

GABARITO IME

Química

GABARITO COMENTADO

Folha de dados

Informações de Tabela Periódica

Elemento	H	C	N	O	S	Al	Cl	Zn	Sn	I	Cu	Ag
Massa atômica(u)	1,00	12,0	14,0	16,0	32,0	27,0	35,5	65,0	119	127	64,0	108
Número atômico	1	6	7	8	16	13	17	30	50	53	29	47

Constantes:

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

Constante Universal dos Gases = $0,082 atm \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} = 62,3 mmHg \cdot L \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

$\ln 2 = 0,693$ $\ln 1,105 = 0,1$ $e = 2,72$

Dados:

Massa específica do estanho = $7000 kg \cdot m^{-3}$

Capacidade calorífica média: $C_{p,CO_2(g)} = 29 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$; $C_{p,CO_2(l)} = 37 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$; $C_{p,C(s)} = 8,5 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

Pressão de vapor do benzeno puro a 298 K: $P_{vap} = 100,0 mmHg$

Pressão de vapor do tolueno puro a 298 K: $P_{vap} = 30,0 mmHg$

Entalpia de vaporização da água: $\Delta H_{vap} = 2260 kJ \cdot kg^{-1}$

Entalpia de fusão do gelo: $\Delta H_{fus} = 330 kJ \cdot kg^{-1}$

Capacidade calorífica específica média da água: $CV = 4,2 kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

Tempo de meia vida: ${}^3_1H = 12,32$ anos; ${}^{44}_{22}Ti = 67,00$ anos

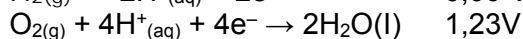
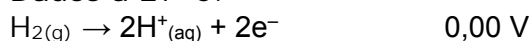
Conversão:

$T(K) = t(^{\circ}C) + 273$

Questão 01

Em uma célula a combustível, reações de oxidação e redução originam a uma corrente que pode ser aproveitada, por exemplo, para suprir a potência necessária para alimentar um motor elétrico. Considere um sistema formado por uma célula a combustível que utiliza hidrogênio e oxigênio, acoplada ao motor de um veículo elétrico. Sabendo que o sistema opera sem perdas, que a potência do motor é de 30 kW e que o comportamento do gás (H_2) é ideal, calcule a pressão em um tanque de 100 L de hidrogênio, mantido a $27^{\circ}C$, de forma que esse veículo percorra um trajeto de 100 km a uma velocidade média de 90 km/h.

Dados a $27^{\circ}C$:

**Solução:**

$90 km/h = 25 m/s$

- Tempo de deslocamento:

$$25 m/s = 100 \cdot 10^3 / \Delta T$$

$$\Delta T = 4.000 s$$

- DDP da célula:

$$DDP = 1,23 \text{ V}$$

- Cálculo da corrente elétrica:

$$P = U \cdot i$$

$$30 \cdot 10^3 \text{ W} = 1,23 \cdot i$$

$$i = \frac{30 \cdot 10^3}{1,23} \text{ A}$$

- Carga elétrica utilizada:

$$Q = i \cdot t = \frac{30 \cdot 10^3}{1,23} \cdot 4.000 \text{ C}$$

- Proporção mols de H_2 × carga eletrônica:

$$2 \text{ mols de } \text{H}_{2(\text{g})} \text{ ————— } 4 \times 96.500 \text{ C}$$

$$n \text{ ————— } \frac{30 \times 10^3 \cdot 4.000}{1,23}$$

$$n = 505,5 \text{ mols}$$

- Cálculo da pressão:

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

$$P \cdot 100 = 505,5 \cdot 0,082 \cdot 300$$

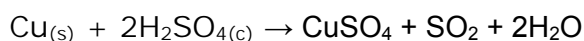
$$P = 124,4 \text{ atm}$$

Questão 02

O sulfato cúprico anidro é obtido a partir da reação de uma solução aquosa de ácido sulfúrico 98% (em massa), a quente, com cobre. Sabendo que a solução aquosa de ácido sulfúrico tem massa específica $1,84 \text{ g/cm}^3$ e que o ácido sulfúrico é o reagente limitante, calcule a massa de sulfato cúprico obtida a partir da reação de $10,87 \text{ ml}$ da solução aquosa de ácido sulfúrico.

