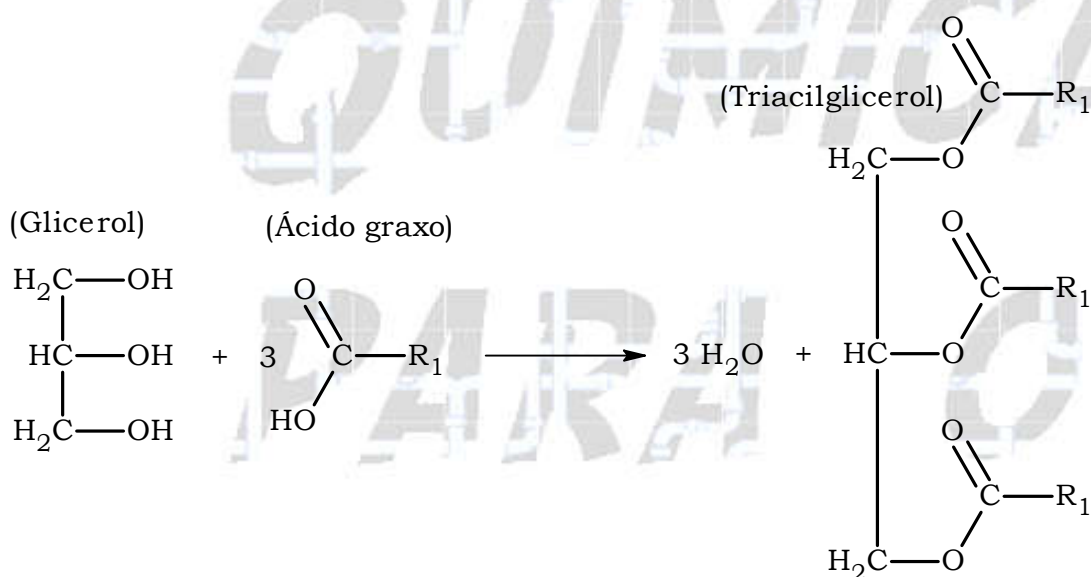
**a)** de obtenção de triacilglicerol a partir de glicerol e ácido graxo com cadeia alquílica representada por  $R_1$ .

**b)** de obtenção de biodiesel a partir do triacilglicerol obtido em **(a)** e etanol.

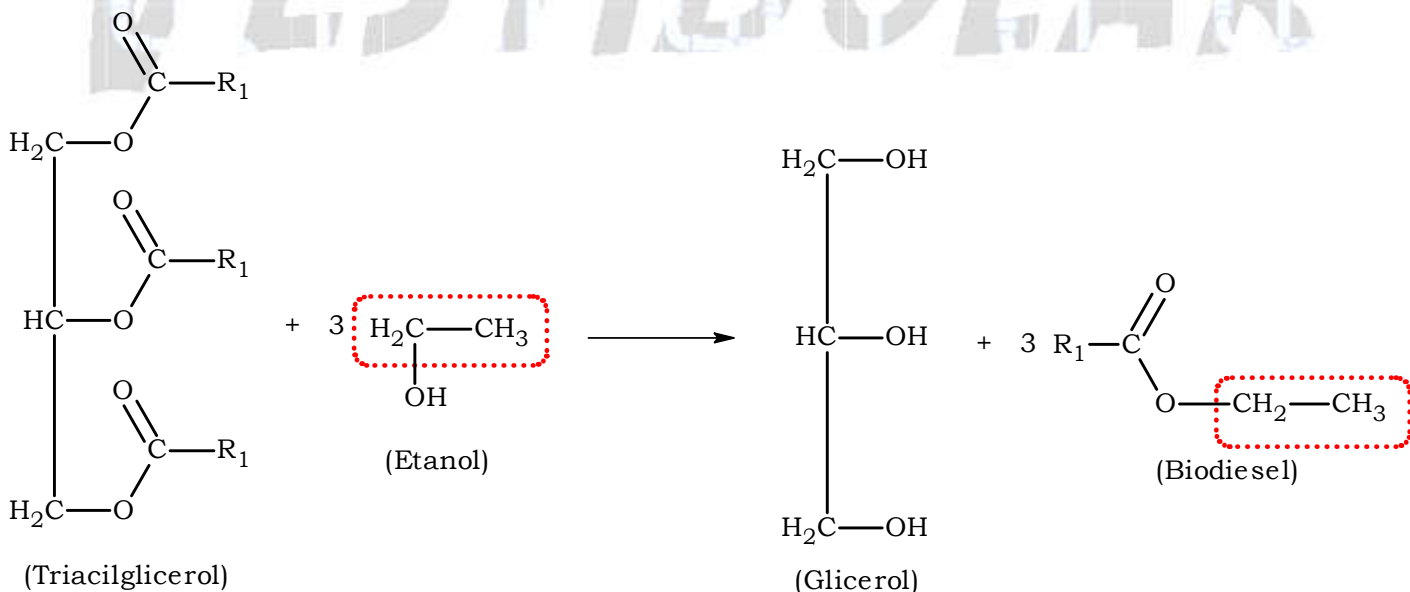
**c)** paralela e indesejada que poderia ocorrer se, na reação descrita em **(b)**, fosse utilizado hidróxido de sódio como catalisador, tendo também a presença de água na reação.

**Resolução:**

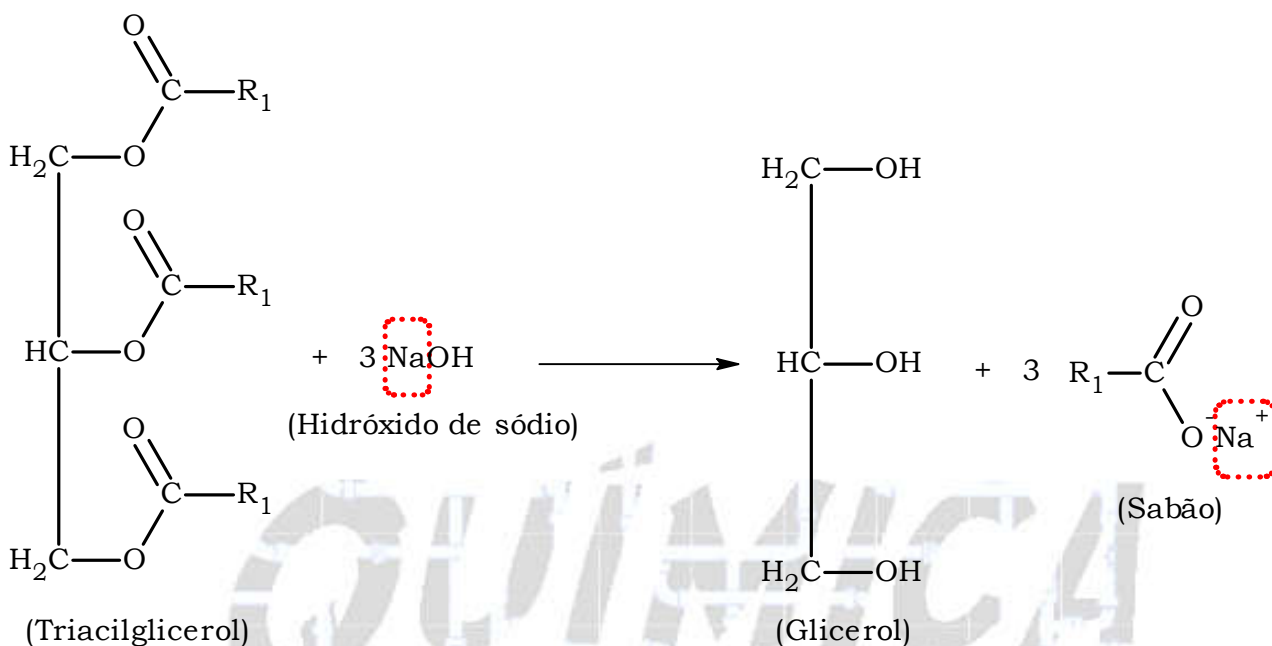
**a)** Equação química balanceada que representa a reação de obtenção de triacilglicerol a partir de glicerol e ácido graxo com cadeia alquílica representada por  $R_1$  :



**b)** Equação química balanceada que representa a reação de obtenção de biodiesel a partir do triacilglicerol obtido em **(a)** e etanol.



c) Equação química balanceada que representa a reação paralela e indesejada (saponificação) que poderia ocorrer se, na reação descrita em (b), fosse utilizado hidróxido de sódio como catalisador, tendo também a presença de água na reação:



**Questão 4.** Uma barra de zinco foi soldada a um tubo de ferro fundido para protegê-lo contra a corrosão, estando ambos enterrados no solo. Sabendo que uma corrente constante de 0,02 A escoa entre os dois, responda:

- Qual é a semirreação que ocorre na superfície da barra de zinco?
- Como a reação descrita em (a) atua para proteger o ferro contra corrosão?
- Como se chama este sistema de proteção contra a corrosão?
- Qual deve ser a massa do metal consumida em 10 anos?

