

ITA 2022

Primeira fase e Segunda fase

DADOS EVENTUALMENTE NECESSÁRIOS

CONSTANTES

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

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

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

Constante dos gases (R) = $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

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

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

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0°C e 1 atm

Condições ambientes: 25°C e 1 atm

Condições – padrão: 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. (l) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (conc) = concentrado.

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

[X] = concentração da espécie química X em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$\ln X = 2,3 \log X$

EPH = eletrodo padrão de hidrogênio

DADOS EVENTUALMENTE NECESSÁRIOS:

$e^{10} = 2,2 \times 10^4$

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
H	1	1,01
B	5	10,81
C	6	12,01
N	7	14,01
O	8	16,00
F	9	19,00
Na	11	22,99

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g.mol ⁻¹)
Mg	12	24,30
P	15	30,97
S	16	32,06
Cl	17	35,45
K	19	39,10
Ca	20	40,08
Mn	25	54,94
Br	35	79,90
Ag	47	107,87
I	53	126,90
Hg	80	200,59
Pb	82	207,19
Po	91	231,04

Questão 56. Questão 56. Considere os seguintes pares de substâncias líquidas a 25 °C:

I. Água e metanol.

II. Acetona e dissulfeto de carbono.

III. Acetona e clorofórmio.

IV. n-hexano e n-heptano.

V. Metanol e etanol.

Assinale a alternativa que apresenta os pares de substâncias que formam soluções consideradas ideais.

A () Apenas I, II e III

B () Apenas I e IV

C () Apenas II, III e IV

D () Apenas IV e V

E () Todas

Resolução: alternativa D

Uma solução ideal é aquela na qual existem forças atrativas uniformes entre os componentes da mistura homogênea e que obedece à Lei de Raoult em qualquer intervalo de concentração.

Os pares IV e V pertencem às mesmas funções orgânicas e às mesmas séries orgânicas, respectivamente, ou seja, apresentam estas características.

Par IV: n-hexano (86 g/mol) e n-heptano (100 g/mol) são hidrocarbonetos com massas molares próximas.

Par V: Metanol (32 g/mol) e etanol (46 g/mol) são alcoóis com massas molares próximas.

Questão 57. Sobre a energia reticular, assinale a alternativa ERRADA.

A () A energia reticular é a energia envolvida na formação do sólido cristalino quando o cristal sólido se forma a partir de íons separados no estado gasoso.

B () O ciclo de Born-Haber é um método usado para determinação do valor da energia reticular.

C () A energia reticular é função das cargas dos íons e da distância entre eles.

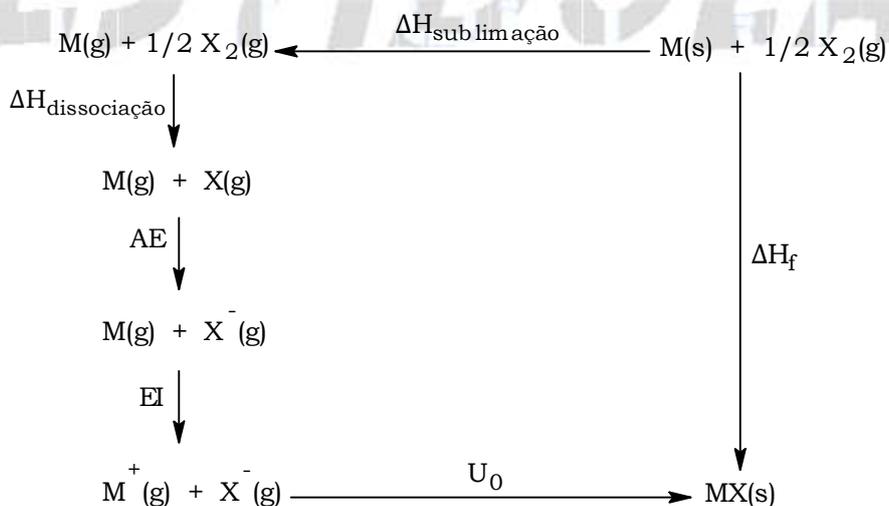
D () Um sólido que sofre mudança de estrutura cristalina mantém constante sua energia reticular.

E () A energia reticular representa a soma entre as forças de atração e repulsão eletrostática.

