

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

VESTIBULAR 2023



FORMULÁRIO DE QUESTÃO

PROVA DE QUÍMICA

2ª FASE

QUÍMICA

Questão 1. Considere dois líquidos voláteis, A e B, que são completamente miscíveis entre si e que formam uma solução ideal em toda a amplitude de concentrações. Esses líquidos são adicionados a um tanque fechado, inicialmente sob vácuo, e mantido em temperatura constante (T), na proporção molar 1:1. Considere que a mistura causa um abaixamento na pressão de vapor do líquido A igual a 40 Torr e que a pressão de vapor do líquido B puro é igual a 20 Torr.

Determine os valores numéricos:

- da pressão de vapor do líquido A puro na temperatura T;
- da pressão de vapor da solução, depois de atingido o equilíbrio do sistema;
- da composição molar da fase vapor em equilíbrio com a fase líquida presente no tanque.

Resolução:

- a)** O valor numérico da pressão de vapor do líquido A puro na temperatura T **(4 pontos)**

A pressão de vapor do líquido A é abaixada 40 Torr devido à presença do líquido B na solução.

$$\Delta P = P_A^0 - P_A$$

$$P_A = X_A \cdot P_A^0 \quad (\text{Lei de Raoult})$$

$$\Delta P = P_A^0 - X_A \cdot P_A^0$$

$$\Delta P = P_A^0 \cdot (1 - X_A)$$

$$\Delta P = P_A^0 \cdot X_B$$

$$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

$$X_B = \frac{1}{1 + 1} = 0,5$$

$$40 = P_A^0 \cdot 0,5$$

$P_A^0 = 80 \text{ Torr}$

- b)** O valor numérico da pressão de vapor da solução após atingido o equilíbrio do sistema **(2 pontos)**.

$$P_t = P_A + P_B$$

$$P_t = 0,5 \cdot 80 + 0,5 \cdot 20$$

$$P_t = X_A P_A^0 + X_B P_B^0$$

$P_t = 50 \text{ Torr}$

- c)** Os valores numéricos da composição molar da fase vapor em equilíbrio com a fase líquida presente no tanque **(4 pontos)**

A composição do vapor, em unidades de fração molar, pode ser obtida utilizando-se a Lei de Dalton.

$$P_A = y_A \cdot P_t$$

\therefore

$$P_B = y_B \cdot P_t$$

$$y_A = \frac{P_A}{P_t} = \frac{40}{50} = 0,8$$

$$y_B = \frac{P_B}{P_t} = \frac{10}{50} = 0,2$$

Composição molar do vapor

80 % de A

20% de B

QUÍMICA

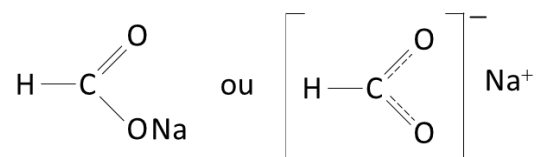
Questão 2. O ácido fórmico pode ser obtido por meio de uma reação de duas etapas. Na primeira etapa, em temperatura de 200 °C e pressão de 10 atm, monóxido de carbono e hidróxido de sódio reagem. Na segunda, o produto dessa primeira etapa reage com ácido sulfúrico, formando-se o ácido fórmico.

Sobre esse processo, apresente:

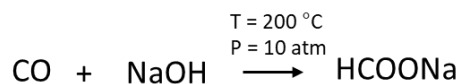
- a) a fórmula estrutural do produto gerado na primeira etapa;
- b) a equação química balanceada da primeira etapa;
- c) a equação química balanceada da segunda etapa.

Resolução:

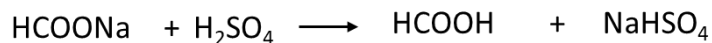
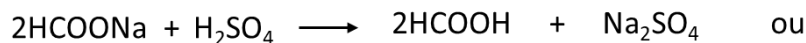
a) (2 pontos)



b) (4 pontos)



c) (4 pontos)



Questão 3. Um determinado sistema consiste em dois sólidos, A e B, cada qual com uma quantidade igual a 1 mol. Considere que os sólidos estão fisicamente separados, mas em contato térmico por meio de uma parede condutora de calor, a qual garante que estejam em equilíbrio térmico em todos os instantes. A temperatura inicial desse sistema é igual a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. O sistema é aquecido até atingir a temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. A temperatura de fusão de A é igual a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a de B é igual a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Considere ainda os dados a seguir.

