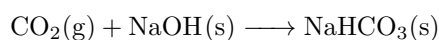


**GABARITO QUÍMICA**

**Questão 49**

Uma amostra de  $10 \text{ cm}^3$  de um hidrocarboneto desconhecido foi misturada com  $70 \text{ cm}^3$  de gás oxigênio. A reação de combustão foi iniciada por uma descarga elétrica. Ao final da reação, o vapor d'água foi liquefeito e o volume dos gases de exaustão diminuiu para  $65 \text{ cm}^3$ . Os gases foram passados por um leito contendo hidróxido de sódio, que absorve o  $\text{CO}_2$  conforme a reação:



Após a passagem pelo leito, o volume de gás diminuiu para  $45 \text{ cm}^3$ .

**Assinale** a alternativa com a fórmula molecular do hidrocarboneto.

A ( )  $\text{CH}_4$

B ( )  $\text{C}_2\text{H}_2$

C ( )  $\text{C}_2\text{H}_6$

D ( )  $\text{C}_3\text{H}_6$

E ( )  $\text{C}_3\text{H}_8$

**Gabarito: B**

**Etapa 1.** Calcule o  $\text{CO}_2$  formado na reação de combustão.

Quando o  $\text{CO}_2$  é absorvido pelo leito de  $\text{NaOH}$  o volume da mistura gasosa diminui em  $20 \text{ cm}^3$ , logo:

$$V_{\text{CO}_2} = 20 \text{ cm}^3$$

**Etapa 2.** Calcule o volume de  $\text{O}_2$  em excesso ao final da reação.

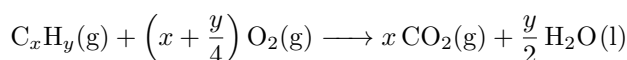
Após a condensação de  $\text{H}_2\text{O}$  e absorção do  $\text{CO}_2$ , o único gás retante na reação é o oxigênio em excesso, logo,

$$V_{\text{O}_2, \text{xs}} = 45 \text{ cm}^3$$

**Etapa 3.** Calcule o volume de  $\text{O}_2$  consumido na reação de combustão.

$$V_{\text{O}_2, \text{consumido}} = V_{\text{O}_2} - V_{\text{O}_2, \text{xs}} = 70 \text{ cm}^3 - 45 \text{ cm}^3 = 25 \text{ cm}^3$$

**Etapa 4.** Seja  $\text{C}_x\text{H}_y$  a fórmula empírica do hidrocarboneto. Escreva a reação de combustão balanceada.



**Etapa 5.** Use a relação estequiométrica para converter o volume de  $\text{C}_x\text{H}_y$  no volume de  $\text{CO}_2$ .

$$x = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{C}_x\text{H}_y}} = \frac{20 \text{ cm}^3}{10 \text{ cm}^3} = 2$$

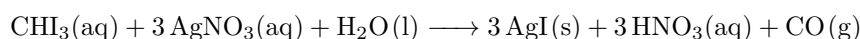
**Etapa 6.** Use a relação estequiométrica para converter o volume de  $\text{C}_x\text{H}_y$  no volume de  $\text{O}_2$ .

$$\left(x + \frac{y}{4}\right) = \frac{V_{O_2}}{V_{C_xH_y}} = \frac{25 \text{ cm}^3}{10 \text{ cm}^3} = 2,5$$

logo,  $y = 2$ , e a fórmula empírica do hidrocarboneto é  $\boxed{C_2H_2}$ .

### Questão 50

A ação de uma solução alcalina de iodo sobre o raticida varfarina,  $C_{19}H_{16}O_4$  resulta na formação de uma molécula de iodoformio,  $CHI_3$ , para cada molécula do composto reagido. A análise da varfarina pode então ser baseada na reação entre o iodoformio e cátions prata:



Uma amostra de 6,16 g de um raticida comercial contendo varfarina foi tratada com uma solução alcalina de iodo. O iodoformio produzido foi coletado em 100 mL de uma solução contendo  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  de cátions ferro(III). A solução resultante foi tratada com 25 mL de nitrato de prata,  $0,03 \text{ mol L}^{-1}$  e então foi titulada com 3 mL de tiocianato de potássio  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ .

Considere as proposições.

1. O iodoformio não pode ser titulado diretamente com a prata devido à dificuldade de identificação do ponto de equivalência. Nesse caso foi empregado o método de titulação indireta por retrotitulação, sendo os cátions ferro(III) adicionados para identificar o ponto de equivalência na titulação da prata com o tiocianato.
2. Os íons nitrato e os cátions ferro(III) são íons espectadores das reações de titulação.
3. A amostra continha cerca de 10% de varfarina em massa.
4. Se a solução de nitrato de prata fosse adicionada diretamente à solução resultante da primeira etapa do processo, haveria interferência dos íons hidróxido e a fração mássica de varfarina calculada incorretamente seria superior ao valor correto.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

A ( ) 1, 2 e 3

B ( ) 1, 2 e 4

C ( ) 1, 3 e 4

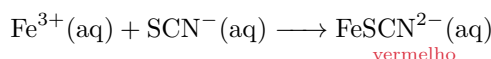
D ( ) 2, 3 e 4

E ( ) 1, 2, 3 e 4

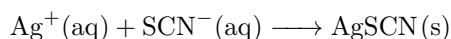
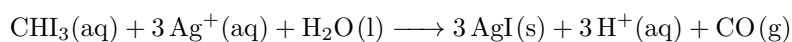
### Gabarito: E

**Etapla 1. (1)** Escreva a equação iônica simplificada da reação do  $Fe^{3+}$  com  $SCN^-$ .

O ferro atua como indicador para o íon tiocianato:



**Etapla 2. (2)** Escreva as equações iônicas simplificadas das reações de precipitação.



Os íons nitrato e os cátions ferro(III) são íons espectadores já que não participam das reações de titulação.