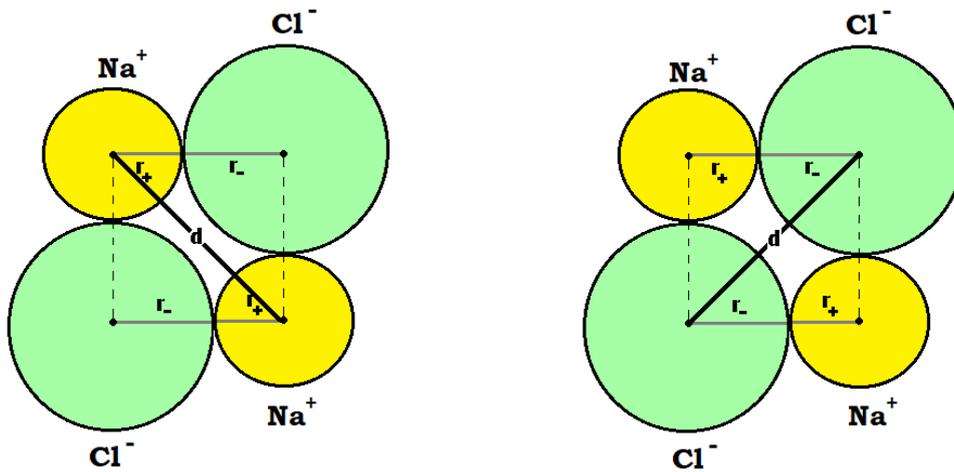
Resolução: alternativa D

A) Certa. A energia liberada na formação de um sólido iônico a partir de seus íons gasosos é denominada energia reticular do composto.

B) Certa. O ciclo de Born-Haber é um método usado para determinação do valor da energia reticular (U_0). Exemplo genérico para um metal (M) e um halogênio (X_2):



C) Certa. A energia reticular é função das cargas dos íons e da distância entre eles.



D) Errada. Um sólido que sofre mudança de estrutura cristalina, ou seja, na distância entre seus íons, não mantém constante sua energia reticular.

E) Certa. A energia reticular representa a soma entre as forças de atração e repulsão eletrostática de Coulomb. Exemplo genérico:

q_+ : carga positiva

q_- : carga negativa

r_+ : raio do cátion

r_- : raio do ânion

$$E_{\text{atração}} = 2 \left[\frac{q_+ q_-}{(r_+ + r_-)} \right]$$

$$E_{\text{repulsão}} = -\frac{2}{\sqrt{2}} \left[\frac{q_+ q_-}{(r_+ + r_-)} \right]$$

$$E_{\text{líquida}} = E_{\text{atração}} + E_{\text{repulsão}}$$

$$E_{\text{líquida}} = 2 \left[\frac{q_+ q_-}{(r_+ + r_-)} \right] + \left\{ -\frac{2}{\sqrt{2}} \left[\frac{q_+ q_-}{(r_+ + r_-)} \right] \right\}$$

Questão 58. O tempo de meia vida do ^{231}Pa é $3,25 \times 10^4$ anos. Assinale a alternativa que apresenta a massa restante (em dg) de uma amostra inicial de 376,15 dg, após $3,25 \times 10^5$ anos.

A () 0,19

B () 0,37

C () 1,88

D () 3,76

E () 7,52

Resolução: alternativa B

$$t_{1/2} = 3,25 \times 10^4 \text{ anos}$$

$$m_{\text{inicial}} = 376,15 \text{ dg}$$

$$t = 3,25 \times 10^5 \text{ anos}$$

n: número de meias-vidas

$$t = n \times t_{1/2} \Rightarrow n = \frac{t}{t_{1/2}} = \frac{3,25 \times 10^5 \text{ anos}}{3,25 \times 10^4 \text{ anos}} \Rightarrow n = 10$$

$$m_{\text{resistente}} = \frac{m_{\text{inicial}}}{2^n}$$

$$m_{\text{resistente}} = \frac{376,15 \text{ dg}}{2^{10}} = \frac{376,15 \text{ dg}}{1024} = 0,3673339 \text{ dg}$$

$$m_{\text{resistente}} = 0,37 \text{ dg}$$

Questão 59. Considere as seguintes afirmações sobre os aminoácidos:

- I.** Os aminoácidos são pequenas moléculas com propriedades bioquímicas únicas determinadas por seus grupos funcionais.
- II.** Os aminoácidos em pH fisiológico (~7,4) apresentam os grupamentos amina protonados, enquanto os grupos carboxílicos assumem sua forma de base conjugada.
- III.** Os aminoácidos podem se polimerizar por meio de reações de adição para formar as ligações peptídicas (CO-NH).
- IV.** As variações no comprimento e sequência de aminoácidos de polipeptídios são características que contribuem para a diversidade na forma e nas funções biológicas das proteínas.
- V.** Todos os aminoácidos obtidos de polipeptídios são opticamente ativos, isto é, eles desviam o plano da luz polarizada.