Solução:

Reação do cobre com o ácido concentrado:



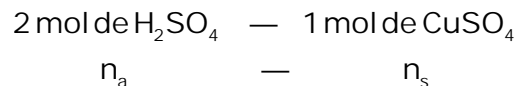
– cálculo da concentração comum do H_2SO_4 :

$$C = 10 \cdot d \cdot (\%) = 10 \times 1,84 \times 98 = 1803,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

– cálculo da concentração molar do H_2SO_4 :

$$M = \frac{C}{\langle \text{MM} \rangle} = \frac{1803,2}{98} = 18,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Pela reação, temos:



Onde: $\begin{cases} n_a = \text{número do mol do ácido} \\ n_s = \text{número do mol do sal} \end{cases}$

$$n_a = 2 \cdot n_s$$

$$M_a \cdot v_a = 2 \cdot \frac{m_{\text{sal}}}{<MM>_{\text{sal}}}$$

$$m_{\text{sal}} = \frac{18,4 \times 10,87 \times 10^{-3} \times (63,5 + 32 + 64)}{2}$$

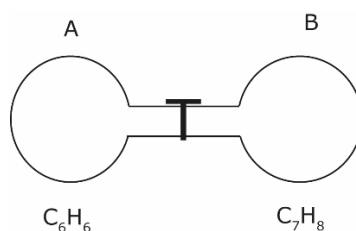
$$m_{\text{sal}} = 15,95\text{g}$$

Questão 03

Considere um dispositivo constituído por dois balões de vidro, "A" e "B", cada um com capacidade de 894 ml, interligados por um tubo de volume interno desprezível, munido de uma torneira. Dois ensaios independentes foram realizados a 298 K. No primeiro ensaio, os balões foram inicialmente evacuados e, logo a seguir, com a torneira fechada, foram introduzidos 0,30 g de benzeno e 20,0 g de tolueno em "A" e "B", respectivamente, de modo que não houvesse contato entre as duas substâncias. No segundo ensaio, os balões foram novamente evacuados e, na sequência, uma quantidade de benzeno foi introduzida em "A" e outra quantidade de tolueno foi introduzida em "B". Considerando o comportamento ideal para os gases e para as misturas, atenda aos seguintes pedidos:

- determine a pressão em cada balão, no primeiro ensaio, após o sistema ter atingido o equilíbrio;
- uma vez aberta a torneira no segundo ensaio, calcule as frações molares de benzeno e tolueno na fase gasosa no interior dos balões no momento em que o equilíbrio líquido-vapor é atingido. Um manômetro acoplado ao dispositivo indica, nesse momento, uma pressão interna de 76,2 mmHg.

Solução:



a) 1º Ensaio:

$$\text{N}^\circ \text{ de mols de benzeno} = n_A = \frac{0,30}{78} \text{ mol}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de mols de tolueno} = n_B = \frac{20}{92} \text{ mol}$$

Se ocorrer evaporação total:

No balão A:

$$pV = nRT$$

$$p_A \cdot 0,894 = \frac{0,30}{78} \cdot 62,3 \cdot 298$$

$$p_A = 79,9 \text{ mmHg (menor que } P_{\text{vapor de benzeno}})$$

No balão B:

$$pV = nRT$$

$$p_A \cdot 0,894 = \frac{20}{92} \cdot 62,3 \cdot 298$$

$$p_A = 4514 \text{ mm Hg (maior que } P_{\text{vapor do tolueno}})$$

Então, em cada balão no equilíbrio:

$$p_A = 79,9 \text{ mm Hg}$$

$$p_B = 30 \text{ mm Hg}$$

$$\text{b) } p_{\text{total}} = 76,2 \text{ mmHg} = p_{\text{vapor do benzeno}} + p_{\text{vapor do Tolueno}} \quad (\text{I})$$

$$\text{Fração Molar do Benzeno líquido} = X_B$$

$$\text{Fração Molar do Benzeno gasoso} = X_B'$$

$$\text{Fração Molar do Tolueno líquido} = X_T$$

$$\text{Fração Molar do Tolueno gasoso} = X_T'$$

De (I) e fração molar total:

$$\begin{cases} 76,2 = 100X_B + 30X_T \\ X_B + X_T = 1 \end{cases}$$

Resolvendo o sistema:

$$X_T = 0,34;$$

$$X_B = 0,66.$$

Usando a lei de Raoult e lei de Dalton:

$$X_B' = \frac{p_{\text{vapor de benzeno}}}{p_{\text{total}}} = \frac{100 \cdot 0,66}{76,2} = 0,866 \text{ e } X_T' = 1 - X_B' = 0,134.$$

Questão 04

O trítio é produzido na atmosfera por ação de raios cósmicos. Ao combinar-se com o oxigênio e o hidrogênio, precipita-se sob a forma de chuva. Uma vez que a incidência de raios cósmicos varia com a região da Terra, as águas pluviais de regiões diferentes terão diferentes concentrações de trítio.