- I. Variação de entalpia de fusão, de A, $\Delta H_{\text{fusão}}(\text{A}) = 1\text{ kJ mol}^{-1}$, e de B, $\Delta H_{\text{fusão}}(\text{B}) = 2\text{ kJ mol}^{-1}$;
- II. Capacidade calorífica molar sob pressão constante, de A sólido, $C_{p,\text{sólido}}(\text{A}) = 30\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$, e de B sólido, $C_{p,\text{sólido}}(\text{B}) = 20\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$;
- III. Capacidade calorífica molar sob pressão constante, de A líquido, $C_{p,\text{líquido}}(\text{A}) = 50\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$, e de B líquido, $C_{p,\text{líquido}}(\text{B}) = 100\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$.

Desenhe um gráfico da temperatura do sistema, em $^{\circ}\text{C}$, em função da quantidade de calor fornecida, em kJ, indicando o fenômeno físico e o valor numérico da quantidade de calor fornecida em cada etapa do processo de aquecimento, até a temperatura final ser atingida.

Resolução:

1,0 (um) ponto para o cálculo de cada etapa

Etapa 1: aquecimento de A e B sólidos de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_A = C_{p,\text{sólido}}(\text{A}) \times \Delta T = 30 \times 10 = 300\text{ J}$$

$$Q_B = C_{p,\text{sólido}}(\text{B}) \times \Delta T = 20 \times 10 = 200\text{ J}$$

$$\text{Total} = 500\text{ J} = 0,5\text{ kJ}$$

Etapa 2: fusão de A a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_A = \Delta H(\text{fusão de A}) = 1000\text{ J} = 1\text{ kJ}$$

Etapa 3: aquecimento de A líquido e B sólido de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_A = C_{p,\text{líquido}}(\text{A}) \times \Delta T = 50 \times 10 = 500\text{ J}$$

$$Q_B = C_{p,\text{sólido}}(\text{B}) \times \Delta T = 20 \times 10 = 200\text{ J}$$

$$\text{Total} = 700\text{ J} = 0,7\text{ kJ}$$

Etapa 4: fusão de B a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_B = \Delta H(\text{fusão de B}) = 2000\text{ J} = 2\text{ kJ}$$

Etapa 5: aquecimento de A e B líquidos de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

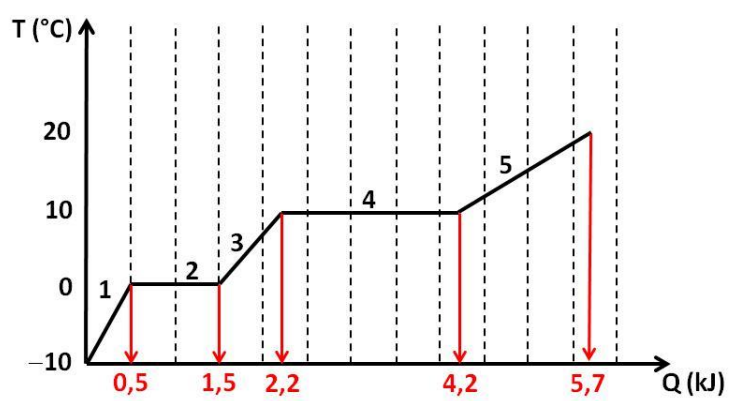
$$Q_A = C_{p,\text{líquido}}(\text{A}) \times \Delta T = 50 \times 10 = 500\text{ J}$$

$$Q_B = C_{p,\text{líquido}}(\text{B}) \times \Delta T = 100 \times 10 = 1000\text{ J}$$

$$\text{Total: } 1500\text{ J} = 1,5\text{ kJ}$$

Calor total nas 5 etapas: $500 + 1000 + 700 + 2000 + 1500 = 5700\text{ J} = 5,7\text{ kJ}$

5,0 (cinco) pontos para o gráfico



Questão 4. Duas soluções aquosas, contendo os cátions genéricos, A^+ e B^+ , são preparadas com as concentrações iniciais descritas a seguir.

