

## GABARITO QUÍMICA

### Questão 1

O momento magnético,  $\mu$ , é uma medida da força com que uma substância paramagnética é atraída por um campo magnético externo.

$$\mu = \mu_B \sqrt{n(n+2)}$$

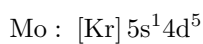
Onde  $n$  é o número de elétrons desemparelhados e  $\mu_B$ , o magneton de Bohr, é uma constante.

- Determine** a configuração eletrônica do molibdênio, que possui  $\mu = 6,93 \mu_B$  no estado fundamental.
- Determine** a configuração eletrônica do paládio, que possui  $\mu = 0$  no estado fundamental.
- Determine** o elemento do terceiro período que possui  $\mu = 3,87 \mu_B$  no estado fundamental.
- Determine** o elemento do quarto período que possui  $\mu = 5,92 \mu_B$  no estado fundamental.

### Gabarito

**Etapla 1. (a)** O molibdênio possui  $\mu = 6,93 \mu_B$ , o que corresponde a 6 elétrons desemparelhados.

Para possuir seis elétrons desemparelhados o molibdênio deve possuir os subníveis 5s e 4d completamente semi-preenchidos. Sua configuração eletrônica, portanto, é irregular:



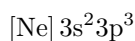
**Etapla 2. (b)** O paládio não possui elétrons desemparelhados.

Para que não possua elétrons desemparelhados, o paládio deve ter o subnível 4d completamente preenchido. Sua configuração eletrônica, portanto, é irregular:



**Etapla 3. (c)** O elemento possui  $\mu = 3,87 \mu_B$ , o que corresponde a 3 elétrons desemparelhados.

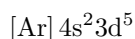
Para que um elemento do terceiro período possua três elétrons desemparelhados ele deve ter o subnível 3p completamente semi-preenchido. Sua configuração eletrônica é



e seu número atômico é 15 (fósforo).

**Etapla 4. (c)** O elemento possui  $\mu = 5,92 \mu_B$ , o que corresponde a 5 elétrons desemparelhados.

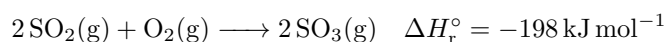
Para que um elemento do quarto período possua cinco elétrons desemparelhados ele deve ter o subnível 3d completamente semi-preenchido. Sua configuração eletrônica é



e seu número atômico é 25 (manganês).

## Questão 2

Em uma planta de produção de ácido sulfúrico é conduzida a reação:



em um reator dotado de um pistão que se move sem atrito. O reator é carregado com  $2 \text{ m}^3$  de dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ , e  $10 \text{ m}^3$  de ar, ambos em  $25^{\circ}\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$ . A reação se completa com a temperatura e pressão mantidas constantes.

- Determine o volume do reator ao final da reação.
- Determine o trabalho executado.
- Determine a variação de entalpia do sistema.
- Determine a variação de energia interna do sistema.

### Gabarito

**Etapla 1. (a)** Calcule o volume inicial de  $\text{O}_2$  e  $\text{N}_2$ .

$$V_{\text{O}_2} = x_{\text{O}_2} V_{\text{ar}} = (0,21) \times (10 \text{ m}^3) = 2,1 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = x_{\text{N}_2} V_{\text{ar}} = (0,79) \times (10 \text{ m}^3) = 7,9 \text{ m}^3$$

**Etapla 2.** Elabore uma tabela de reação.

	$2\text{SO}_2$	$\text{O}_2$	$\longrightarrow$	$2\text{SO}_3$
início	2	2,1		0
reação	-2	-1		+2
final	0	1,1		2

**Etapla 3.** Insira os valores da tabela na expressão do volume total.

$$V_{\text{total}} = V_{\text{SO}_2} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{SO}_3} + V_{\text{N}_2} = \{(1,1) + (2) + (7,9)\} \text{ m}^3 = \boxed{11 \text{ m}^3}$$

**Etapla 4. (b)** Calcule o trabalho de expansão dos gases.

$$W = P\Delta V = (101 \text{ kPa}) \times (11 \text{ m}^3 - 12 \text{ m}^3) = \boxed{-101 \text{ kJ}}$$