**Resolução:**

- Semirreação de oxidação que ocorre na superfície da barra de zinco:  $\text{Zn}^0 \longrightarrow 2\text{e}^- + \text{Zn}^{2+}$ .
- A reação descrita em (a) atua para proteger o ferro contra corrosão disponibilizando elétrons para o ferro oxidado, ou seja, o zinco atua como um eletrodo ou anodo de sacrifício.
- Nome do sistema de proteção contra a corrosão: proteção catódica passiva ou proteção catódica ou proteção galvânica. O tubo de ferro fundido se torna um catodo e a barra de zinco soldada nele se torna um anodo.
- Cálculo da massa do metal consumida em 10 anos:

$$\text{Zn} = 65,38; M_{\text{Zn}} = 65,38 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Constante de Faraday (F)} = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$i = 0,02 \text{ A}$$

$$t = 10 \text{ anos} = 10 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}$$

$$Q = i \times t$$

$$Q = 0,02 \text{ A} \times 10 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s} = 0,02 \times 10 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ C}$$

$$\text{Zn}^0 \longrightarrow 2e^- + \text{Zn}^{2+}$$

$$65,38 \text{ g} \longrightarrow 2 \times 9,65 \times 10^4 \text{ C}$$

$$m_{\text{Zn}} \longrightarrow 0,02 \times 10 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ C}$$

$$m_{\text{Zn}} = \frac{65,38 \text{ g} \times 0,02 \times 10 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ C}}{2 \times 9,65 \times 10^4 \text{ C}} = \frac{65,38 \text{ g} \times 0,01 \times 1 \times 365 \times 2,4 \times 6 \times 6 \text{ C}}{9,65 \text{ C}}$$

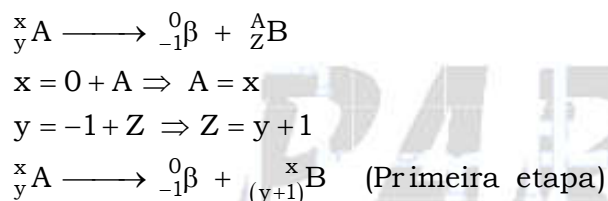
$$m_{\text{Zn}} = 2136,6047 \text{ g}$$

$$m_{\text{Zn}} = 2136,60 \text{ g}$$

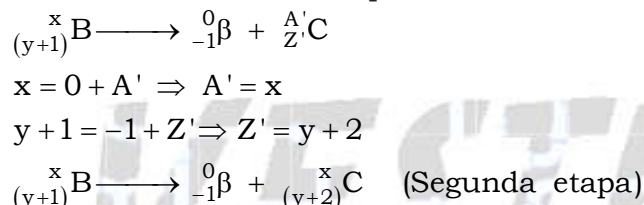
**Questão 5.** A partir do isótopo  ${}^x_y\text{A}$  ocorrem três processos sucessivos de decaimento radioativo que levam à formação do isótopo final D. A partir de  ${}^x_y\text{A}$  há emissão de uma partícula beta, produzindo o nuclídeo B. Este, por sua vez, libera uma partícula beta formando o nuclídeo C. O nuclídeo D é produzido a partir de C por meio de emissão de uma partícula alfa. Escreva as equações nucleares dessas três etapas, fornecendo os números de massa e atômico dos nuclídeos B, C e D em função de x e y. Esboce um gráfico da quantidade de cada nuclídeo em função do tempo até a produção de D e o consumo de todos os demais nuclídeos. Considere que a constante de velocidade é a mesma em todas as etapas.

**Resolução:**

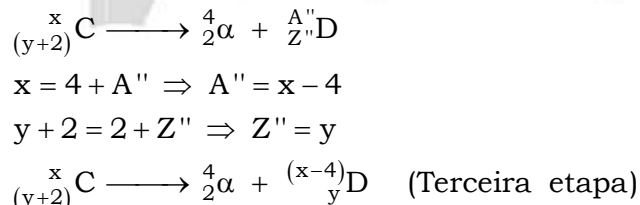
A partir de  ${}^x_y\text{A}$  há emissão de uma partícula beta, produzindo o nuclídeo B:



O nuclídeo B libera uma partícula beta formando o nuclídeo C:



O nuclídeo D é produzido a partir de C por meio de emissão de uma partícula alfa:



De acordo com as equações de Bateman, para o decaimento de uma série radioativa, teremos:

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 \times N_1$$

$$\frac{dN_i}{dt} = \lambda_{(i-1)} \times N_{(i-1)} - \lambda_i \times N_i \quad (i = 2, n)$$

N: quantidade de nuclídeos

$\lambda$ : constante de velocidade

Aplicando as equações para os núclídeos A, B, C e D, vem:

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 \times N_1 \Rightarrow \frac{dN_A}{dt} = -\lambda_1 \times N_A$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_{(2-1)} \times N_{(2-1)} - \lambda_2 \times N_2 \Rightarrow \frac{dN_B}{dt} = \lambda_1 \times N_A - \lambda_2 \times N_B$$

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_{(3-1)} \times N_{(3-1)} - \lambda_3 \times N_3 \Rightarrow \frac{dN_C}{dt} = \lambda_2 \times N_B - \lambda_3 \times N_C$$

$$\frac{dN_4}{dt} = \lambda_{(4-1)} \times N_{(4-1)} - \lambda_4 \times N_4 \Rightarrow \frac{dN_D}{dt} = \lambda_3 \times N_C - \cancel{\lambda_4 \times N_D}$$

~~Não decaiu~~

A constante de velocidade é a mesma em todas as equações ( $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda$ ).

Então:

$$\frac{dN_A}{dt} = -\lambda \times N_A$$

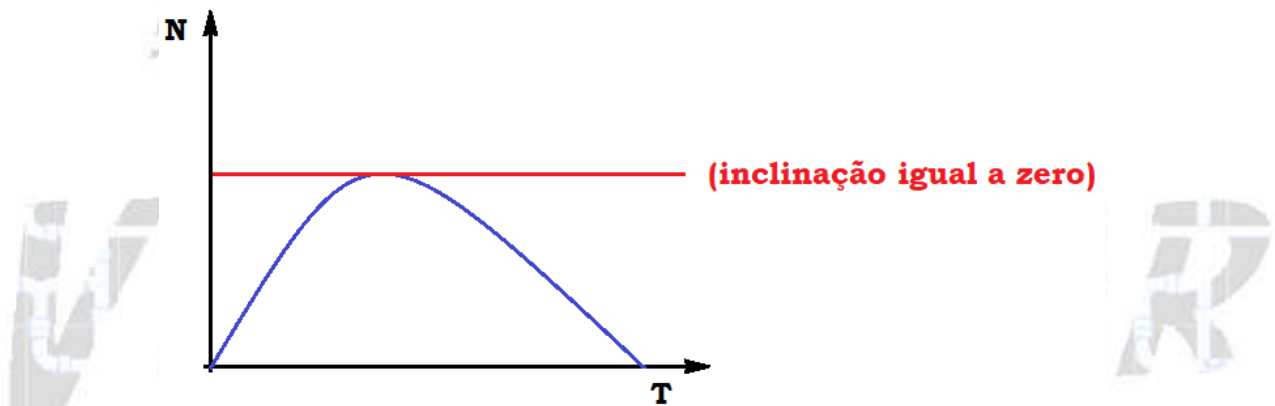
$$\frac{dN_B}{dt} = \lambda \times N_A - \lambda \times N_B$$

$$\frac{dN_C}{dt} = \lambda \times N_B - \lambda \times N_C$$

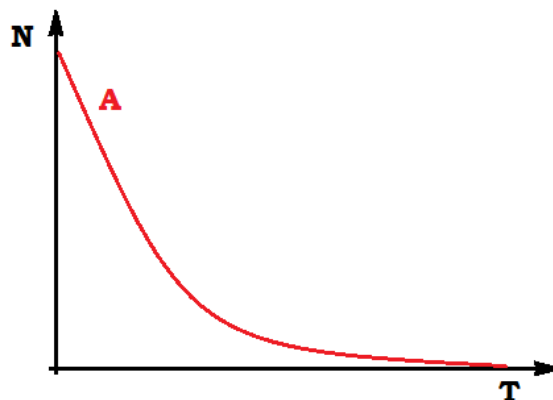
$$\frac{dN_D}{dt} = \lambda \times N_C$$

As equações anteriores representam derivadas (velocidades instantâneas).