Solução 1: $[A^+] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ e $[B^+] = 1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Solução 2: $[A^+] = 5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ e $[B^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

A cada uma dessas soluções são adicionadas quantidades progressivas de um ânion C^- , sem variação significativa do volume das soluções. Considere que os produtos de solubilidade dos sólidos $AC(s)$ e $BC(s)$ são iguais a 1×10^{-7} e 1×10^{-9} , respectivamente.

Com base nessas informações, determine o que se pede para a **solução 1** e para a **solução 2**.

- a) Qual sólido será formado primeiro com a adição progressiva de C^- a cada uma das soluções? Justifique a sua resposta.
- b) Conforme C^- é progressivamente adicionado, o segundo sólido começa a se formar. Nesse momento, qual é a concentração em solução do cátion desse primeiro sólido precipitado em cada solução?

Resolução:



a) Solução 1: 2,5 pontos

Para que ocorra a precipitação do sólido $AC(s)$ a concentração do íon C^- deve ser:

$$[A^+][C^-] = 1 \times 10^{-7}$$

$$(2 \times 10^{-2})[C^-] = 1 \times 10^{-7}$$

$$[C^-] = 5 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

Para que ocorra a precipitação do sólido $BC(s)$ a concentração do íon C^- deve ser:

$$[B^+][C^-] = 1 \times 10^{-9}$$

$$(1 \times 10^{-4})[C^-] = 1 \times 10^{-9}$$

$$[C^-] = 1 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

Portanto o sólido $AC(s)$ deve precipitar primeiro.

Solução 2: 2,5 pontos

Para que ocorra a precipitação do sólido $AC(s)$ a concentração do íon C^- deve ser:

$$[A^+][C^-] = 1 \times 10^{-7}$$

$$(5 \times 10^{-2})[C^-] = 1 \times 10^{-7}$$

$$[C^-] = 2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

Para que ocorra a precipitação do sólido $BC(s)$ a concentração do íon C^- deve ser:

$$[B^+][C^-] = 1 \times 10^{-9}$$

$$(1 \times 10^{-3})[C^-] = 1 \times 10^{-9}$$

$$[C^-] = 1 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

Portanto o sólido $BC(s)$ deve precipitar primeiro.

b) Solução 1: 2,5 pontos

Quando começa a ocorrer a precipitação do sólido $BC(s)$, temos que $[C^-] = 1 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$. Dessa forma, a concentração do íon A^+ deve ser:

$$[A^+][C^-] = 1 \times 10^{-7}$$

$$[A^+] (1 \times 10^{-5}) = 1 \times 10^{-7}$$

$$[A^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

Solução 2: **2,5 pontos**

Quando começa a ocorrer a precipitação do sólido $AC(s)$, temos que $[C^-] = 2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$. Dessa forma, a concentração do íon B^+ deve ser:

$$[B^+][C^-] = 1 \times 10^{-9}$$

$$[B^+] (2 \times 10^{-6}) = 1 \times 10^{-9}$$

$$[B^+] = 5 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

QUÍMICA

Questão 5. Uma amostra de 5,480 g de uma mistura de óxido e carbonato de um mesmo metal (com um estado de oxidação igual a +2 nesses compostos) é completamente dissolvida em excesso de ácido clorídrico. Nesse processo, 0,448 L (condições normais) de gás são liberados.

Com base nessas informações, determine os valores numéricos

- a) da composição da mistura, em frações mássicas, se a quantidade em mol de carbonato na mistura é duas vezes maior do que a quantidade do óxido;
- b) da concentração molar do sal formado na solução resultante, se o volume final da dissolução é igual a 200 mL.