**Etapla 5. (c)** Calcule a quantidade de  $\text{SO}_2$  que reagiu.

De  $PV = nRT$ ,

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{(1 \text{ atm}) \times (2 \cdot 10^3 \text{ L})}{(0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}}) \times (298 \text{ K})} = 82 \text{ mol}$$

**Etapla 6.** Calcule a variação de entalpia do sistema.

$$\Delta H = n\Delta H_{\text{r}} = \frac{1}{2} n_{\text{SO}_2} \Delta H_{\text{r}} = \frac{1}{2} \times (82 \text{ mol}) \times (-198 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) = \boxed{-8118 \text{ kJ}}$$

**Etapla 7. (d)** Use a primeira lei da termodinâmica.

Em pressão constante, o calor é  $Q_P = \Delta H$ , logo,

$$\Delta U = Q - W = (-8118 \text{ kJ}) - (-101 \text{ kJ}) = \boxed{-8017 \text{ kJ}}$$

### Questão 3

Uma solução é preparada pela dissolução de 0,248 mol de fosfato de potássio,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , em 1 kg de água destilada. Dados de espectrofotometria revelaram que a concentração de íons potássio na solução é  $0,738 \text{ mol L}^{-1}$ .

- Determine a densidade da solução.
- Determine o volume da solução necessário para obter 106 g de fosfato de potássio.

### Gabarito

**Etapla 1. (a)** Base de cálculo: 0,248 mol de  $\text{K}_3\text{PO}_4$ . Calcule a massa da solução contendo 0,248 mol de  $\text{K}_3\text{PO}_4$ .

$$m = m_{\text{K}_3\text{PO}_4} + m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{K}_3\text{PO}_4} M_{\text{K}_3\text{PO}_4} + m_{\text{H}_2\text{O}} = (0,248 \text{ mol}) \times (212 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) + 1000 \text{ g} = 1053 \text{ g}$$

**Etapla 2.** Calcule a molaridade do  $\text{K}_3\text{PO}_4$  em solução.

Cada  $\text{K}_3\text{PO}_4$  contém três íons  $\text{K}^+$ , logo,

$$c_{\text{K}_3\text{PO}_4} = \frac{1}{3} c_{\text{K}^+} = \frac{1}{3} \times (0,738 \frac{\text{mol}}{\text{L}}) = 0,246 \text{ mol L}^{-1}$$

**Etapla 3.** Calcule o volume da solução contendo 0,248 mol de  $\text{K}_3\text{PO}_4$ .

$$V = \frac{n_{\text{K}_3\text{PO}_4}}{c_{\text{K}_3\text{PO}_4}} = \frac{0,248 \text{ mol}}{0,246 \text{ mol L}^{-1}} = 1,01 \text{ L}$$

**Etapla 4.** Divida a massa pelo volume.

$$d = \frac{m}{V} = \frac{1053 \text{ g}}{1,01 \text{ L}} = \boxed{1043 \text{ g L}^{-1}}$$

**Etapla 5. (b)** Converta a massa de  $\text{K}_3\text{PO}_4$  em quantidade utilizando sua massa molar.

$$n_{\text{K}_3\text{PO}_4,2} = \frac{m_{\text{K}_3\text{PO}_4,2}}{M_{\text{K}_3\text{PO}_4}} = \frac{106 \text{ g}}{212 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,5 \text{ mol}$$

**Etapla 6.** Calcule o volume de solução contendo 0,5 mol de  $\text{K}_3\text{PO}_4$ .

$$V_2 = \frac{n_{\text{K}_3\text{PO}_4,2}}{c_{\text{K}_3\text{PO}_4}} = \frac{0,5 \text{ mol}}{0,246 \text{ mol L}^{-1}} = \boxed{2,03 \text{ L}}$$

### Questão 4

Considere a reação a seguir.



A velocidade dessa reação aumenta consideravelmente quando iodeto de sódio, NaI, é adicionado ao meio reacional. O iodeto de sódio não é formado nem consumido pela reação sendo, portanto, considerado um catalisador.

- Proponha** um mecanismo para a reação sem a adição do catalisador.
- Explique** como a adição do catalisador aumenta a velocidade da reação.