Os dados abaixo correspondem às concentrações de trítio (expressas em número de desintegrações por minuto por litro) em águas pluviais de diferentes regiões do Brasil:

<i>Estação pluviométrica</i>	<i>Desintegrações do trítio</i> $\frac{\text{desintegrações}}{\text{min} \cdot \ell}$
Manaus	11,5
Belém	9,0
Vale do São Francisco	6,0
São Joaquim	16,0
Serra Gaúcha	25,0

Um antigo lote de garrafas de vinho foi encontrado sem rótulos, mas com a data de envasamento na rolha, conferindo ao vinho uma idade de 16 anos. Uma medida atual da concentração de trítio neste vinho indicou $6,5 \frac{\text{desintegrações}}{\text{min} \cdot \ell}$

Considerando que a concentração de trítio no momento do envasamento do vinho é igual à das águas pluviais de sua região produtora, identifique o local de procedência deste vinho, justificando sua resposta

Solução:

A atividade de trítio segue a seguinte lei:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \text{ onde } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{12,32} \text{ ano}^{-1} = 0,05625 \text{ ano}^{-1}$$

A atividade após 16 anos é de 6,5 desintegrações/min

Portanto,

$$6,5 = N_0 \cdot e^{-0,05625 \times 16}$$

$$6,5 = N_0 \cdot e^{-0,9}$$

$$\rightarrow N_0 = \frac{6,5}{e^{-0,9}} \rightarrow N_0 = 6,5 \cdot e^{0,9}$$

Como $\ln 1,105 = 0,1$ e $e = 2,72$, então $e^{0,1} = 1,105$

Assim:

$$N_0 = 6,5 \cdot e^{0,9} \cdot \frac{e^{0,1}}{e^{0,1}} = \frac{6,5 \cdot e^1}{e^{0,1}} = \frac{6,5 \times 2,72}{1,105}$$

$N_0 = 16 \text{ des / min}$

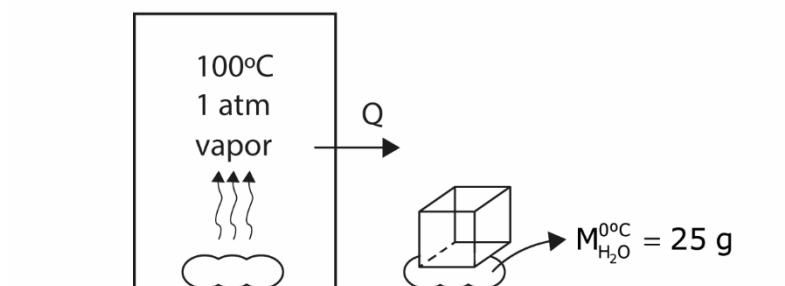
Portanto, a procedência do vinho é provavelmente São Joaquim.

Questão 05

Um bloco de gelo a $0,00^\circ\text{C}$ é colocado em contato com um recipiente fechado que contém vapor de água a 100°C e 1 atm . Após algum tempo, separa-se o bloco de gelo do recipiente fechado. Nesse instante observa-se que $25,0\text{ g}$ de gelo foram convertidos em água líquida a $0,00^\circ\text{C}$, e que no recipiente fechado existem água líquida e vapor d'água em equilíbrio. Considerando que o bloco de gelo e o recipiente fechado formam um sistema e que só trocam calor entre si, calcule a variação de entropia do sistema

Solução:

Recepiente fechado



- Cálculo da quantidade de calor da fusão:

$$Q_F = m \cdot L_F = 25 \cancel{\text{g}} \times \frac{1 \cancel{\text{kg}}}{1000 \cancel{\text{g}}} \times 330 \frac{\text{kJ}}{\cancel{\text{kg}}} = \frac{8250}{1000} = 8,25 \text{ kJ} \dots$$

- Cálculo da entropia do sistema:

$$\Delta S_{\text{sistema}} = \underbrace{\Delta S_{\text{fusão}}}_{\text{fusão}} + \Delta S_{\text{vaporização}}$$

$$\Delta S_{\text{sistema}} = \frac{\Delta H_{\text{endo}}}{T} + \left\{ \frac{\Delta H_{\text{exo}}}{T} \right\}$$