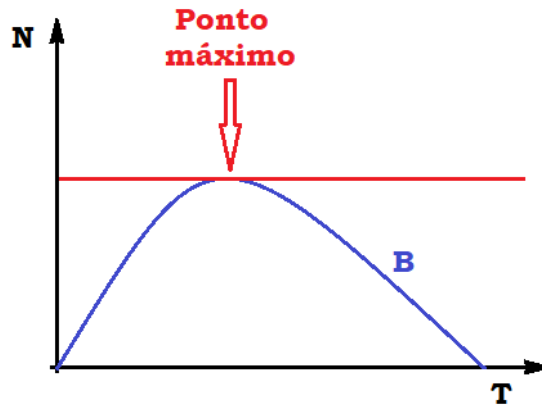
No ponto máximo de uma curva, a derivada (ou inclinação da reta) será igual a zero:



O núclídeo A sofre decaimento de ordem 1:



O nuclídeo B será produzido (curva crescente) e depois consumido (curva decrescente):



No ponto máximo a inclinação será igual a zero:

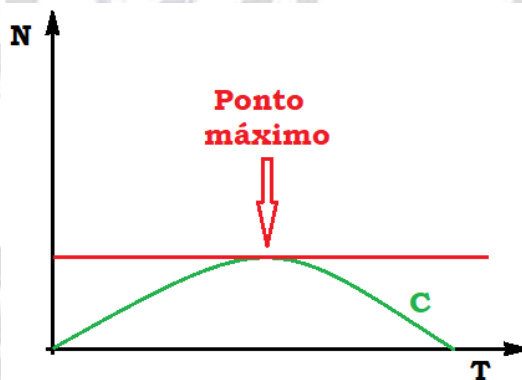
$$\underbrace{\frac{dN_B}{dt}}_{\text{Inclinação}} = \lambda \times N_A - \lambda \times N_B$$

$$0 = \lambda \times N_A - \lambda \times N_B$$

$$\lambda \times N_A = \lambda \times N_B$$

$$N_A = N_B$$

O nuclídeo C será produzido em menor quantidade do que o nuclídeo B (curva crescente) e depois consumido (curva decrescente):



No ponto máximo a inclinação será igual a zero:

$$\underbrace{\frac{dN_C}{dt}}_{\text{Inclinação}} = \lambda \times N_B - \lambda \times N_C$$

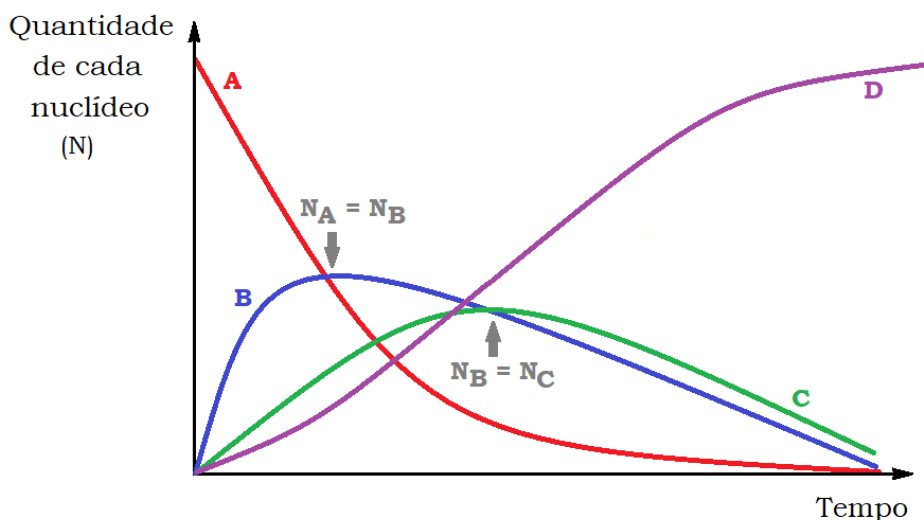
$$0 = \lambda \times N_B - \lambda \times N_C$$

$$\lambda \times N_B = \lambda \times N_C$$

$$N_B = N_C$$

A quantidade do nuclídeo D será crescente e apresentará “oscilações” devido ao comportamento dos outros nuclídeos.

Esboço do gráfico (genérico):



**Questão 6.** A reação de isomerização do cis-2-buteno para formar o isômero trans-2-buteno, que é mais estável por  $4 \text{ kJ mol}^{-1}$ , ocorre em fase gasosa em uma única etapa com energia de ativação de  $264 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Essa reação ocorre de forma muito mais rápida quando assistida por iodo molecular em fase gasosa como catalisador. A lei de velocidade da reação catalisada é dada por

$$\text{velocidade} = k[\text{cis-2-buteno}][\text{I}_2]^{\frac{1}{2}}$$

O mecanismo proposto para a reação catalisada é baseado em cinco etapas:

- I. As moléculas de iodo se dissociam para formar átomos de iodo com energia de dissociação igual a  $75 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;
- II. Um dos átomos de iodo é adicionado a um dos átomos de carbono que tem ligação dupla, quebrando essa ligação para formar uma ligação simples C—C. O sistema molecular formado encontra-se a  $118 \text{ kJ mol}^{-1}$  acima dos reagentes;
- III. Uma das extremidades da molécula sofre torção livre em relação à outra extremidade. A energia do sistema molecular após a torção continua a  $118 \text{ kJ mol}^{-1}$  acima dos reagentes;
- IV. O átomo de iodo ligado ao carbono dissocia-se do sistema molecular intermediário e a ligação dupla é formada novamente no isômero trans. Esse processo libera  $47 \text{ kJ mol}^{-1}$  de energia;
- V. Os átomos de iodo se recombinam para formar o iodo molecular, liberando  $75 \text{ kJ mol}^{-1}$  de energia.

Baseado nessas informações:

**a)** esboce em uma mesma figura os perfis de energia para a reação de isomerização do cis-2-buteno com e sem a presença de catalisador. Deixe claro, usando diferentes notações, os dois perfis e os valores das energias envolvidas;

**b)** escreva as reações químicas que ocorrem em cada etapa da reação catalisada para formar a reação global.



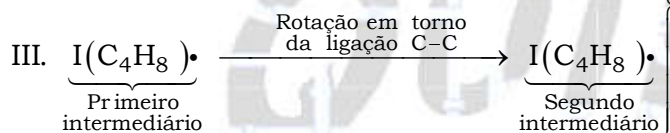
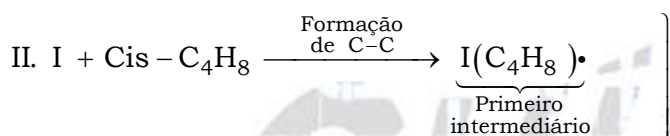
**Resolução:**

a) velocidade =  $k[\text{cis-2-buteno}][\text{I}_2]^{\frac{1}{2}}$

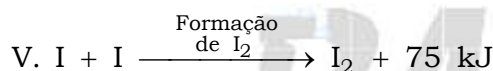
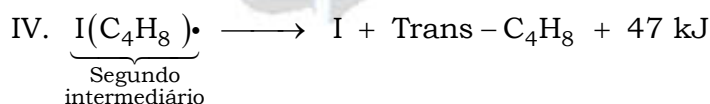
A presença de  $[\text{I}_2]^{\frac{1}{2}}$  na fórmula da lei de velocidade da reação, indica que ocorre a dissociação da molécula de iodo ( $\text{I}_2$ ) em uma etapa anterior àquela que determina a velocidade do processo.

De acordo com o texto (em fase gasosa): cis-2-buteno forma o isômero trans-2-buteno (mais estável por  $4 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) em uma única etapa com energia de ativação de  $264 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

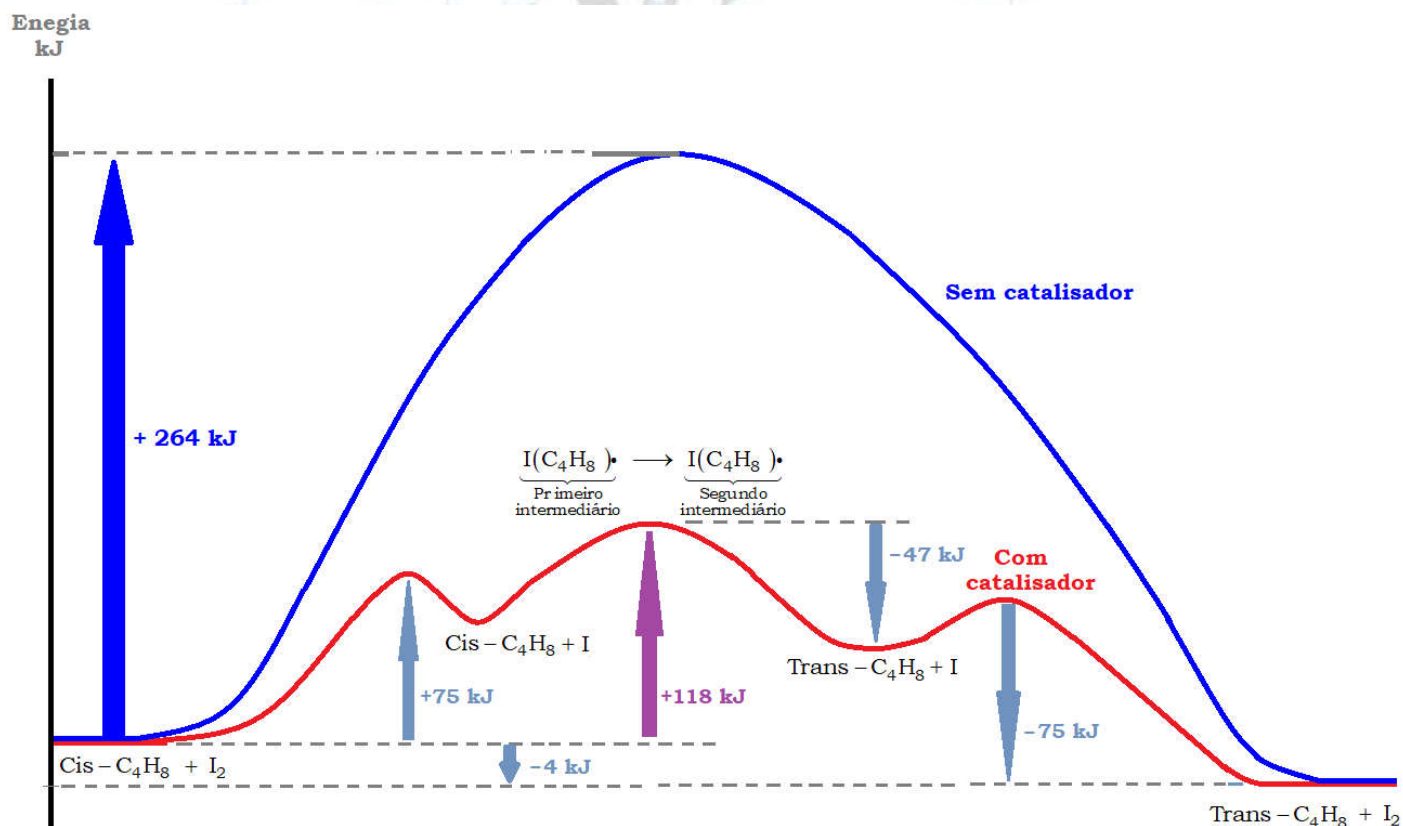
Para a reação catalisada de isomerização do cis-2-buteno para formar o isômero trans-2-buteno, teremos:



118 kJ acima dos reagentes



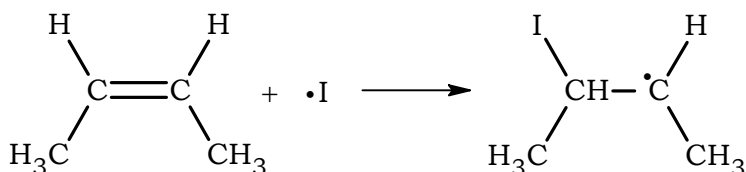
Esboço do perfil de energia:



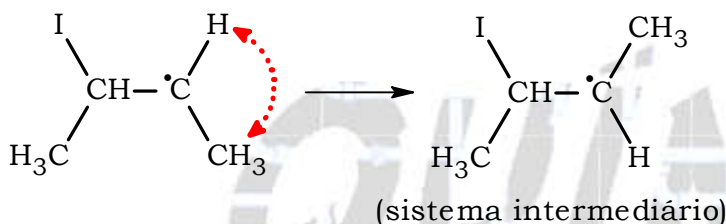
b) Reações químicas que ocorrem em cada etapa da reação catalisada para formar a reação global:

I. Dissociação do iodo:  $I_2 \longrightarrow 2 \cdot I$ .

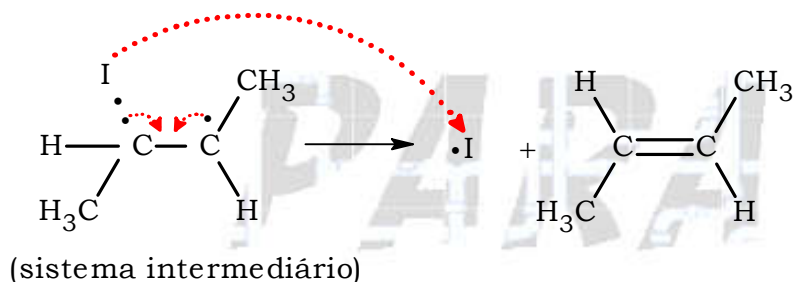
II. Formação da ligação simples entre carbonos:



III. Torção livre:

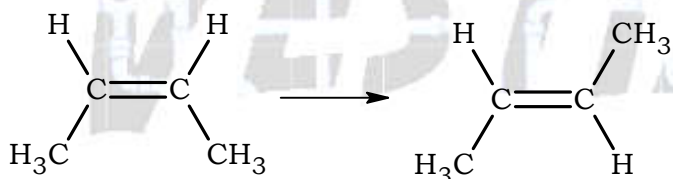


IV. Formação da ligação dupla:



V. Recombinação dos átomos de iodo:  $2 \cdot I \longrightarrow I_2$ .

Reação global:



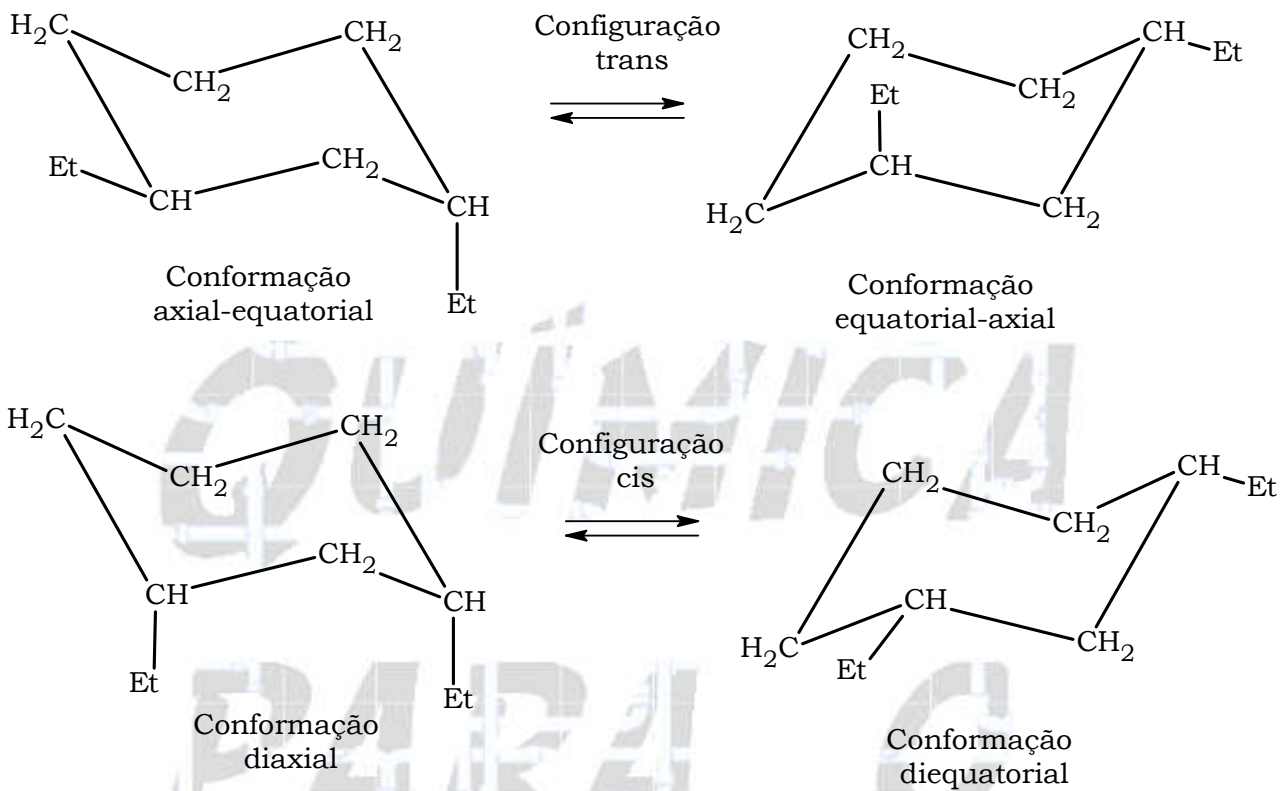
**Questão 7.** Considere a conformação estrutural das moléculas 1,3-dietilcicloexano, 1,4-dietilcicloexano e 2,3-diclorobutano. Pedem-se:

- Desenhe todas as estruturas conformacionais;
- Determine o número de centros quirais em cada molécula;
- Identifique todos os pares enantioméricos e os compostos meso, se presentes.