**Etapla 3. (3)** Calcule a quantidade adicionada de  $Ag^+$  e  $SCN^-$ .



$$n_{\text{Ag}^+} = n_{\text{AgNO}_3} = c_{\text{AgNO}_3} V_{\text{AgNO}_3} = (0,03 \frac{\text{mol}}{\text{L}}) \times (25 \text{ mL}) = 0,75 \text{ mmol}$$

$$n_{\text{SCN}^-} = n_{\text{KSCN}} = c_{\text{KSCN}} V_{\text{KSCN}} = (0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L}}) \times (3 \text{ mL}) = 0,15 \text{ mmol}$$

**Etapla 4.** Use as relações estequiométricas para converter as quantidades de  $\text{Ag}^+$  em  $\text{SCN}^-$  e  $\text{CHI}_3$ .

$$n_{\text{Ag}^+} = 3n_{\text{CHI}_3} + n_{\text{SCN}^-}$$

logo,

$$n_{\text{CHI}_3} = \frac{1}{3} \{ 0,75 \text{ mmol} - 0,15 \text{ mmol} \} = 0,2 \text{ mmol}$$

**Etapla 5.** Converta a quantidade de  $\text{CHI}_3$  na quantidade de varfarina.

Como cada molécula de varfarina libera uma molécula de iodoformio:

$$n_{\text{varfarina}} = 0,2 \text{ mmol}$$

**Etapla 6.** Converta a quantidade de varfarina,  $\text{C}_{19}\text{H}_{16}\text{O}_4$ , em massa.

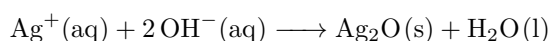
$$m_{\text{varfarina}} = n_{\text{varfarina}} M_{\text{varfarina}} = (0,2 \text{ mmol}) \times (308 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) = 61,6 \text{ mg}$$

**Etapla 7.** Calcule a fração mássica de varfarina na amostra.

$$f_{\text{varfarina}} = \frac{m_{\text{varfarina}}}{m_{\text{amostra}}} = \frac{61,6 \text{ mg}}{6,16 \text{ g}} = \boxed{10\%}$$

**Etapla 8. (4)** Verifique a possibilidade de reações indesejadas com o íon hidróxido.

Os íons hidróxido podem reagir com a prata formando um precipitado insolúvel:



Quando parte da prata é consumida devido à formação de hidróxido de prata, a quantidade de tiocianato necessária para atingir o ponto de equivalência é menor e a massa de iodoformio calculada é maior. Assim, a fração mássica de varfarina calculada incorretamente seria **superior ao valor correto**.

## Questão 51

Considere as proposições sobre reações de substituição nucleofílica com mecanismo via  $\text{S}_{\text{N}}1$  e  $\text{S}_{\text{N}}2$ .

1. O mecanismo de substituição nucleofílica  $\text{S}_{\text{N}}1$  ocorre com formação de um carbocátion intermediário. Fatores que contribuem para estabilizar cargas positivas em solução, como a escolha de um solvente polar, favorecem esse tipo de mecanismo.
2. Em ambos os processos ocorre a quebra da ligação do carbono com o grupo de saída. Assim, diferentes grupos de saída não favorecem um dos mecanismos em detrimento do outro.
3. Haletos de alquila terciários reagem preferencialmente via  $\text{S}_{\text{N}}1$ , enquanto haletos de alquila primários reagem via  $\text{S}_{\text{N}}2$ .
4. As reações via  $\text{S}_{\text{N}}2$  ocorrem com inversão da configuração carbono. As reações via  $\text{S}_{\text{N}}1$ , por outro lado, produzem misturas racêmicas mesmo a partir de substratos quirais.

**Assinale** a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.



A ( ) 1 e 3

B ( ) 1 e 4

C ( ) 3 e 4

D ( ) 1, 3 e 4

E ( ) 1, 2, 3 e 4

**Gabarito: D****Etapa 1.** Compare os mecanismos via  $S_N1$  e  $S_N2$ .

1. O intermediário de uma reação via  $S_N1$  é um carbocátion, a estabilização do carbocátion é o principal fator para favorecer esse tipo de mecanismo.
2. Grupos de saída que formam ligações fortes com o carbono inviabilizam reações  $S_N1$ .
3. O impedimento espacial para o ataque do nucleófilo inviabiliza que haletos de alquila terciários reajam via  $S_N2$ . As reações de  $S_N1$  são favorecidas para esses reagentes devido à maior estabilização do carbocátion formado.
4. O ataque do nucleófilo em uma reação  $S_N2$ , do lado oposto ao do grupo de saída, leva à inversão da configuração. Em uma reação  $S_N1$  o ataque pode ocorrer de ambos os lados do carbocátion, formando uma mistura racêmica.