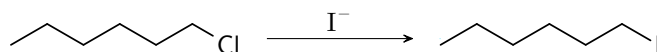
#### Gabarito

**Etapla 1. (a)** A reação é de substituição nucleofílica. Verifique se o mecanismo é  $\text{S}_\text{N}1$  ou  $\text{S}_\text{N}2$ .

Como o reagente é um haleto de alquila primário, a reação ocorre via  $\text{S}_\text{N}2$ .

**Etapla 2. (b)** O catalisador participa da reação formando um intermediário, que é posteriormente convertido no produto final.

O iodeto é um ânion grande e polarizável e, por isso, é um bom nucleófilo. Quando o iodeto de sódio é adicionado ao meio reacional ocorre a reação de  $\text{S}_\text{N}2$ :



O iodo também é um excelente grupo de saída devido ao seu grande raio iônico. Os grupos cianeto substituem o iodo em outra reação de substituição nucleofílica  $\text{S}_\text{N}2$ :



### Questão 5

Considere a distribuição eletrônica de três elementos, A, B e C, a seguir.

$$\text{A} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^1$$

$$\text{B} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 4d^{10}$$

$$\text{C} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 5d^1$$

As energias de ionização desses elementos são  $540 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $600 \text{ kJ mol}^{-1}$  e  $730 \text{ kJ mol}^{-1}$ , e os raios atômicos são 160 pm, 180 pm e 195 pm.

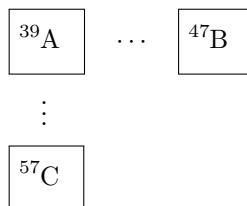
**Associe** os valores das energias de ionização e dos raios atômicos aos elementos A, B e C.

#### Gabarito

**Etapla 1.** Determine a posição relativa de A, B e C na Tabela Periódica.

Os elementos A e B pertencem ao quinto período. C pertence ao sexto período. A e C possuem configuração  $nd^1$  e, portanto, pertencem ao grupo 3.

A posição relativa de A, B e C na Tabela Periódica é:



**Etapla 2.** Compare as energias de ionização de A, B e C baseado em sua posição na Tabela Periódica.

A energia de ionização cresce para cima e para a direita na Tabela Periódica. Logo,

$$I_C < I_A < I_B$$

Assim,

$$I_A = 600 \text{ kJ mol}^{-1} \quad I_B = 730 \text{ kJ mol}^{-1} \quad I_C = 540 \text{ kJ mol}^{-1}$$

**Etapla 3.** Compare os raios atômicos de A, B e C baseado em sua posição na Tabela Periódica.

O raio atômico cresce para baixo e para a esquerda na Tabela Periódica. Logo,

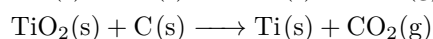
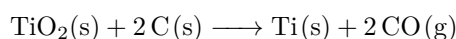
$$r_B < r_A < r_C$$

Assim,

$$r_A = 180 \text{ pm} \quad r_B = 160 \text{ pm} \quad r_C = 195 \text{ pm}$$

## Questão 6

O titânio é produzido industrialmente pela redução do óxido de titânio com carbono. Esse processo pode ser descrito por duas reações:



Suponha que  $\Delta H_f^\circ$  e  $\Delta S_f^\circ$  são independentes da temperatura.

- Determine** a entalpia padrão das reações de redução do óxido de titânio em 1000 K.
- Determine** a entropia padrão das reações de redução do óxido de titânio em 1000 K.
- Determine** a temperatura mínima na qual o óxido de titânio pode ser reduzido pelo carbono.

Dados em 1000 K	Ti(s)	C(s)	TiO <sub>2</sub> (s)	CO(g)	CO <sub>2</sub> (g)
Entalpia padrão de formação, $\Delta H_f^\circ / \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$			-940	-137	-394
Entropia padrão molar, $S_m^\circ / \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$	30	6	50	198	214

## Gabarito

**Etapa 1. (a)** Calcule a entalpia padrão de redução do  $\text{TiO}_2$  formando  $\text{CO}$ , reação 1.

$$\text{De } \Delta H_r^\circ = \sum_{\text{produtos}} n\Delta H_f^\circ - \sum_{\text{reagentes}} n\Delta H_f^\circ,$$

$$\Delta H_{r,1}^\circ = 2\Delta H_{f,\text{CO(g)}}^\circ - \Delta H_{f,\text{TiO}_2(\text{s})}^\circ$$

logo,

$$\Delta H_{r,1}^\circ = \left\{ 2(-137) - (-940) \right\} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \boxed{+666 \text{ kJ mol}^{-1}}$$