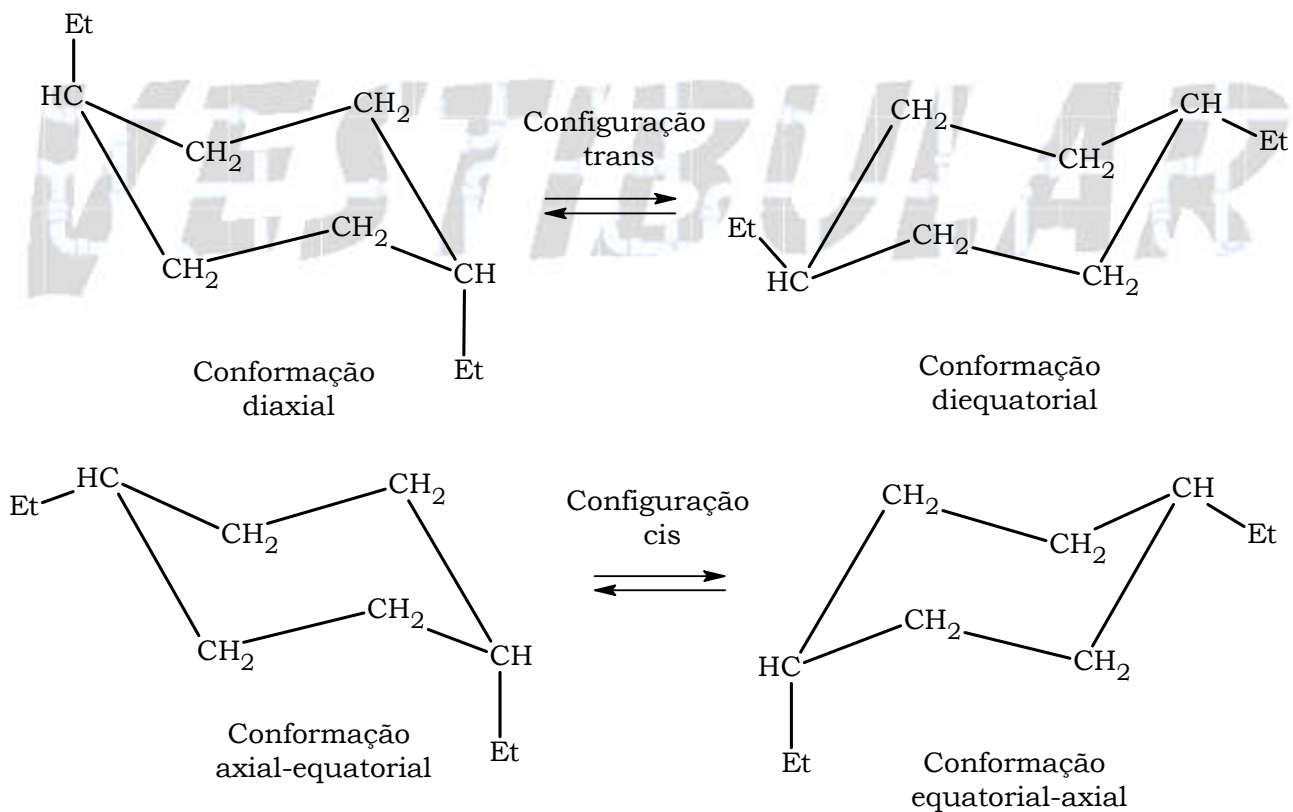
**Resolução:**

As estruturas conformacionais ou isômeros conformacionais são aqueles analisados a partir da rotação da estrutura ao redor de um eixo de referência.

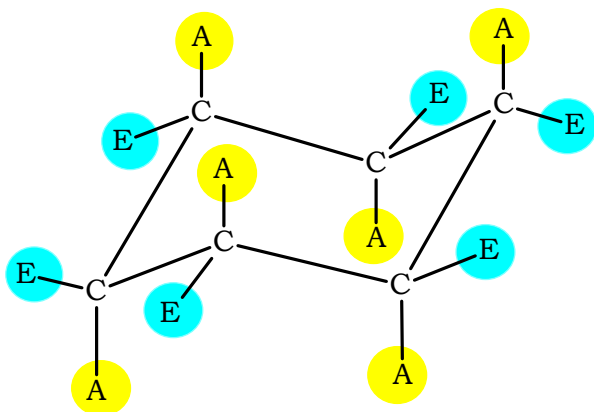
**a)** Desenho das estruturas conformacionais do 1,3 – dietilcicloexano (cicloalcano dissustituído):



Desenho das estruturas conformacionais do 1,4 – dietilcicloexano (cicloalcano dissustituído):



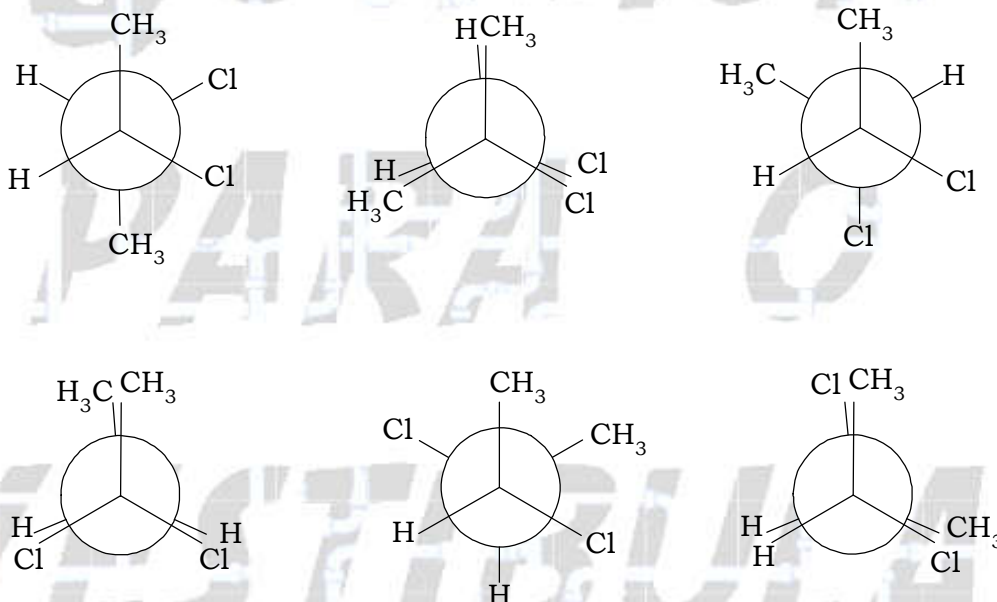
**Observação:** as configurações estáveis são aquelas que devem ser representadas.



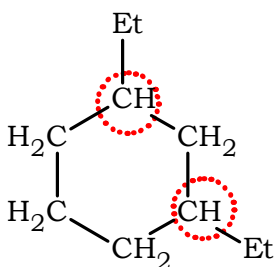
A: posição axial  
E: posição equatorial

A conformação mais estável do ciclohexano é do tipo cadeira. Quando substituintes mais “volumosos” são introduzidos surgem interações conhecidas como 1,3-diaxiais ou 1,4-diaxiais. Estas interações têm origem nas repulsões eletrônicas, que se forem baixas, estabilizam a conformação.

Desenho das estruturas conformacionais do 2,3 – diclorobutano :

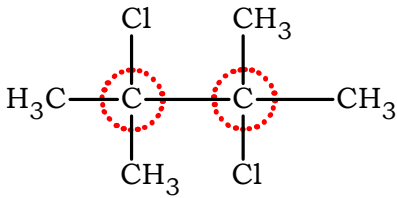


**b)** 1,3-dietilcicloexano: 2 centros quirais.



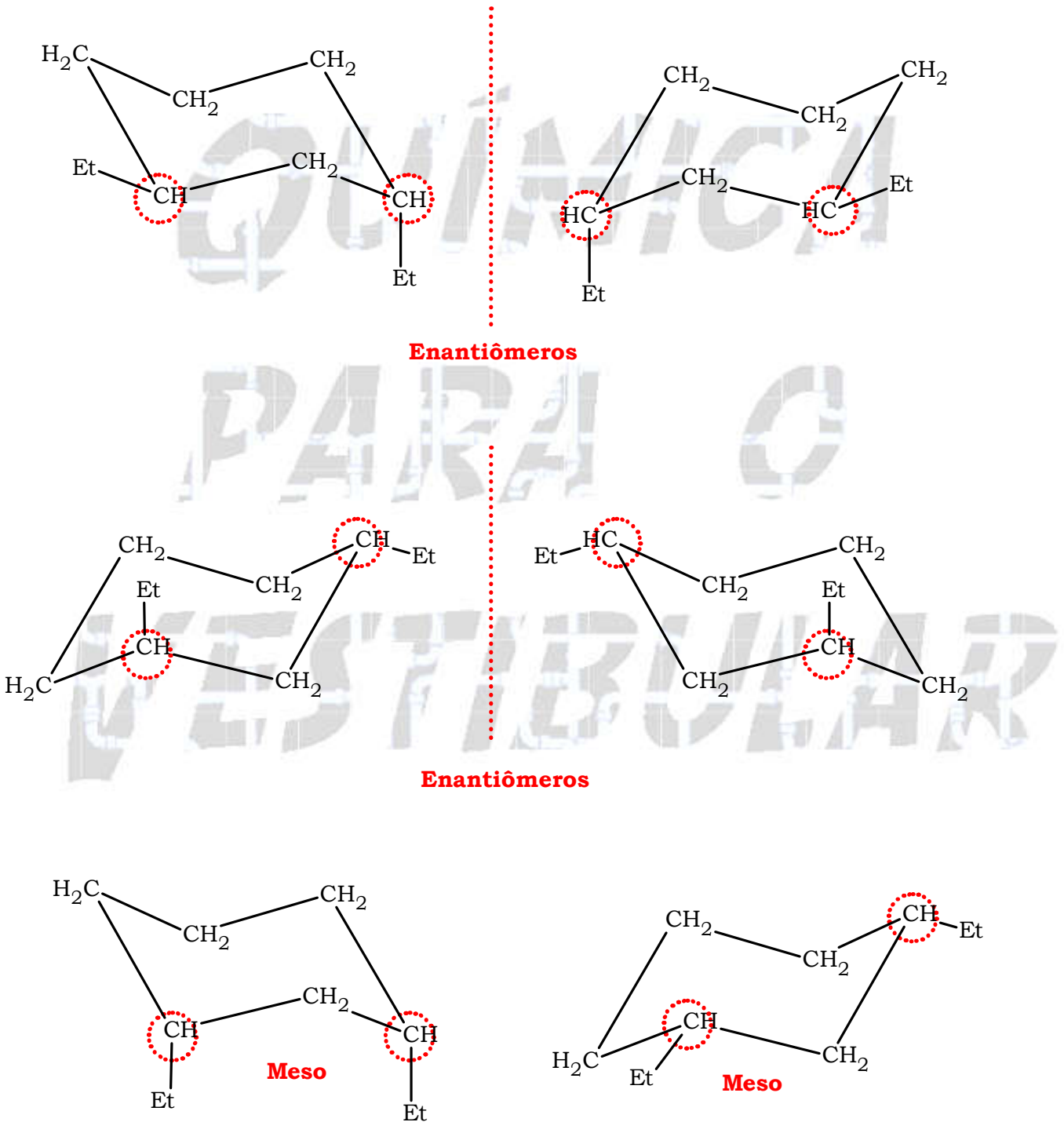
1,4-dietilcicloexano: não possui centros quirais.