**Questão 52**

**Assinale** a alternativa com o número total de isômeros (constitucionais e estereoisômeros) com fórmula molecular  $C_3H_7N$ .

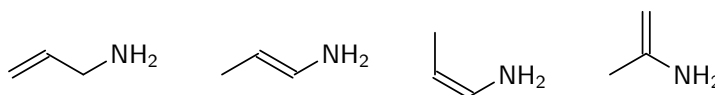
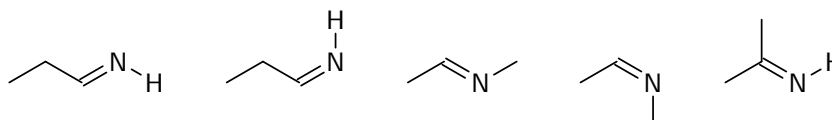
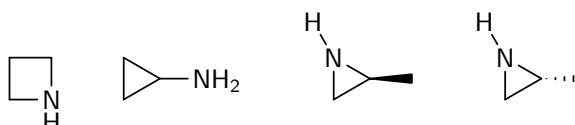
A ( ) 10

B ( ) 11

C ( ) 12

D ( ) 13

E ( ) 14

**Gabarito: D****Etapa 1.** Escreva as aminas de cadeia aberta.**Etapa 2.** Escreva as iminas de cadeia aberta.**Etapa 3.** Escreva as aminas de cadeia fechada.

### Questão 53

Uma amostra de 1,2 g de um soluto apolar foi dissolvida em 60 g de fenol. O ponto de congelamento da solução abaixou em  $1,4^{\circ}\text{C}$  e essa tinha densidade  $1,2\text{ g cm}^{-3}$ .

A constante do ponto de congelamento fenol é  $k_{c,\text{fenol}} = 7\text{ K kg}^{-1}\text{ mol}^{-1}$ .

Considere as proposições.

1. A massa molar do soluto é cerca de  $100\text{ g mol}^{-1}$ .
2. Caso o soluto sofra dimerização parcial quando dissolvido em fenol, a massa molar calculada considerando que não há dimerização será menor do que sua massa molar real.
3. A pressão osmótica dessa solução é cerca de 5,9 atm.
4. A pressão osmótica dessa solução pode ser medida calculando a pressão exercida pelas moléculas do soluto sob uma membrana semipermeável.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

A ( ) 1

B ( ) 3

C ( ) 1 e 3

D ( ) 1, 2 e 3

E ( ) 1, 3 e 4

#### Gabarito: C

**Etapa 1. (1)** Calcule a molalidade da solução usando a equação da crioscopia.

De  $\Delta T_f = k_f \times wi$ , com  $i = 1$

$$w = \frac{\Delta T_f}{k_f} = \frac{1,4^{\circ}\text{K}}{7 \frac{\text{K kg}}{\text{mol}}} = 0,2\text{ mol kg}^{-1}$$

**Etapa 2.** Calcule a quantidade de soluto na amostra.

$$n_{\text{soluto}} = w \times m_{\text{solvente}} = (0,2\text{ mol kg}^{-1}) \times (0,06\text{ kg}) = 0,012\text{ mol}$$

**Etapa 3.** Calcule a massa molar do soluto.

$$M_{\text{soluto}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{n_{\text{soluto}}} = \frac{1,2\text{ g}}{0,012\text{ mol}} = \boxed{100\text{ g mol}^{-1}}$$

**Etapa 4. (2)** Verifique o efeito da reação de dimerização.

Quando do soluto dimeriza, o número de mols em solução diminui. Assim, como a massa total é a mesma, a massa molar calculada incorretamente seria **superior ao valor correto**.

**Etapa 5. (3)** Calcule a massa total da solução.

$$m = m_{\text{fenol}} + m_{\text{soluto}} = 1,2\text{ g} + 60\text{ g} = 61,2\text{ g}$$

**Etapa 6.** Calcule o volume de solução.

$$V = \frac{m}{d} = \frac{61,2\text{ g}}{1,2 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 51\text{ mL}$$

**Etapa 7.** Calcule a concentração molar do soluto.

$$c = \frac{n_{\text{solute}}}{V} = \frac{0,012 \text{ mol}}{51 \text{ mL}} = 0,24 \text{ mol L}^{-1}$$

**Etapa 8.** Calcule a pressão osmótica usando a equação van't Hoff.

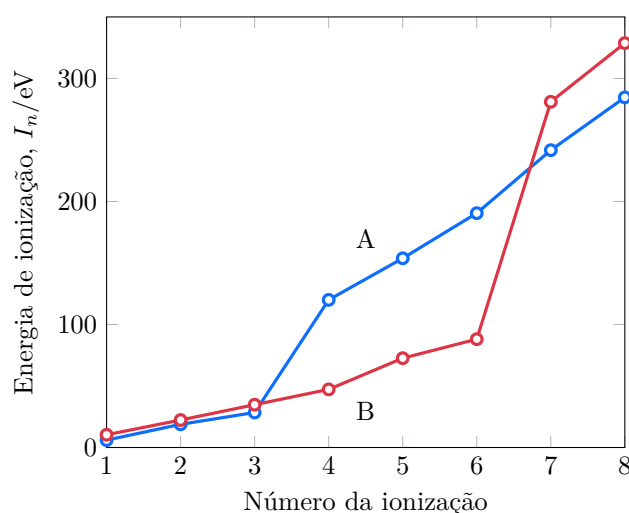
$$\Pi = cRT = (0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}}) \times (300 \text{ K}) \times (0,24 \frac{\text{mol}}{\text{L}}) = \boxed{5,9 \text{ atm}}$$