Resolução:

Seja o metal desconhecido como M. Assim,



(a) (Pontuação: 8 pontos)

Encontre a quantidade de gás, CO_2 , liberado:

Moles de CO_2 na mostra

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2)/V(\text{condições normais}) = 0,448/22,4 = 0,02 \text{ moles}$$

por tanto,

$$n(\text{MCO}_3) = 0,02 \text{ mol};$$

$$n(\text{MO}) = 0,01 \text{ mol}.$$

Seja M_M a massa atômica do metal M,

Então:

$$0,01 (M_M + 16) + 0,02 (M_M + 60,01) = 5,480;$$

$$M_M = 137,33.$$

Massa de óxido, $\text{MO} = 1,53 \text{ g};$

fração mássica de $\text{MO} = 28\%;$

fração mássica de $\text{MCO}_3 = 72\%$

(b) (Pontuação: 2 pontos)

Concentração molar do sal formado na solução resultante;

$$\text{MCl}_2 = 0,03 \text{ mol};$$

Volume final da dissolução: $200 \text{ mL} = 0.2 \text{ L}$

$$\text{Concentração molar } \text{MCl}_2 = 0,15 \text{ mol/L}.$$

Questão 6. Suponha que, em medições experimentais realizadas no espaço sideral, foi descoberto um sistema formado de gás hidrogênio atômico excitado. A energia desse hidrogênio excitado é igual a $-0,34 \text{ meV}$, fazendo com que o sistema emita um espectro de ondas eletromagnéticas de forma aparentemente contínua. Considere o modelo do átomo proposto por Bohr para descrever esse sistema. Considere, ainda, que a energia do átomo de hidrogênio no estado fundamental é $-13,6 \text{ eV}$ e que o raio do átomo de hidrogênio no estado fundamental é igual a 53 pm .

Acerca desse sistema, determine o que se pede a seguir.

- Qual é o nível de energia no qual os átomos de hidrogênio excitados se encontram?
- Qual é o raio da órbita do elétron ao redor do próton nesses átomos de hidrogênio?
- Qual é a razão entre a velocidade do elétron do átomo de hidrogênio no estado fundamental e no estado excitado?

Resolução:

- a) (4 pontos) Considerando o modelo de Bohr e a informação sobre a energia de ligação:

$$\Delta E = -13,6 * \left(\frac{1}{n_{\text{superior}}^2} - \frac{1}{n_{\text{inferior}}^2} \right)$$

$$3,4 * 10^{-4} = -13,6 * \left(\frac{1}{\infty^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$n^2 = \frac{13,6}{3,4 * 10^{-4}} = 4 * 10^4$$

$$n = 200$$

- b) (3 pontos) O raio da órbita nesse estado previsto pelo modelo de Bohr é dado por:

$$r_n = n^2 * r_1$$

Onde r_1 é o raio do átomo de hidrogênio no estado fundamental.

$$r_{200} = 4 * 10^4 * 53 * 10^{-12}$$

$$r_{200} = 212 * 10^{-8} \text{ m} = 2,12 \mu\text{m}$$

- c) (3 pontos) Usando a relação de quantização do momento angular proveniente do modelo de Bohr:

$$mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi}, n = 1, 2, \dots$$

$$\frac{v_n r_n}{n} = \frac{h}{2\pi m}, n = 1, 2, \dots$$

Logo:

$$\frac{v_{200} r_{200}}{200} = \frac{v_1 r_1}{1}$$

$$\frac{v_{200}}{v_1} = \frac{200}{1} \frac{r_1}{r_{200}}$$

Substituindo os raios:

$$\frac{v_{200}}{v_1} = \frac{200}{1} \frac{r_1}{200^2 * r_1}$$

$$\frac{v_{200}}{v_1} = \frac{1}{200}$$

QUÍMICA

Questão 7. A primeira determinação experimental do tamanho de um núcleo foi feita a partir dos resultados do espalhamento de Rutherford de partículas α . Os resultados evidenciaram uma dependência entre o raio nuclear (R) e o número de massa (A), através da relação:

$$R = R_0 A^{1/3},$$

em que R_0 é uma constante.