2,3-diclorobutano: 2 centros quirais.

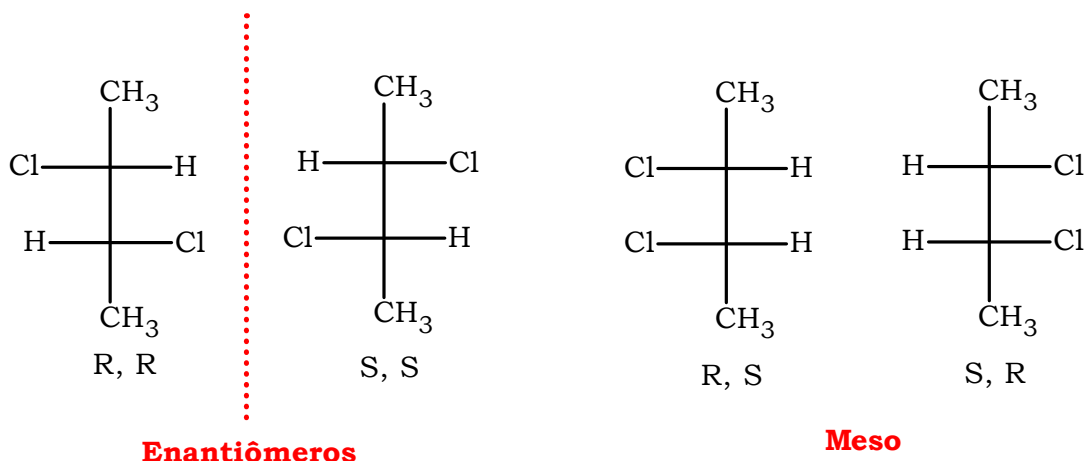


c) Identificação de todos os pares enantioméricos e dos compostos meso:

**1,3-dietilciclohexano:**



2,3-diclorobutano:

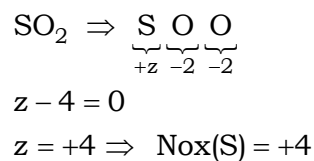
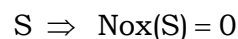
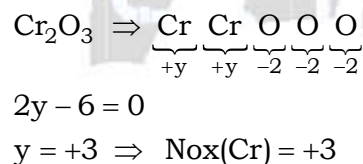
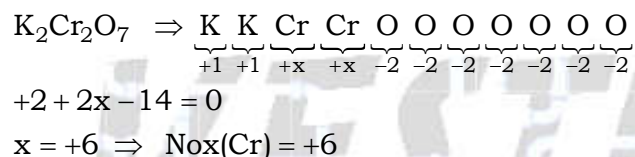


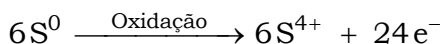
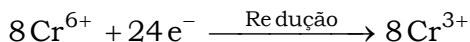
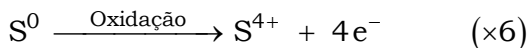
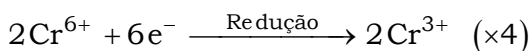
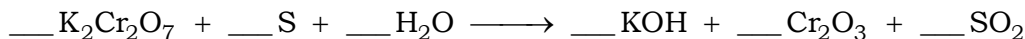
**Questão 8.** Dicromato de potássio, enxofre e água reagem produzindo hidróxido de potássio, óxido de cromo III e dióxido de enxofre. Para oxidar 96 g de enxofre, são utilizados 50 % de dicromato de potássio em excesso. Sabendo que o rendimento da reação é de 80 %, determine:

- a) a equação balanceada da reação química;
- b) a massa de dicromato de potássio utilizada;
- c) a massa de dióxido de enxofre produzida.

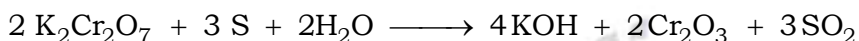
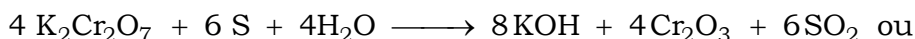
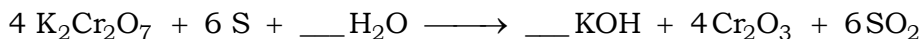
**Resolução:**

a) Dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ), enxofre (S) e água ( $H_2O$ ) reagem produzindo hidróxido de potássio (KOH), óxido de cromo III ( $Cr_2O_3$ ) e dióxido de enxofre ( $SO_2$ ):





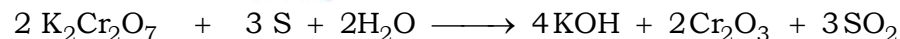
Então :



**b)** Cálculo da massa de dicromato de potássio utilizada:

$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 2 \times 39,10 + 2 \times 52,00 + 7 \times 16,00 = 294,2$$

$$\text{S} = 32,06$$



$$2 \times 294,2 \text{ g} \quad \text{---} \quad 3 \times 32,06 \text{ g}$$

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \quad \text{---} \quad 96 \text{ g}$$

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{2 \times 294,2 \text{ g} \times 96 \text{ g}}{3 \times 32,06 \text{ g}}$$

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 587,3 \text{ g}$$

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ em excesso}} = m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} + \frac{50}{100} \times m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$$

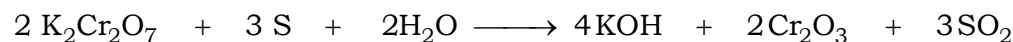
$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ em excesso}} = 587,3 \text{ g} + \frac{50}{100} \times 587,3 \text{ g}$$

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ em excesso}} = 880,95 \text{ g}$$

**c)** Cálculo da massa de dióxido de enxofre produzida.

$$\text{S} = 32,06$$

$$\text{SO}_2 = 32,06 + 2 \times 16,00 = 64,06$$



$$3 \times 32,06 \text{ g} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad (3 \times 64,06 \text{ g}) \times \frac{80}{100}$$

$$96 \text{ g} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad m_{\text{SO}_2}$$

$$m_{\text{SO}_2} = \frac{96 \text{ g} \times (3 \times 64,06 \text{ g}) \times \frac{80}{100}}{3 \times 32,06 \text{ g}}$$

$$m_{\text{SO}_2} = 153,45626 \text{ g} = 153,4 \text{ g}$$

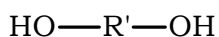
**Questão 9.** A produção de borrachas e espumas é comumente realizada pela síntese de poliuretanos. Para tal produção, a polimerização ocorre a partir de um polioli e um isocianato.

**a)** Apresente a(s) reação(ões) químicas da polimerização e formação de poliuretano a partir de um diol e um diisocianato.

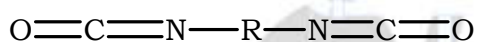
**b)** A água, quando presente no meio, gera reação(ões) paralela(s) e é determinante na produção de espumas. Apresente essa(s) reação(ões).