**Etapa 2.** Calcule a entalpia padrão de redução do  $\text{TiO}_2$  formando  $\text{CO}_2$ , reação 2.

$$\text{De } \Delta H_r^\circ = \sum_{\text{produtos}} n\Delta H_f^\circ - \sum_{\text{reagentes}} n\Delta H_f^\circ,$$

$$\Delta H_{r,2}^\circ = \Delta H_{f,\text{CO}_2(\text{g})}^\circ - \Delta H_{f,\text{TiO}_2(\text{s})}^\circ$$

logo,

$$\Delta H_{r,2}^\circ = \left\{ (-394) - (-940) \right\} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = +546 \text{ kJ mol}^{-1}$$

**Etapa 3. (b)** Calcule a entropia padrão de redução do  $\text{TiO}_2$  formando  $\text{CO}$ , reação 1.

$$\text{De } \Delta S_r^\circ = \sum_{\text{produtos}} nS_m^\circ - \sum_{\text{reagentes}} nS_m^\circ,$$

$$\Delta S_{r,1}^\circ = S_{m,\text{Ti(s)}}^\circ + 2S_{m,\text{CO(g)}}^\circ - S_{m,\text{TiO}_2(\text{s})}^\circ - 2S_{m,\text{C(s)}}^\circ$$

logo,

$$\Delta S_{r,1}^\circ = \left\{ (30) + 2(198) - (50) - 2(6) \right\} \frac{\text{J}}{\text{K mol}} = \boxed{+364 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}$$

**Etapa 4.** Calcule a entropia padrão de redução do  $\text{TiO}_2$  formando  $\text{CO}_2$ , reação 2.

$$\text{De } \Delta S_r^\circ = \sum_{\text{produtos}} nS_m^\circ - \sum_{\text{reagentes}} nS_m^\circ,$$

$$\Delta S_{r,1}^\circ = S_{m,\text{Ti(s)}}^\circ + S_{m,\text{CO}_2(\text{g})}^\circ - S_{m,\text{TiO}_2(\text{s})}^\circ - S_{m,\text{C(s)}}^\circ$$

logo,

$$\Delta S_{r,1}^\circ = \left\{ (30) + (214) - (50) - (6) \right\} \frac{\text{J}}{\text{K mol}} = \boxed{+188 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}$$

**Etapa 5. (c)** Calcule a temperatura mínima na qual a reação 1 é espontânea.

$$\text{De } \Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0,$$

$$T_1 = \frac{\Delta H_{r,1}^\circ}{\Delta S_{r,1}^\circ} = \frac{+666 \text{ kJ mol}^{-1}}{+364 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} = 1830 \text{ K}$$

**Etapa 6.** Calcule a temperatura mínima na qual a reação 2 é espontânea.

$$\text{De } \Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0,$$

$$T_2 = \frac{\Delta H_{r,2}^\circ}{\Delta S_{r,2}^\circ} = \frac{+546 \text{ kJ mol}^{-1}}{+188 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} = 2900 \text{ K}$$

**Etapa 7.** A temperatura mínima na qual a redução é espontânea é a menor das temperaturas  $T_1$  e  $T_2$ .

$$T = \boxed{1830 \text{ K}}$$

### Questão 7

Um químico pesou 5,14 g de uma amostra contendo quantidades desconhecidas de óxido de bário, BaO, e óxido de cálcio, CaO. A amostra pesada foi colocada em um balão de 1,5 L contendo dióxido de carbono em 30 °C e 750 Torr. Toda a amostra sólida reagiu formando carbonato de bário, BaCO<sub>3</sub> e carbonato de cálcio, CaCO<sub>3</sub>. Ao final da reação, a pressão no balão caiu para 230 Torr.

Determine a fração mássica de óxido de cálcio na amostra original.