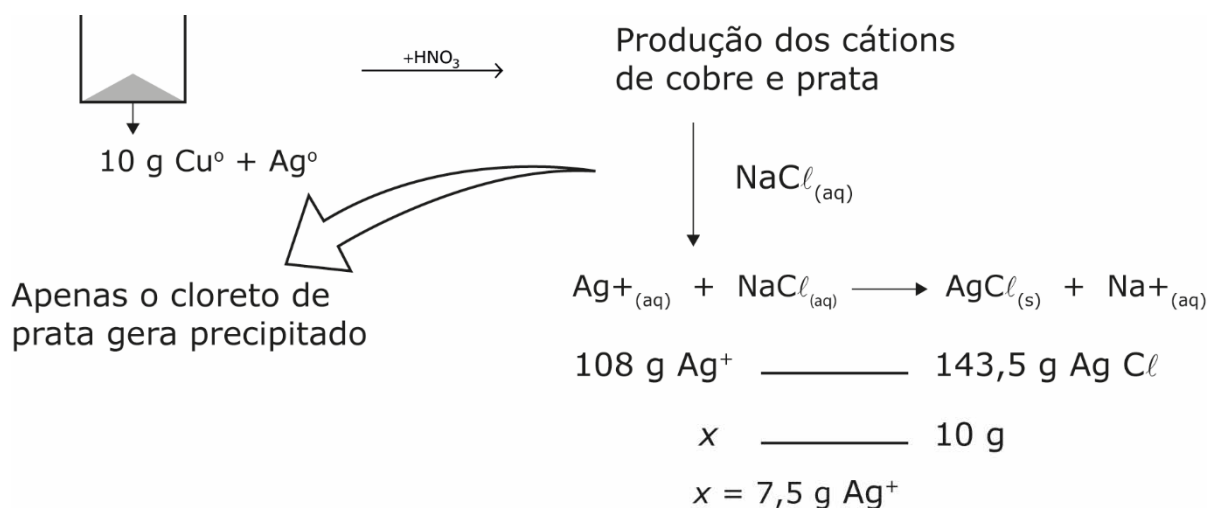
$$\Delta S_{\text{sistema}} = \frac{8250 \text{ J}}{273 \text{ K}} + \left\{ \frac{(-8250)}{373} \right\}$$

$$\Delta S_{\text{sistema}} = 30,22 \frac{\text{J}}{\text{K}} - 22,12 \frac{\text{J}}{\text{K}} = 8,10 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

Questão 06

Uma liga metálica de alta pureza de massa igual a 10 g, formada unicamente por cobre e prata, é imersa numa solução de ácido nítrico diluído, ocorrendo a sua transformação completa. Em seguida, adiciona-se uma solução de cloreto de sódio à solução obtida, observando-se a formação de um precipitado que, lavado e seco, tem massa igual a 10 g. Calcule a composição mássica da liga.

Solução:



Composição em 10 g de liga

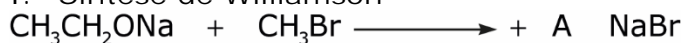
7,5 g Ag : 2,5 g Cu

7,5% Ag : 2,5% Cu

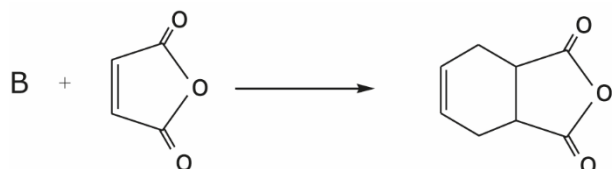
Questão 07

Considerando que as reações abaixo ocorrem em condições adequadas, apresente as fórmulas estruturais planas dos compostos A, B, C, D e E.

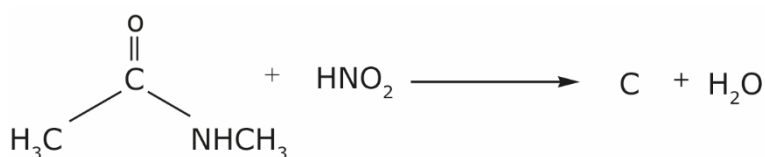
I. Síntese de Williamson



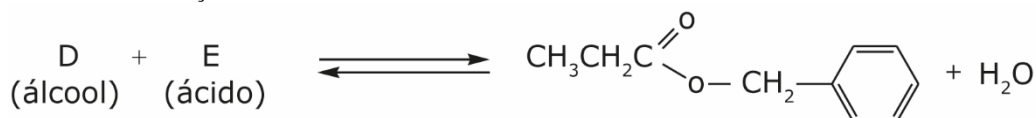
II. Síntese de Diels-Alder



III. Reação de Amida com Ácido Nitroso

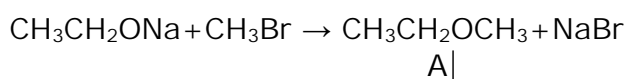


IV. Esterificação de Fisher



Solução:

I. A síntese de Williamson forma éter e libera:

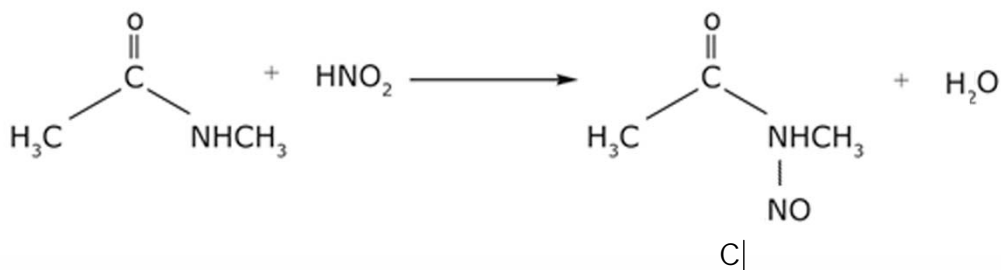


II. A síntese de Diels-Alder um alcadieno conjugado com um dienófilo, rompendo a ligação π entre carbonos do dienófilo, normalmente formando um ciclo:

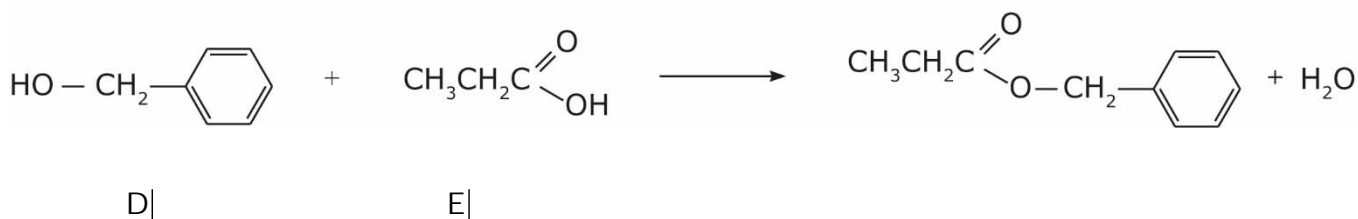


B

III. A reação da amida com ácido nitroso forma uma nitrosomida:

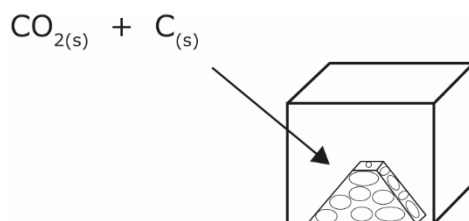


IV. A esterificação, como a questão mostra, é a reação entre álcool e ácido carboxílico

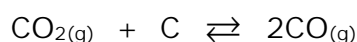


Questão 08

Em um reservatório de volume de $6,0 \text{ l}$, submetido a vácuo, introduz-se uma mistura física de $79,2 \text{ g}$ de gelo seco, solidificado em pequenos pedaços, com 30 g de carvão mineral em pó, conforme a representação a seguir.



Esse sistema sob determinadas condições atinge o seguinte equilíbrio



onde se observa que:

- a fase gasosa tem comportamento de gás ideal;
- o volume de carvão mineral final é desprezível;
- a 1100 K a constante de equilíbrio da reação é $K_p = 22$;
- a 1000 K a massa específica da fase gasosa no reservatório é igual a 14 g/l .

Com base nessas informações, calcule a constante de equilíbrio, K_p , da reação a 1000 K . Estabeleça se a reação entre o $\text{CO}_{2(g)}$ e o $\text{C}_{(s)}$ é exotérmica ou endotérmica, justificando sua resposta.

Solução:

Considerando que todo gelo seco sublimou, teremos o seguinte número de mols de $\text{CO}_2(\text{g})$

$$n = \frac{79,2}{44} \rightarrow m = 1,8 \text{ mols}$$

Observe a tabela de equilíbrio

$\text{CO}_2(\text{g})$	+	$\text{C}(\text{s})$	\rightleftharpoons	$2 \text{ CO}(\text{g})$	
1,8 mols		sólido		0	Início
- x		Sólido		+2x	Reage
$(1,8 - x)_{\text{mols}}$		Sólido		2x mols	Fim