**Resolução:**

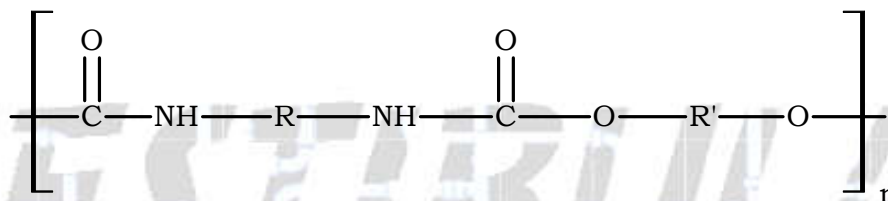
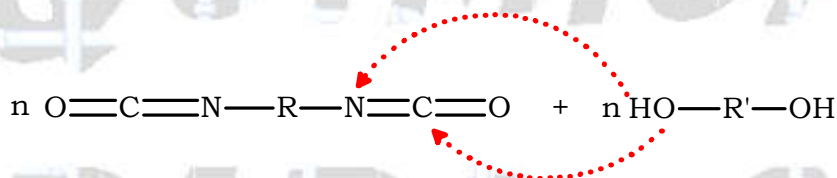
**a)** Um diol genérico:



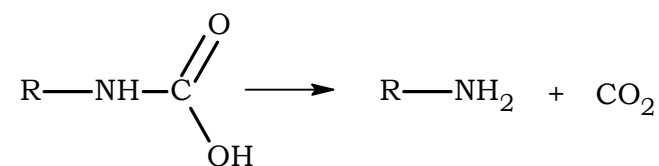
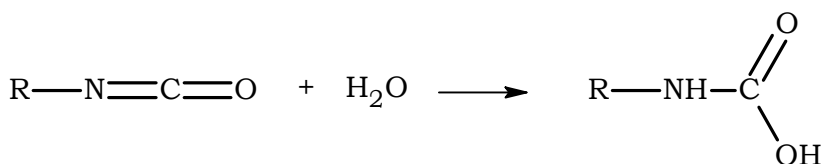
Um diisocianato genérico:



Reação:

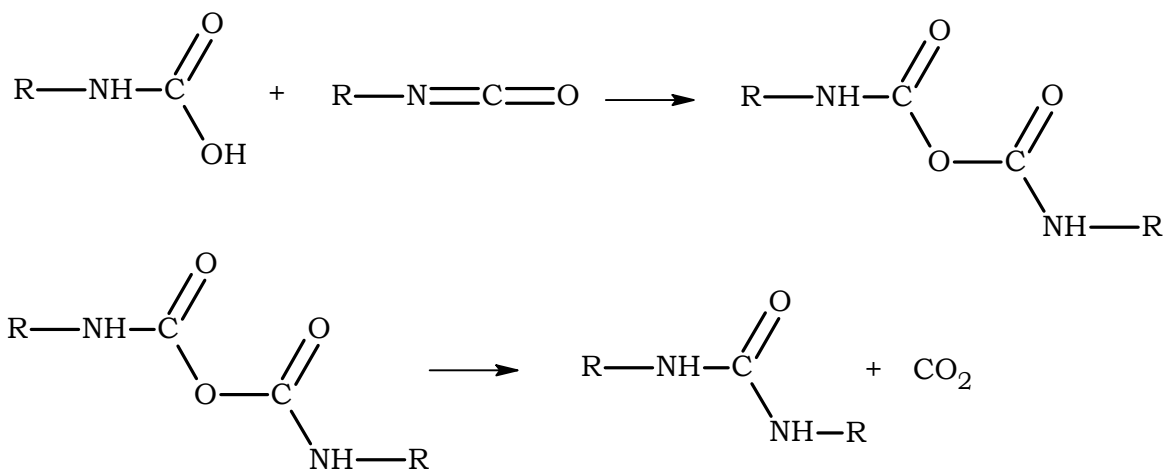


**b)** Reações paralelas com a água produzem  $\text{CO}_2$  (gasoso) que é determinante na produção de espuma:



Ou





**Questão 10.** Considere a titulação de um ácido por meio da adição de uma base. Calcule o pH inicial e o pH no ponto de equivalência e construa a curva de titulação, ou seja, o gráfico do pH em função da porcentagem de ácido neutralizado. Apresente os cálculos realizados para os três casos. Dados eventualmente necessários:  $\log 2 = 0,3$ ;  $\sqrt{2} = 1,4$ ;  $\log 1,4 = 0,14$ .

- a)** Ácido forte ( $\text{HCl}$ ,  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ) com uma base forte ( $\text{NaOH}$ ,  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ );
- b)** Ácido forte ( $\text{HCl}$ ,  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ ) com uma base fraca hipotética ( $\text{XOH}$ ,  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ ;  $K_b(\text{XOH}) = 1,0 \times 10^{-5}$ );
- c)** Ácido fraco hipotético ( $\text{HZ}$ ,  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ ;  $K_a(\text{HZ}) = 1,0 \times 10^{-5}$ ) com uma base forte ( $\text{NaOH}$ ,  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ ).

**Resolução:**

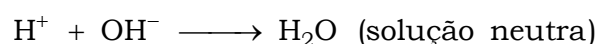
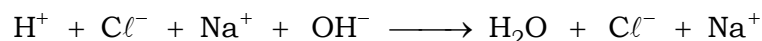
- a)** Titulação de ácido forte ( $\text{HCl}$ ,  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ) com uma base forte ( $\text{NaOH}$ ,  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ).

Cálculo do valor do pH inicial:

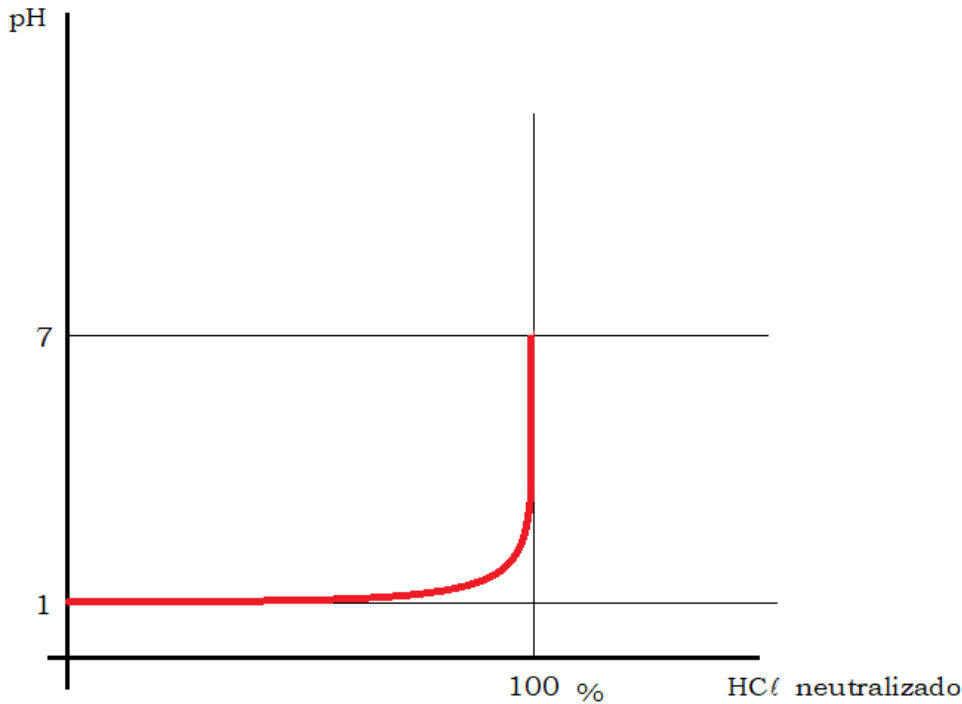
$$[\text{HCl}] = [\text{H}^+] = 0,1 \text{ mol L}^{-1} = 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$$

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

$$\text{pH} = -\log 10^{-1} \Rightarrow \text{pH} = 1$$



Ácido forte + Base forte: 100 % do ácido estará neutralizado em pH igual a 7 (ponto de equivalência).



b) Ácido forte ( $\text{HCl}$ ,  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ ) com uma base fraca hipotética ( $\text{XOH}$ ,  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ ;  
 $K_b(\text{XOH}) = 1,0 \times 10^{-5}$ ):

Cálculo do valor do pH inicial:

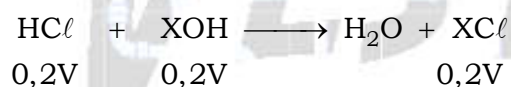
$$[\text{HCl}] = [\text{H}^+] = 0,2 \text{ mol L}^{-1} = 2 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$$

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

$$\text{pH} = -\log(2 \times 10^{-1}) \Rightarrow \text{pH} = 1 - \underbrace{\log 2}_{0,3}$$

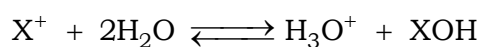
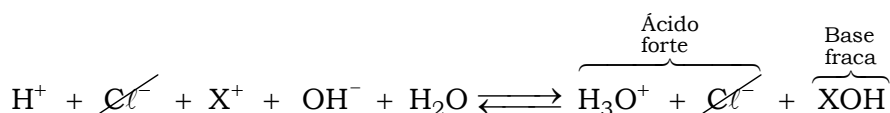
$$\text{pH} = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n = [ ] \times V$$