**Etapa 9. (4)** Use a definição de pressão osmótica.

A pressão osmótica é a pressão exercida sobre a solução necessária para deter o fluxo de solvente quando há diferença de concentração entre soluções separadas por uma membrana semipermeável. Essa pressão **não é exercida sobre a membrana**.

### Questão 54

As primeiras oito energias de ionização para dois elementos do terceiro período da Tabela Periódica são apresentados a seguir.



**Assinale** a alternativa com a fórmula empírica do composto iônico binário formado pela reação entre A e B.

A ( ) AB

B ( ) A<sub>2</sub>B

C ( ) AB<sub>2</sub>

D ( ) A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>

E ( ) A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>

### Gabarito: D

**Etapa 1.** Determine o grupo da Tabela Periódica de A identificando o maior salto na energia de ionização.

Para A, há um grande salto da terceira para a quarta energia de ionização, indicando que o quarto elétron foi retirado de uma camada inferior. A tem três elétrons em sua camada de valência e pertence ao Grupo 13 (alumínio).

**Etapa 2.** Determine o grupo da Tabela Periódica de B identificando o maior salto na energia de ionização.



Para B, há um grande salto da sexta para a sétima energia de ionização, indicando que o sétimo elétron foi retirado de uma camada inferior. B tem seis elétrons em sua camada de valência e pertence ao Grupo 16 (enxofre).

**Etapla 3.** Identifique o composto formado entre A e B.

Para atingir a configuração do gás nobre, A deve perder três elétrons formando o cátion  $A^{3+}$  e B deve ganhar dois elétrons para formar o ânion  $B^{2-}$ .

O composto iônico formado por  $A^{3+}$  e  $B^{2-}$  é o  $A_2B_3$ .

### Questão 55

Considere os compostos:  $NSF_3$ ,  $BeF_2$ ,  $ClF_3$ ,  $XeO_2F_4$ .

**Assinale** a hibridização do átomo central de cada composto, respectivamente.

A ( )  $sp^3$ ,  $sp$ ,  $sp^3d$ ,  $sp^3d^2$

B ( )  $sp^3d$ ,  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3d$

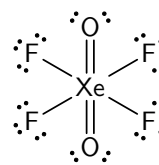
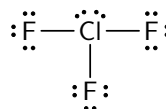
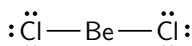
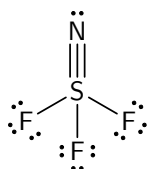
C ( )  $sp^3$ ,  $sp^3$ ,  $sp^3$ ,  $sp^3d$

D ( )  $sp^3d$ ,  $sp$ ,  $sp^3$ ,  $sp^3d^2$

E ( )  $sp^3d^2$ ,  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3d^2$

### Gabarito: A

**Etapla 1.** Escreva a estrutura de Lewis para as moléculas.

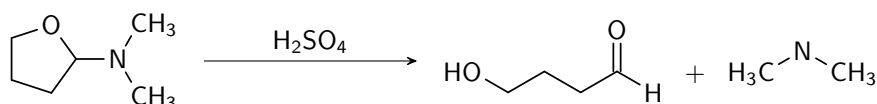


**Etapla 2.** Calcule o número de nuvens eletrônicas ao redor de cada átomo central.

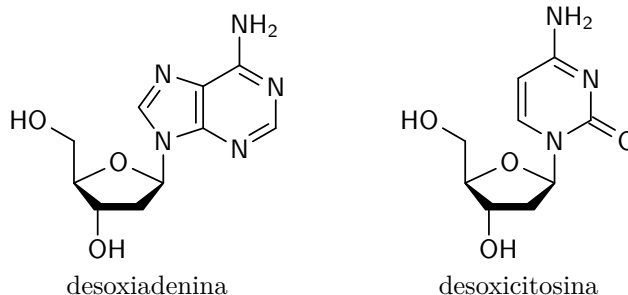
$NSF_3$	$BeCl_2$	$ClF_3$	$XeOF_4$
4 nuvens	2 nuvens	5 nuvens	6 nuvens
$sp^3$	$sp$	$sp^3d$	$sp^3d^2$

### Questão 56

Aminoacetals simples são rapidamente hidrolisados em soluções de ácidos diluídos, conforme a reação:



A estabilidade do código genético depende da estabilidade do DNA. Se a hidrólise dos aminoacetais que compõe o DNA, apresentados a seguir, fosse tão simples a vida não poderia existir como é hoje.