Como a densidade do estado gasoso é de 14 g/l e temos 6 l , então teremos $14 \cdot 6 = 84 \text{ g}$

de gás. Como $n = \frac{m}{MM}$, então

$$\left. \begin{aligned} 1,8 - x &= \frac{m_{\text{CO}_2}}{44} \rightarrow m_{\text{CO}_2} = 79,2 - 44x \\ 2x &= \frac{m_{\text{CO}}}{28} \rightarrow m_{\text{CO}} = 56x \end{aligned} \right\} 79,2 - 44x + 56x = 84 \therefore x = 0,4$$

Como $pV = nRT$, então $P = \frac{nRT}{V}$. Colocando as pressões parciais temos:

$$P_{\text{CO}} = \frac{2xRT}{V} \text{ e } P_{\text{CO}_2} = \frac{(1,8 - x)RT}{V}.$$

$$\text{Como o } K_p = \frac{\left(\frac{2xRT}{V}\right)^2}{\frac{(1,8 - x)RT}{V}} = \frac{\frac{x^2 R^2 T^2}{9}}{\frac{(1,8 - x)RT}{6}} \rightarrow K_p = \frac{x^2 RT}{9} \cdot \frac{6}{1,8 - x} \rightarrow K_p = \frac{2x^2 RT}{5,4 - 3x}$$

Como $x = 0,4$:

$$K_p = \frac{2 \cdot (0,4)^2 \cdot 0,082 \cdot 1000}{4,2} \rightarrow \boxed{K_p = 6,25}$$

Como o K_p diminuiu com a diminuição da temperatura, a reação é endotérmica.

Questão 09

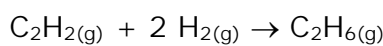
A reação de Sabatier-Sanderens consiste na hidrogenação catalítica de alcenos ou de alcinos com níquel, para a obtenção de alcanos. Considerando a reação de hidrogenação do acetileno, um engenheiro químico obteve os resultados abaixo:

Tempo (min)	[Acetileno], mol/L	[Hidrogênio], mol/L	[Etano], mol/L
0	50	60	0
4	38	36	12
6	35	30	15
10	30	20	20

A partir dessas informações, determine:

- a) a velocidade média da reação no período de 4 (quatro) a 6 (seis) minutos;
- b) a relação entre a velocidade média de consumo do acetileno e a velocidade média de consumo do hidrogênio;
- c) o efeito do aumento da temperatura de reação na constante de velocidade, considerando a equação de Arrhenius.

Solução:



$$\text{a) } V_{\text{REAÇÃO}} = \frac{V_{\text{C}_2\text{H}_2}}{1} = \frac{V_{\text{H}_2}}{2} = \frac{V_{\text{C}_2\text{H}_6}}{1}$$

para o acetileno

$$V_{\text{REAÇÃO}} = \frac{|35 - 38| \text{ mol/l}}{(6 - 4) \text{ min}} = 1,5 \text{ mol/l} \cdot \text{min}$$

b) da proporção acima:

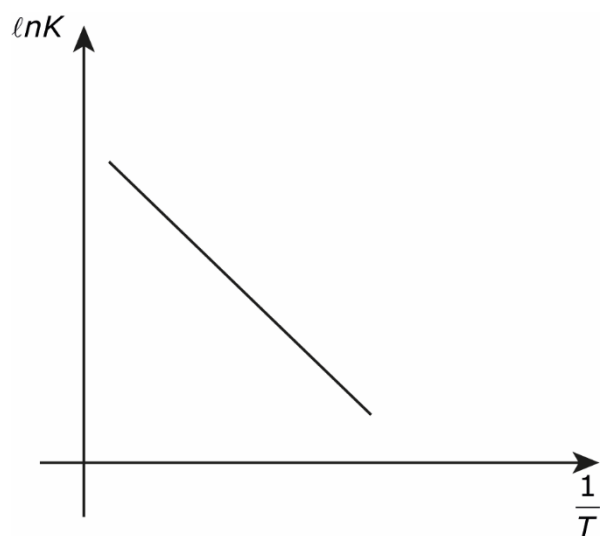
$$\frac{V_{\text{C}_2\text{H}_2}}{V_{\text{H}_2}} = \frac{1}{2}$$

c) equação de Arrhenius

$$K = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}, \text{ logaritmando}$$