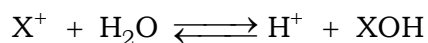


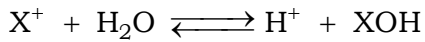
$$V_{\text{total}} = V_{\text{ácido}} + V_{\text{base}} = V + V = 2V$$

$$[\text{X}^+] = \frac{n_{\text{X}^+}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,2V}{2V} = 0,1 \text{ mol/L}$$



ou





0,1	0	0	(início; mol/L)
- $x$	+ $x$	+ $x$	(durante; mol/L)
$0,1 - x$	+ $x$	+ $x$	(equilíbrio; mol/L)
$\underbrace{\hspace{2cm}}_{0,1}$			

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

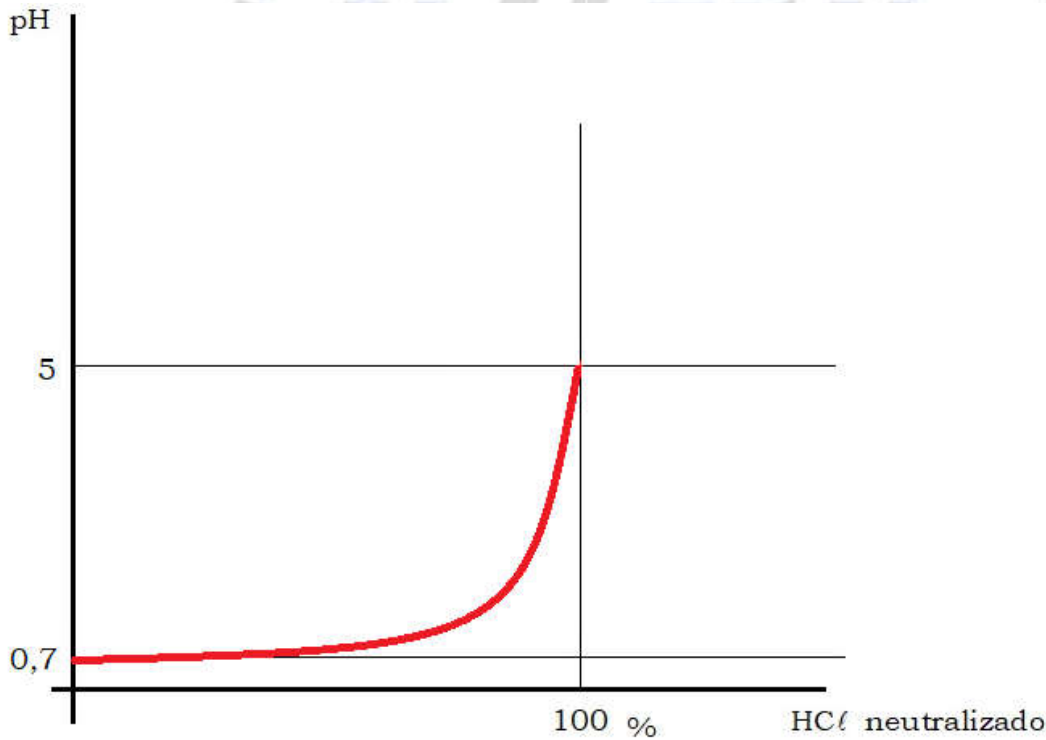
$$\frac{10^{-14}}{10^{-5}} = \frac{x \times x}{0,1}$$

$$x^2 = 10^{-10} \Rightarrow \sqrt{x^2} = \sqrt{10^{-10}}$$

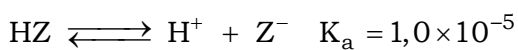
$$x = [H^+] = 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log 10^{-5} = 5$$



c) Ácido fraco hipotético (HZ, 0,2 mol L<sup>-1</sup>; K<sub>a</sub>(HZ) = 1,0 × 10<sup>-5</sup>) com uma base forte (NaOH, 0,2 mol L<sup>-1</sup>).



0,2	0	0	(início; mol/L)
- $x$	+ $x$	+ $x$	(durante; mol/L)
$0,2 - x$	+ $x$	+ $x$	(equilíbrio; mol/L)
$\underbrace{\hspace{2cm}}_{0,2}$			

$$K_a = \frac{[H^+] \times [Z^-]}{[HZ]}$$

$$1,0 \times 10^{-5} = \frac{\mathfrak{M} \times \mathfrak{M}}{0,2}$$

$$\mathfrak{M}^2 = 2 \times 10^{-6} \Rightarrow \sqrt{\mathfrak{M}^2} = \sqrt{2} \times \sqrt{10^{-6}}$$

$$\mathfrak{M} = [\text{H}^+] = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

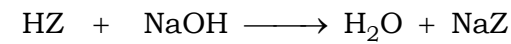
$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = -\log(1,4 \times 10^{-3})$$

$$\text{pH} = 3 - \log 1,4 = 3 - 0,14$$

$$\text{pH} = 2,86$$

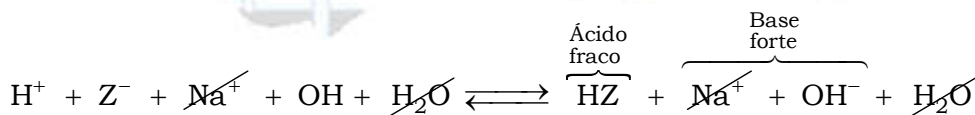
$$n = [ ] \times V$$



$$0,2\text{V} \quad 0,2\text{V} \quad \quad \quad 0,2\text{V}$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{ácido}} + V_{\text{base}} = V + V = 2V$$

$$[\text{Z}^-] = \frac{n_{\text{Z}^-}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,2\text{V}}{2V} = 0,1 \text{ mol/L}$$



$$0,1 \quad \quad \quad 0 \quad 0 \quad (\text{início; mol/L})$$

$$- \mathfrak{M} \quad \quad \quad + \mathfrak{M} \quad + \mathfrak{M} \quad (\text{durante; mol/L})$$

$$\underbrace{0,1 - \mathfrak{M}}_{0,1} \quad \quad \quad + \mathfrak{M} \quad + \mathfrak{M} \quad (\text{equilíbrio; mol/L})$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$\frac{10^{-14}}{10^{-5}} = \frac{\mathfrak{M} \times \mathfrak{M}}{0,1}$$

$$\mathfrak{M}^2 = 10^{-10} \Rightarrow \sqrt{\mathfrak{M}^2} = \sqrt{10^{-10}}$$

$$\mathfrak{M} = [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ mol/L}$$

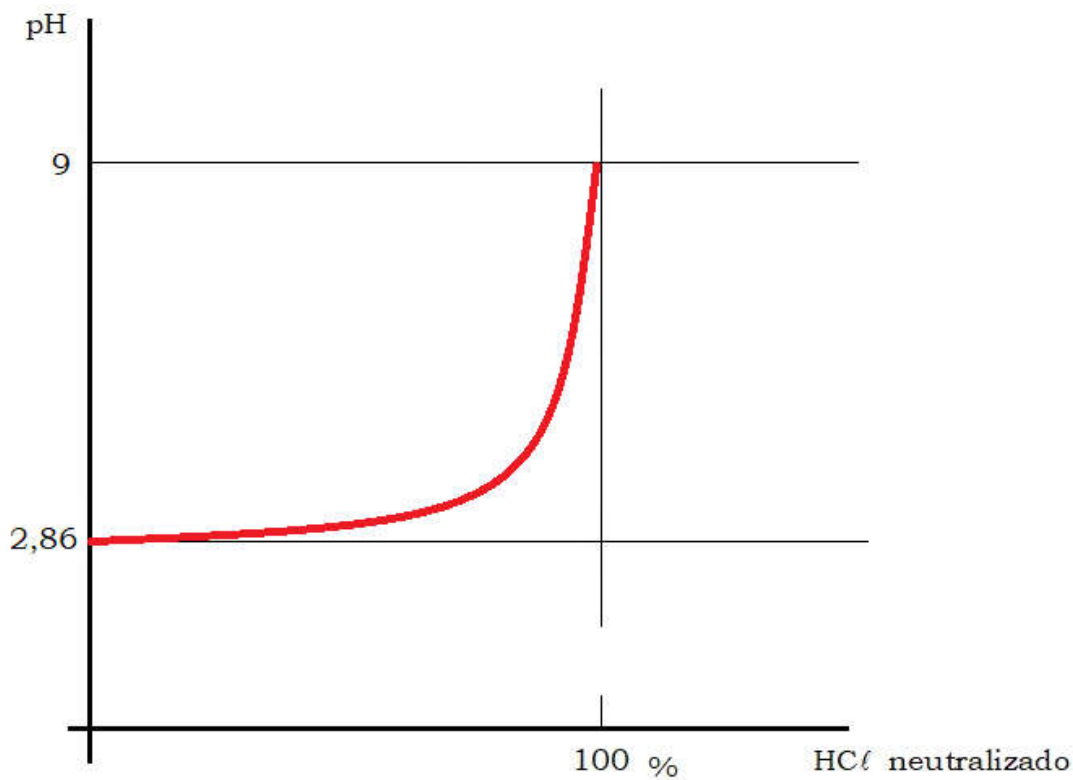
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$\text{pOH} = -\log 10^{-5} = 5$$

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

$$\text{pH} + 5 = 14$$

$$\text{pH} = 9$$



PARA O  
VESTIBULAR