**Assinale** a alternativa que apresenta a justificativa para a dificuldade de hidrólise dos grupos acetais no DNA.

- A ( )** Os aminoacetais do DNA possuem átomos de nitrogênio com basicidade consideravelmente menor, já que seus pares eletrônicos não ligantes estão conjugados com o sistema aromático.
- B ( )** Os aminoacetais do DNA possuem grupos hidroxila, que podem formar ligações de hidrogênio intramoleculares com o átomo de nitrogênio do grupo aminoacetal.
- C ( )** Os aminoacetais do DNA possuem grupos hidroxila que, por efeito indutivo, reduzem a densidade eletrônica do oxigênio heteroátomo.
- D ( )** Os aminoacetais do DNA possuem grupos com maior impedimento especial, dificultando a interação com o ácido.
- E ( )** Os aminoacetais do DNA possuem menor barreira de rotação para a ligação C–N, devido à menor interação com o oxigênio heteroátomo.

### Gabarito: A

**Etapla 1.** Identifique o átomo mais básico no grupo aminoacetal.

O nitrogênio é menos eletronegativo que o oxigênio. Assim o nitrogênio deve ser o átomo protonado na reação dos aminoacetais com ácidos. Para que os aminoacetais do DNA não reajam com ácidos, a basicidade do átomo de nitrogênio nesses compostos deve ser menor.

**Etapla 2.** Identifique diferenças na estrutura dos aminoacetais do DNA que justifiquem a menor basicidade do átomo de nitrogênio.

Nos aminoacetais do DNA o átomo de nitrogênio está conjugado, diminuindo sua basicidade.

### Questão 57

Um cilindro provido de pistão contém água até a metade do seu volume. O espaço acima da água é ocupado por ar atmosférico e possui uma entrada lateral para adição de gases.

Considere os procedimentos:

1. A posição do pistão é fixada e o cilindro é carregado com argônio pela entrada lateral.
2. O pistão é movimentado no sentido da compressão do sistema.
3. O pistão é liberado para se mover livremente e o sistema é carregado com mais  $\text{CO}_2$  pela entrada lateral.



4. O pistão é liberado para se mover livremente e o sistema é resfriado.

**Assinale** a alternativa que relaciona os procedimentos que resultam no *aumento* da quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido.

A ( ) 2 e 3

B ( ) 2 e 4

C ( ) 3 e 4

D ( ) 2, 3 e 4

E ( ) 1, 2, 3 e 4

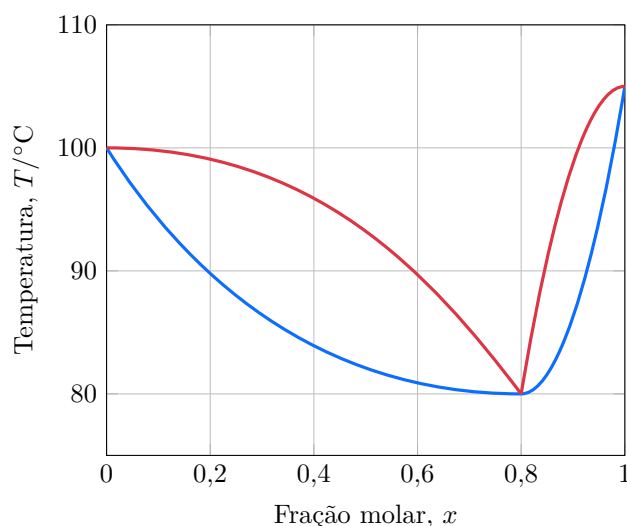
### Gabarito: D

**Etapa 1.** Verifique se há aumento da pressão parcial de  $\text{CO}_2$  ou redução da temperatura.

1. O aumento da pressão total pela adição de um gás inerte não altera a pressão parcial de  $\text{CO}_2$  e, portanto, não altera a quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido.
2. Quando o sistema é comprimido a pressão parcial de  $\text{CO}_2$  aumenta, o que aumenta a quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido.
3. Quando o pistão é liberado a pressão total é mantida constante igual à pressão externa de 1 atm, logo, a adição de  $\text{CO}_2$  ao sistema aumenta sua pressão parcial aumentando a quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido.
4. A solubilidade de gases aumenta com a redução da temperatura, assim, a quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvido aumenta quando o sistema é resfriado.

### Questão 58

O diagrama de fases para a mistura de água e 1,4-dioxano é apresentado a seguir.



Considere as proposições.

1. Água e dioxano formam um azeótropo de ponto de ebulição mínimo quando a fração molar de água é 20%.
2. A mistura de água e dioxano ocorre com liberação de energia.
3. Em  $20^\circ\text{C}$ , a pressão de vapor da água é 20 Torr e a do dioxano é 30 Torr. A pressão de vapor de uma mistura equimolar de água e dioxano em  $20^\circ\text{C}$  é menor que 25 Torr.

4. Uma mistura contendo 80% de água e 20% de dioxano em base molar em  $70^{\circ}\text{C}$  é aquecida até o início da ebulição. O vapor coletado é resfriado de volta a  $70^{\circ}\text{C}$  resultando em um líquido contendo 40% de água em base molar.