$$\ln K = \ln A - \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

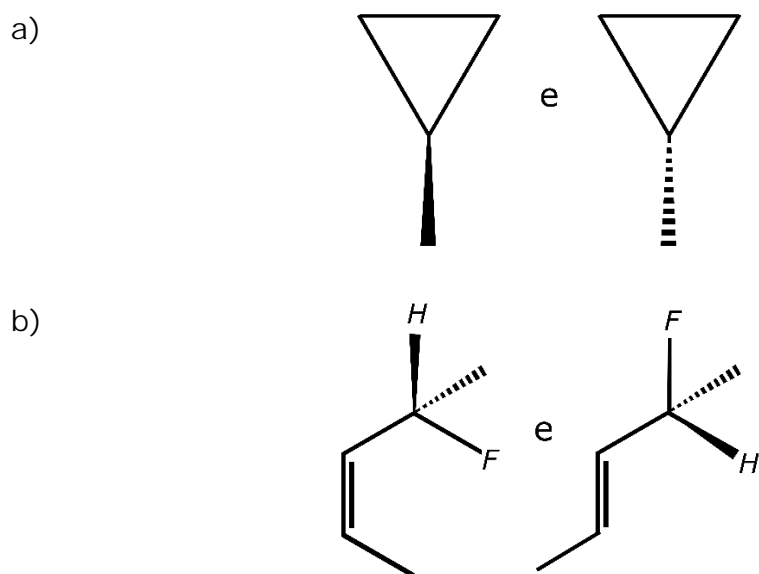
Cujo gráfico $\ln K \times \frac{1}{T}$:

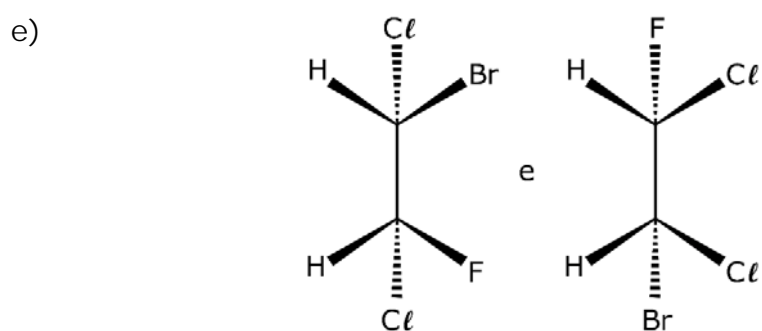
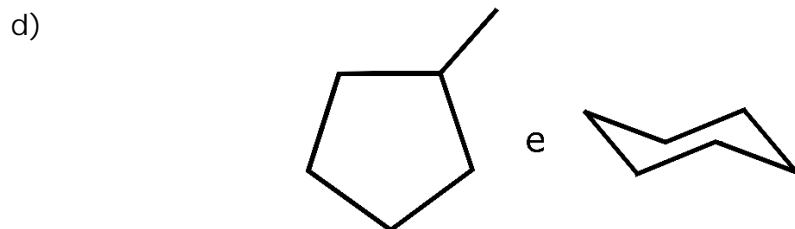
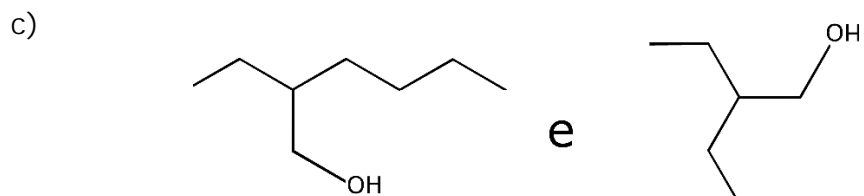


Assim, quanto maior a temperatura, menor o valor de $\frac{1}{T}$, maior o valor de K .

Questão 10

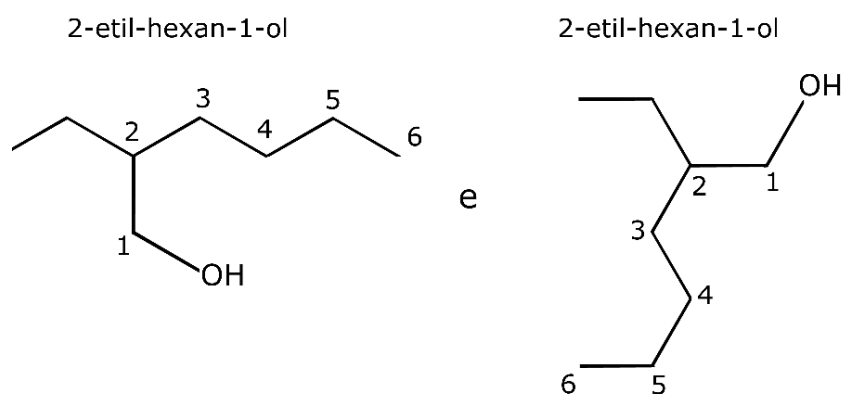
Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