#### Gabarito

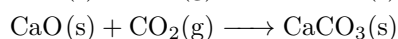
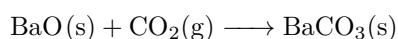
**Etapla 1.** A massa total da mistura é a soma das massas de óxido de bário e óxido de cálcio.

$$m = m_{\text{BaO}} + m_{\text{CaO}} = (153,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}})n_{\text{BaO}} + (56 \frac{\text{g}}{\text{mol}})n_{\text{CaO}} = 5,14 \text{ g}$$

logo,

$$153,3n_{\text{BaO}} + 56n_{\text{CaO}} = 5,14 \text{ mol} \quad (\text{I})$$

**Etapla 2.** Escreva as equações química balanceadas para as reações.



**Etapla 3.** Calcule a quantidade de CO<sub>2</sub> que reagiu.

De  $PV = nRT$ ,

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{(750 \text{ Torr} - 230 \text{ Torr}) \times (1,5 \text{ L})}{(62,4 \frac{\text{Torr L}}{\text{mol K}}) \times (303 \text{ K})} = 0,04 \text{ mol}$$

Todo o CO<sub>2</sub> reage com todo BaO e CaO, logo,

$$n_{\text{BaO}} + n_{\text{CaO}} = 0,04 \text{ mol} \quad (\text{II})$$

**Etapla 4.** Resolva o sistema de Equações I e II.

$$\begin{cases} 153,3n_{\text{BaO}} + 56n_{\text{CaO}} = 5,14 \text{ mol} \\ n_{\text{BaO}} + n_{\text{CaO}} = 0,04 \text{ mol} \end{cases}$$

resolvendo,  $n_{\text{BaO}} = 0,03 \text{ mol}$  e  $n_{\text{CaO}} = 0,01 \text{ mol}$

**Etapla 5.** Calcule a fração mássica de CaO.

$$f_{\text{CaO}} = \frac{m_{\text{CaO}}}{m} = \frac{n_{\text{CaO}}M_{\text{CaO}}}{m} = \frac{(0,01 \text{ mol}) \times (56 \frac{\text{g}}{\text{mol}})}{5,14 \text{ g}} = \boxed{11\%}$$

### Questão 8

Uma amostra sólida finamente pulverizada de um óxido de ósmio (que funde em 40 °C e ferve em 130 °C), sua massa é 1,509 g, foi colocada em um cilindro dotado de um pistão móvel que pode se expandir contra a pressão atmosférica de 745 Torr. A quantidade de ar residual inicialmente presente no cilindro é desprezível. Quando a amostra é aquecida até 200 °C, ocorre a vaporização completa e o volume do cilindro se expande até 235 mL.

- a. **Determine** a fórmula molecular do óxido.
- b. **Determine** raiz quadrada da velocidade quadrática média das moléculas do vapor do óxido.

### Gabarito

**Etapa 1. (a)** Calcule a massa molar a partir da densidade do gás.

De  $d = PM/RT$ ,

$$M = \frac{dRT}{P} = \frac{\left(\frac{1,509 \text{ g}}{0,235 \text{ L}}\right) \times \left(62,4 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}}\right) \times (473 \text{ K})}{745 \text{ Torr}} = 254 \text{ g mol}^{-1}$$

**Etapa 2.** Suponha que a fórmula molecular do óxido é  $\text{OsO}_x$ .

$$M = \{190 + x(16)\} \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 254 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

logo,  $x = 4$ , e a fórmula molecular do óxido é  $\boxed{\text{OsO}_4}$

**Etapa 3. (b)** Use a equação da raiz quadrada da velocidade quadrática média das moléculas de um gás.

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \left( \frac{3 \times \left(8,3 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}\right) \times (473 \text{ K})}{0,254 \text{ kg mol}^{-1}} \right)^{1/2} = \boxed{215 \text{ m s}^{-1}}$$

### Questão 9

Um tambor selado contém ar seco e uma mistura equimolar de benzeno e tolueno líquidos em  $20^\circ\text{C}$ . A pressão de vapor do benzeno é 90 Torr e a do tolueno é 30 Torr nessa temperatura. Um manômetro acoplado ao tambor registra a pressão total de 760 Torr. Em uma queda durante seu transporte, o tambor foi danificado e seu volume interno diminuiu para 70% do volume inicial, sem que tenha havido vazamento. A temperatura interna se manteve estável em  $20^\circ\text{C}$ .