**Assinale** a alternativa que relaciona as proposições *corretas*.

A ( ) 1

B ( ) 4

C ( ) 1 e 4

D ( ) 1, 2 e 4

E ( ) 1, 3 e 4

**Gabarito: C**

**Etapla 1.** O eixo das abscissas é a fração molar, mas a espécie não está indicada. Identifique qual é a espécie.

Quando a fração molar dessa espécie é zero, a temperatura de ebulição é  $100^{\circ}\text{C}$ , temperatura de ebulição da água. Assim, eixo das abscissas representa a fração molar de dioxano.

**Etapla 2.** (1) Identifique o ponto de azeótropo no diagrama de fases.

No ponto de azeótropo a composição do vapor é a mesma do líquido em ebulição. O diagrama de fases possui um azeótropo quando a fração molar de dioxano é 80% (e a fração molar de água é 20%) com temperatura de ebulição mínima ( $80^{\circ}\text{C}$ ).

**Etapla 3.** (2) Identifique o tipo de desvio da lei de Raoult.

A mistura de água e dioxano provoca a diminuição da temperatura de ebulição, caracterizada pelo azeótropo de mínimo. Assim, o par água e dioxano apresenta **desvio positivo da lei de Raoult** e o processo de mistura ocorre com **absorção de energia**.

**Etapla 4.** (3) Calcule a pressão de vapor da mistura ideal usando a lei de Raoult.

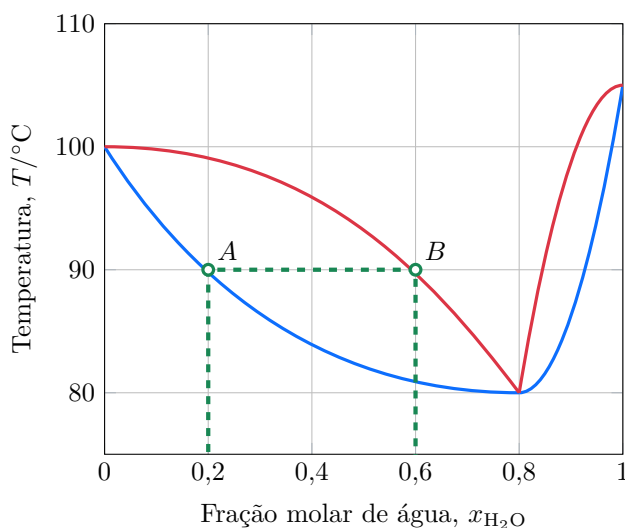
Em uma mistura equimolar,  $x_{\text{H}_2\text{O}} = x_{\text{dioxano}} = 0,5$ .

$$P_{\text{vap,ideal}} = x_{\text{H}_2\text{O}}P_{\text{H}_2\text{O}}^* + x_{\text{dioxano}}P_{\text{dioxano}}^* = (0,5) \times (20 \text{ Torr}) + (0,5) \times (30 \text{ Torr}) = \boxed{25 \text{ Torr}}$$

Como a mistura apresenta desvio positivo da lei de Raoult, a pressão de vapor total deve ser maior do que a prevista pela lei de Raoult, isto é, **deve ser maior que 25 Torr**.

**Etapla 5.** (4) Identifique os pontos correspondentes às etapas do processo de destilação do diagrama de fases.

Quando uma mistura contendo 80% de água e 20% de dioxano em base molar em  $70^{\circ}\text{C}$  é aquecida até  $90^{\circ}\text{C}$  ela entra em ebulição, possibilitando a marcação do ponto A que representa o líquido  $\alpha$ .



O ponto *B* representa o vapor  $\beta$  gerado pela vaporização do líquido  $\alpha$ . Quando o vapor  $\beta$  é condensado o líquido resultante tem 60% de dioxano (e 40% de água) em base molar.

### Questão 59

As três primeiras energias de ionização do átomo de alumínio são 6,0 eV, 19 eV e 28 eV e a afinidade eletrônica do átomo de bromo é 3,4 eV.

Dados em 298 K	Al(g)	Br(g)	AlBr <sub>3</sub> (s)
Entalpia padrão de formação, $\Delta H_f^\circ / \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	+326	+112	-530

**Assinale** a alternativa que mais se aproxima da entalpia de rede do brometo de alumínio em 298 K.

A ( ) 1,2 MJ mol<sup>-1</sup>

B ( ) 2,7 MJ mol<sup>-1</sup>

C ( ) 4,1 MJ mol<sup>-1</sup>

D ( ) 5,3 MJ mol<sup>-1</sup>

E ( ) 8,4 MJ mol<sup>-1</sup>

### Gabarito: D

**Etapa 1.** Calcule a energia de ionização do Al a Al<sup>3+</sup>.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = (6,0 \text{ eV}) + (19 \text{ eV}) + (28 \text{ eV}) = 53 \text{ eV}$$