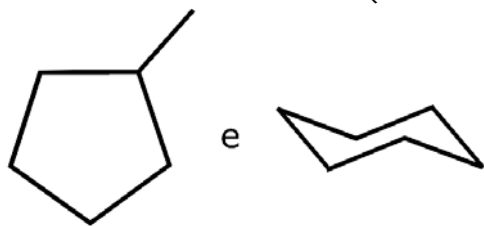


Solução:

- a) Mesmo composto: metilciclopropano
 b) Diastereoisômeros, porque são isômeros espaciais não enantiômeros
 c) Mesmo composto:



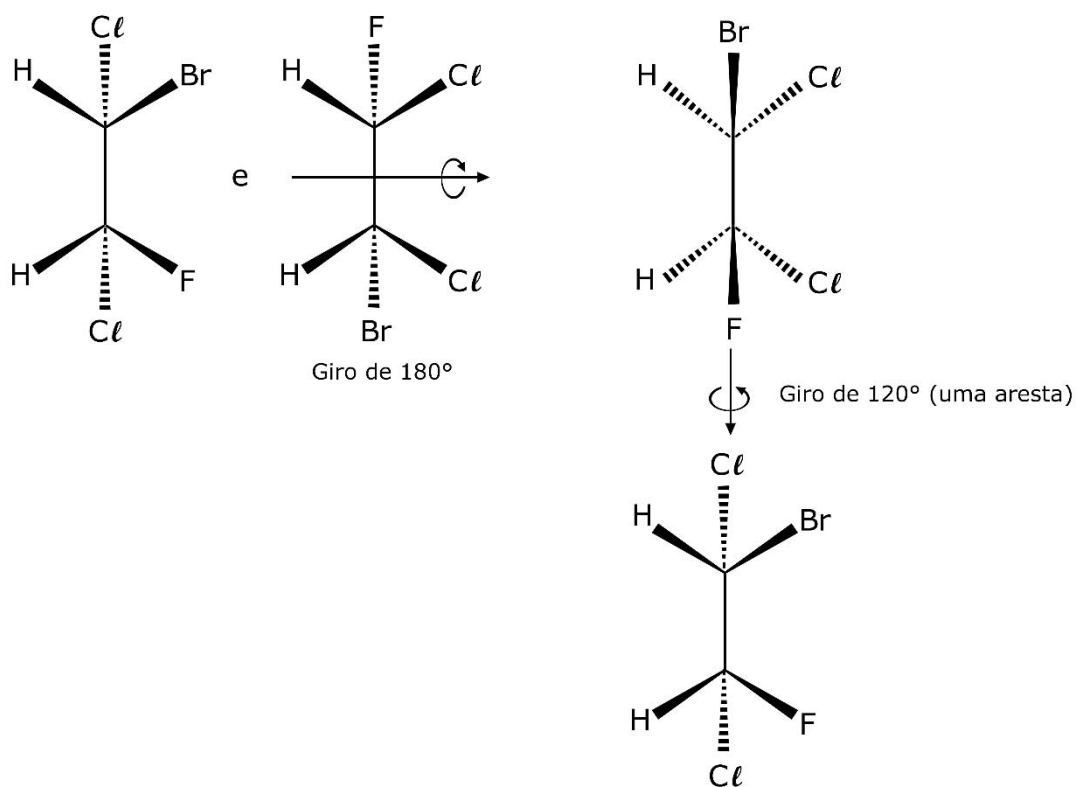
d) Isômeros constitucionais (de cadeia)



Cadeia ramificada

Cadeia normal

e) Mesmo composto:



Giro de 180°

Giro de 120° (uma aresta)

Comentário:

Ao contrário das provas de Matemática e Física, a prova de Química teve um nível de dificuldade menor (porém pertinente ao esperado). Ressalte-se aqui a colocação, novamente, de questões de termodinâmica que estariam mais bem alocadas em uma prova de Física do que na prova de Química.

No enunciado da 5ª questão, houve omissão de uma informação relevante: ao entrar em contato com o gelo, o recipiente tem sua temperatura diminuída, o que faria com que parte da água condensasse. Isso se refletiria na diminuição da pressão interna daquele recipiente.

Na 10ª questão, item C, a representação plana das estruturas impedia a análise adequada, sendo impossível notar se os compostos são isômeros ópticos, sendo então, por nossos professores, considerados o mesmo composto.

Em resumo, a prova contou com questões bem construídas, abrangendo os grandes ramos como eletroquímica, radioatividade, equilíbrio químico, reações orgânicas e inorgânicas e isomeria dos compostos orgânicos.

Professores

Alexandre Grillo

Allan

Eurico Dias

Jonas Stanley

Marco Rogério

Nabuco