- a. **Determine** a pressão parcial do ar seco no tambor.
- b. **Determine** a fração molar de benzeno na fase gasosa antes da queda.
- c. **Determine** a fração molar de benzeno na fase gasosa após a queda.

### Gabarito

**Etapa 1. (a)** Calcule a pressão de vapor da mistura usando a lei de Raoult.

$$P_{\text{vap}} = x_{\text{C}_6\text{H}_6} P_{\text{C}_6\text{H}_6}^* + x_{\text{C}_7\text{H}_8} P_{\text{C}_7\text{H}_8}^* = (0,5) \times (90 \text{ Torr}) + (0,5) \times (30 \text{ Torr}) = 60 \text{ Torr}$$

**Etapa 2.** Calcule a pressão parcial do ar seco.

$$P_{\text{ar}} = P_{\text{total}} - P_{\text{vap}} = (760 \text{ Torr}) - (60 \text{ Torr}) = \boxed{700 \text{ Torr}}$$

**Etapa 3. (b)** Calcule a fração molar de benzeno na fase gasosa usando a lei de Dalton.



$$y_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{P_{\text{C}_6\text{H}_6}}{P_{\text{total}}} = \frac{x_{\text{C}_6\text{H}_6} P_{\text{C}_6\text{H}_6}^*}{P_{\text{total}}} = \frac{(0,5) \times (90 \text{ Torr})}{760 \text{ Torr}} = \boxed{0,059}$$

**Etapa 4. (c)** Calcule a pressão parcial do ar seco após a queda.

Para uma transformação de gases em que a quantidade e a temperatura permanecem constantes,  $PV = P'V'$ . Logo,

$$P'_{\text{ar}} = P \frac{V}{V'} = (700 \text{ Torr}) \times \left( \frac{100}{70} \right) = 1000 \text{ Torr}$$

**Etapa 5.** Calcule a pressão total após a queda.

Como a temperatura permanece constante, a pressão de vapor permanece inalterada após a queda.

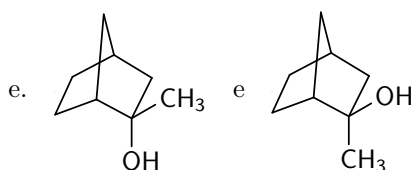
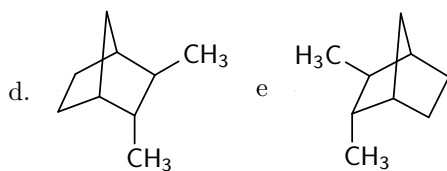
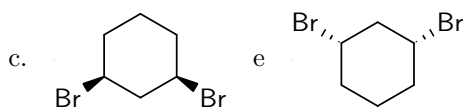
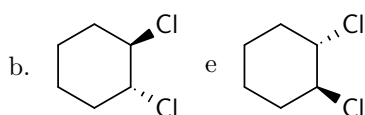
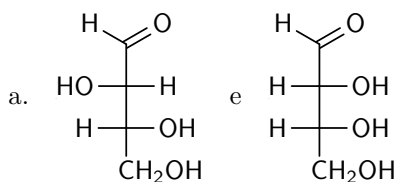
$$P'_{\text{total}} = P'_{\text{ar}} + P_{\text{vap}} = (1000 \text{ Torr}) + (60 \text{ Torr}) = 1060 \text{ Torr}$$

**Etapa 6.** Calcule a fração molar de benzeno na fase gasosa após a queda usando a lei de Dalton.

$$y'_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{P_{\text{C}_6\text{H}_6}}{P'_{\text{total}}} = \frac{x_{\text{C}_6\text{H}_6} P_{\text{C}_6\text{H}_6}^*}{P'_{\text{total}}} = \frac{(0,5) \times (90 \text{ Torr})}{1060 \text{ Torr}} = \boxed{0,042}$$

### Questão 10

**Classifique** cada par de compostos a seguir como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



**Gabarito**

- a. Diastereoisômeros
- b. Enantiômeros
- c. Representações diferentes do mesmo composto.
- d. Enantiômeros.
- e. Diastereoisômeros