**Etapa 2.** Converta os dados de elétrons-volt pra kJ mol<sup>-1</sup>.

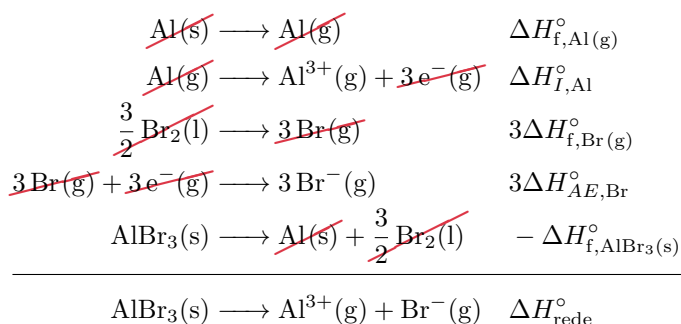
$$1 \text{ eV} = (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}) \times (6 \cdot 10^{21} \text{ mol}^{-1}) = 96,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

logo,

$$\Delta H_{I,\text{Al}}^\circ = (+53) \times (96,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) = +5114 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{AE,\text{Br}}^\circ = (-3,4) \times (96,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) = -328 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

**Etapa 3.** Escreva a reação desejada como uma combinação das reações fornecidas.



A entalpia da reação desejada é dada por:

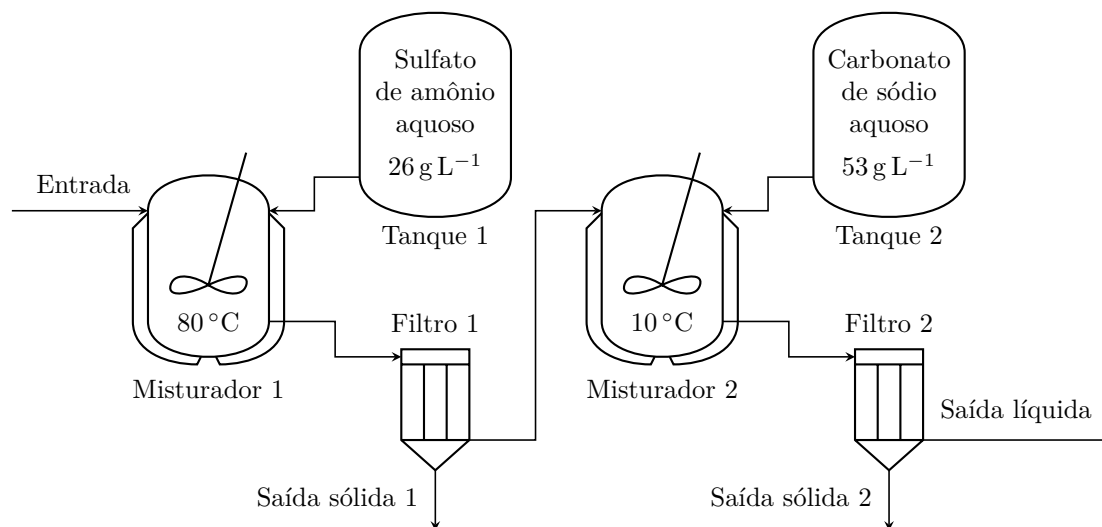
$$\Delta H_{\text{rede}}^\circ = \Delta H_{f,\text{Al(g)}}^\circ + \Delta H_{I,\text{Al}}^\circ + 3\Delta H_{f,\text{Br(g)}}^\circ + 3\Delta H_{AE,\text{Br}}^\circ - \Delta H_{f,\text{AlBr}_3(\text{s})}^\circ$$

logo,

$$\Delta H_r^\circ = \left\{ (+326) + (+5114) + 3(+112) + 3(-328) - (-530) \right\} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \boxed{5322 \text{ kJ mol}^{-1}}$$

### Questão 60

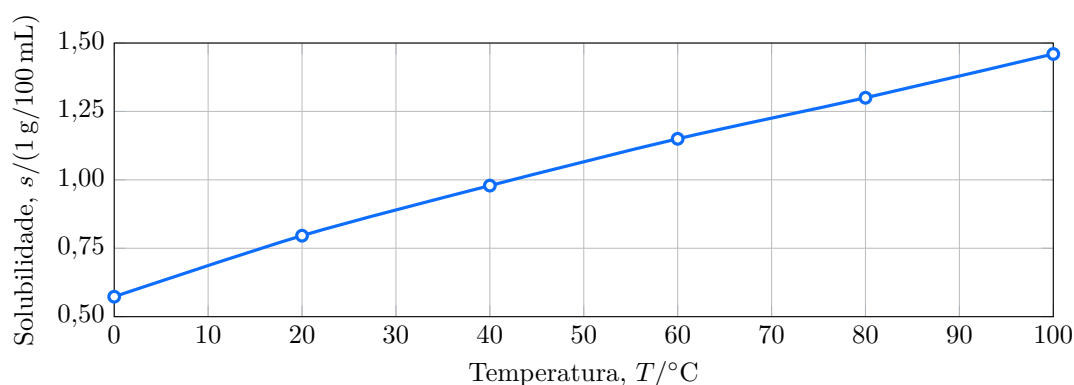
Um engenheiro projetou uma planta para separação de um efluente industrial aquoso contendo massas iguais de nitrato de cobre(II), nitrato de chumbo(II) e nitrato de prata, na concentração total de 51 g/L.



O Misturador 1 recebe a entrada de efluente na vazão de  $100 \text{ L s}^{-1}$  que é misturada com  $100 \text{ L s}^{-1}$  de uma solução de sulfato de amônio  $26 \text{ g L}^{-1}$ . O Misturador 1 é equipado com uma jaqueta que mantém a mistura em  $80^\circ\text{C}$ .