Com base nessas informações, calcule o valor numérico:

- da densidade nuclear para o ${}_{29}\text{Cu}^{63}$, considerando que o raio para ${}_{30}\text{Zn}^{64}$ é $4,8 \times 10^{-15} \text{ m}$;
- da razão entre os raios nucleares do isótopo de magnésio ${}_{12}\text{Mg}^{24}$ e do isótopo de ósmio ${}_{76}\text{Os}^{192}$;
- da densidade nuclear para o seabórgio ${}_{106}\text{Sg}^{271}$, comparando-a com o valor da densidade nuclear do ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ obtida no item (a) acima.

Resolução:

$$R_{\text{Zn}} = R_0 A_{\text{Zn}}^{1/3}$$

$$R_0 = R_{\text{Zn}} / A_{\text{Zn}}^{1/3}$$

$$R_0 = 4,8 \times 10^{-15} \text{ m} / 64^{1/3}$$

$$R_0 = 4,8 \times 10^{-15} \text{ m} / 4$$

$$R_0 = 1,2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

Cálculo da densidade do núcleo

$$\rho_N = \text{Massa do núcleo } (M_N) / \text{Volume Nuclear } (V_N)$$

- a) (4 pontos) Massa do núcleo $M_N = A \times 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ onde A é o número de massa do núcleo. Unidade de massa atômica, $u = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

$$\text{Volume nuclear, } V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}(\pi R_0 A^{1/3})^3$$

$$V = \frac{4}{3}\pi R_0^3 \times A$$

para o núcleo ${}_{29}\text{Cu}^{63}$

$$\rho_N = \frac{A \times 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 \times A}$$

$$\rho_N = \frac{3 \times 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}}{4\pi \times (1,2 \times 10^{-15} \text{ m})^3}$$

$$\rho_N = \frac{5 \times 10^{-27} \text{ kg}}{4\pi \times 1,7 \times 10^{-45} \text{ m}^3}$$

$$\rho_N = \frac{5 \times 10^{-27} \text{ kg}}{2,2 \times 10^{-44} \text{ m}^3}$$

$$\rho_N = 2,3 \times 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- b) (3 pontos) Cálculo;

Número de massa do magnésio, $A_1 = 24$

Raio nuclear do magnésio, $R_1 = R_0 A_1^{1/3}$

Número de massa do ósmio, $A_2 = 192$

Raio nuclear do ósmio, $R_2 = R_0 A_2^{1/3}$

$$R_1/R_2 = (A_1/A_2)^{1/3}$$

$$R_1/R_2 = (24/192)^{1/3}$$

$$R_1/R_2 = (1/8)^{1/3}$$

$$R_1/R_2 = 0,5$$

c) (3 pontos) Cálculo da densidade nuclear;

$$\text{Densidade Nuclear} = M/V$$

$$\text{Densidade Nuclear} = 3 \times A (1.67 \times 10^{-27}) \text{ kg} / 4 \times 3.14 (1.2 \times 10^{-15} \text{ m})^3 \times A$$

Os núcleos mais pesados são maiores em tamanho do que os núcleos mais leves. Nesse modelo, a densidade nuclear é independente do número de massa de um átomo.

$$\text{Densidade Nuclear} = 2,31 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

QUÍMICA

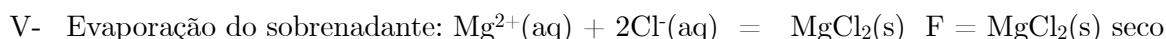
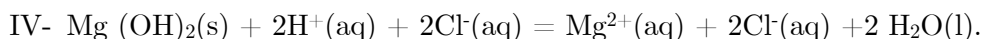
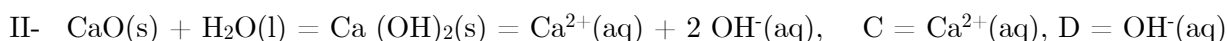
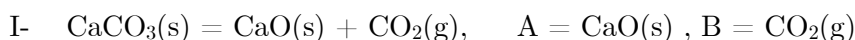
Questão 8. O método de obtenção de magnésio metálico consiste nas seguintes etapas:

- I. Uma amostra de carbonato de cálcio sólido é aquecida a altas temperaturas, formando um produto sólido A e um gasoso B.
- II. Em seguida, o sólido A é tratado com água do mar, formando-se um hidróxido pouco solúvel que se ioniza formando os produtos C e D.
- III. Os ânions D reagem com cátions Mg^{2+} da água do mar. O resultado é um precipitado E.
- IV. O composto E é separado por filtração e dissolvido por meio da adição de uma solução aquosa de ácido clorídrico.
- V. A seguir, o solvente da solução é evaporado, obtendo-se o sal iônico F seco.
- VI. Finalmente, o sal F é submetido a uma eletrólise ígnea.

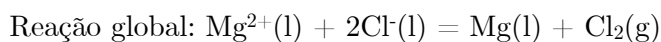
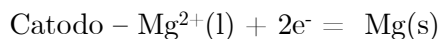
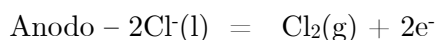
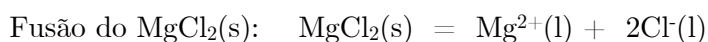
Determine o que se pede.

- a) Apresente as equações químicas balanceadas que representam as reações, identificando os produtos A, B, C, D, E e F formados.
- b) Em relação à eletrólise ígnea, mostre as semi-equações que representam as semi-reações que ocorreram no anodo e no catodo, assim como a reação global.

Resolução:



VI- Eletrólise ígnea:



Pontuação:

Item a. 6 pontos.

Item b. 4 pontos.

QUÍMICA

Questão 9. Apresente os compostos orgânicos formados a partir das reações do etanoato de metila com os seguintes reagentes:

- I. solução aquosa de ácido clorídrico.
 - II. solução aquosa de hidróxido de sódio.
 - III. amônia gasosa.
 - IV. $\text{Li}(\text{AlH}_4)$ dissolvido em dietil éter, seguido da adição de uma solução aquosa ácida.
-

Resolução:

- I. $\text{H}_3\text{CCOOH} + \text{H}_3\text{COH}$.
- II. $\text{H}_3\text{CCOONa} + \text{H}_3\text{COH}$.
- III. $\text{H}_3\text{CCONH}_2 + \text{H}_3\text{COH}$
- IV. $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{OH} + \text{H}_3\text{COH}$

Pontuação:

- I – 2 pontos
- II – 2 pontos
- III – 2 pontos
- IV – 4 pontos

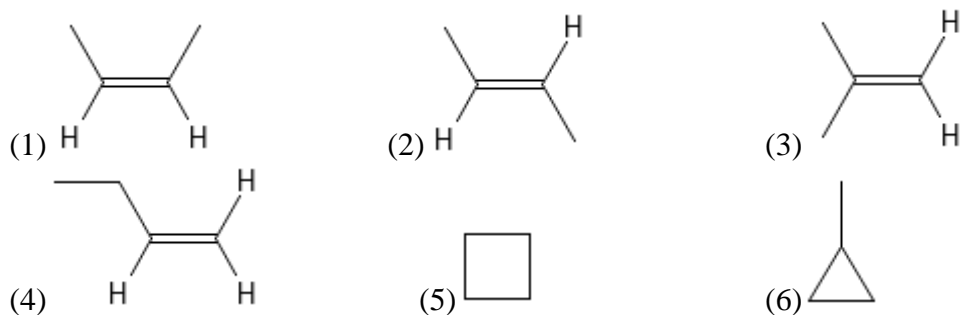
Questão 10. Considere o composto de fórmula C_4H_8 .

Apresente:

- os seis isômeros estruturais e geométricos;
- a fórmula estrutural dos produtos dibromados formados nas reações de cada um desses seis isômeros com Br_2 . Considere que as condições das reações são adequadas para que ocorram de forma completa e produtos dibromados sejam gerados.

Resolução:

a) 3,0 (três) pontos



b) 7,0 (sete) pontos

Reações com Br_2 :