O Misturador 2 recebe o material passante do Filtro 1 e  $100 \text{ L s}^{-1}$  de uma solução aquosa de carbonato de sódio de concentração  $53 \text{ g L}^{-1}$  com pequena quantidade de uma solução de hidróxido de sódio objetivando o ajuste do pH de precipitação. A temperatura da solução é mantida em  $10^\circ\text{C}$  no misturador para, em seguida, proceder a filtração no Filtro 2.

A curva de solubilidade do sulfato de prata em água é apresentada a seguir.



Considere as proposições.

1. A saída sólida do Filtro 1 é constituída apenas de sulfato de chumbo(II).

- A saída de sólida do Filtro 2 é uma mistura heterogênea.
- Todos os cátions metálicos do efluente são removidos nas saídas sólidas dos Filtros 1 e 2.
- A prata metálica pode ser obtida pela calcinação da mistura na saída sólida do Filtro 2.

Assinale a alternativa que relaciona as proposições corretas.

A ( ) 1, 2 e 3

B ( ) 1, 2 e 4

C ( ) 1, 3 e 4

D ( ) 2, 3 e 4

E ( ) 1, 2, 3 e 4

### Gabarito: E

**Etapla 1. (1)** Identifique os íons em solução no Misturador 1.

A solução no Misturador 1 contém os íons  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**Etapla 2.** Use as regras de solubilidade para verificar se há formação de precipitado no Misturador 1.

Os íons  $\text{Pb}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  formam um composto insolúvel, e o  $\text{PbSO}_4$  precipita.

O  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  é ligeiramente solúvel, sua concentração deve ser calculada para verificar se há precipitação.

**Etapla 3.** Calcule a concentração molar inicial de  $\text{Ag}^+$  e  $\text{Pb}^{2+}$  no Misturador 1.

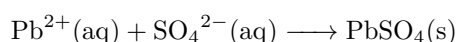
$$[\text{Ag}^+] = [\text{AgNO}_3] = \frac{1}{2} \times \frac{\frac{1}{3} \times (51 \frac{\text{g}}{\text{L}})}{170 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 50 \text{ mmol L}^{-1}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = \frac{1}{2} \times \frac{\frac{1}{3} \times (51 \frac{\text{g}}{\text{L}})}{331 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 25 \text{ mmol L}^{-1}$$

**Etapla 4.** Calcule a concentração molar inicial de  $\text{SO}_4^{2-}$  no Misturador 1.

$$[\text{SO}_4^{2-}] = [(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = \frac{1}{2} \times \frac{(26 \frac{\text{g}}{\text{L}})}{132 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 100 \text{ mmol L}^{-1}$$

**Etapla 5.** Escreva a equação iônica simplificada para a reação de precipitação do  $\text{PbSO}_4$ .



**Etapla 6.** Use a relação estequiométrica para converter a quantidade de  $\text{Pb}^{2+}$  em  $\text{SO}_4^{2-}$  consumido.

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{consumido}} = \frac{1}{1} c_{\text{Pb}^{2+}} = 25 \text{ mmol L}^{-1}$$

**Etapla 7.** Calcule a quantidade de  $\text{SO}_4^{2-}$  em excesso no Misturador 1 após a precipitação de  $\text{PbSO}_4$ .

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{xs}} = [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{consumido}} = 100 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} - 25 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} = 75 \text{ mmol L}^{-1}$$

**Etapla 8.** Calcule a concentração molar de  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  no Misturador 1.

$$[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = 25 \text{ mmol L}^{-1}$$

**Etapla 9.** Calcule a concentração mássica de  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  no Misturador 1.

$$[\text{Ag}_2\text{SO}_4] = (25 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}) \times (312 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) = \frac{0,78 \text{ g}}{100 \text{ mL}}$$

A concentração é inferior à solubilidade do sal em 80 °C. Não há precipitação de  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  no Filtro 1.

**Etapla 10. (2)** Identifique os íons em solução no Misturador 2.

A solução no Misturador 2 contém os íons  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ .

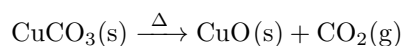
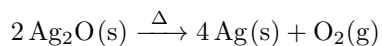
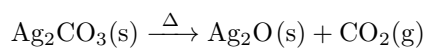
**Etapla 11.** Use as regras de solubilidade para verificar se há formação de precipitado no Misturador 2.

Os íons  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  e os íons  $\text{Ag}^+$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  formam compostos insolúveis, e há precipitação de  $\text{CuCO}_3$  e  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ .

**Etapla 12. (3)** Identifique a saída de cada cátion metálico.

Os íons  $\text{Pb}^{2+}$  são removidos na saída sólida do Filtro 1, enquanto os íons  $\text{Ag}^+$  e  $\text{Cu}^{2+}$  são removidos na saída sólida do Filtro 2.

**Etapla 13. (4)** Escreva as reações de calcinação dos componentes da mistura sólida na saída do Filtro 2 ( $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  e  $\text{CuCO}_3$ ).



A calcinação do carbonato de prata leva à formação de prata metálica.