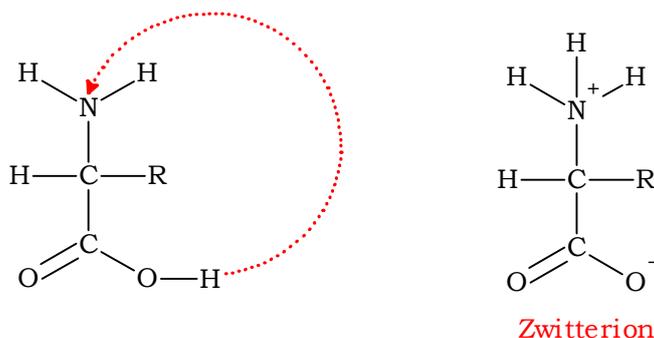
Assinale a alternativa que apresenta as afirmações CORRETAS.

- A () Apenas I, II e IV
- B () Apenas I, II, IV e V
- C () Apenas I, III e V
- D () Apenas I, III, IV e V
- E () Todas

Resolução: alternativa A

I. Correta. Os aminoácidos são pequenas moléculas com propriedades bioquímicas únicas determinadas pelos grupos funcionais amino (C-NH₂) e carboxila (-COOH). Podem apresentar caráter ácido, básico ou neutro dependendo de sua estrutura.

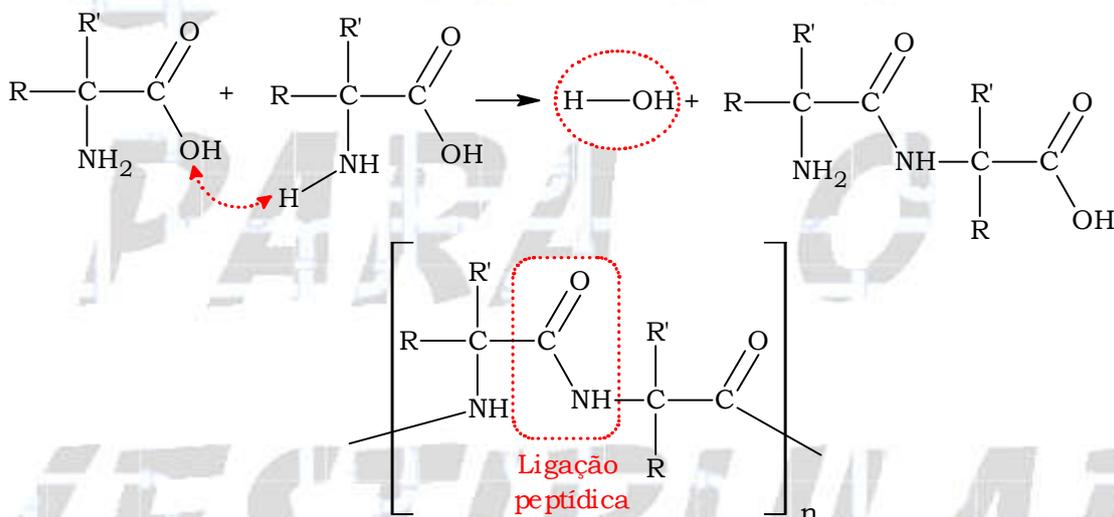
II. Correta. Em pH fisiológico os aminoácidos existem na forma de íon dipolar:



Os aminoácidos em pH fisiológico (~7,4) apresentam os grupamentos amina protonados ($\text{C}-\text{NH}_3^+$), enquanto os grupos carboxílicos assumem sua forma de base conjugada ($-\text{COO}^-$).

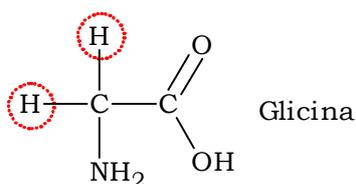
Observação: em $\text{pH} > 2$ predomina a forma ($-\text{COO}^-$); em $\text{pH} < 9$ predomina a forma ($-\text{NH}_3^+$).

III. Incorreta. Os aminoácidos podem se polimerizar por meio de reações de condensação para formar as ligações peptídicas ($\text{CO}-\text{NH}$).



IV. Correta. As variações no comprimento, sequência e tipos de aminoácidos de polipeptídios são características que contribuem para a diversidade na forma e nas funções biológicas das proteínas.

V. Incorreta. O aminoácido Glicina não desvia o plano da luz polarizada, pois não apresenta carbono quiral ou assimétrico (carbono ligado a quatro ligantes diferentes entre si).



Questão 60. A ebulioscopia pode ser um método útil para a identificação de solutos desconhecidos. Uma solução foi preparada dissolvendo-se 9 g de um soluto desconhecido em 100 g de água, cuja constante ebulioscópica (K_e) é igual a $0,5 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$. Verificou-se que o ponto de ebulição normal da solução resultante é igual a $100,25 \text{ }^\circ\text{C}$. Com base nesse resultado, assinale a alternativa que apresenta a possível identidade do soluto utilizado na preparação da solução.

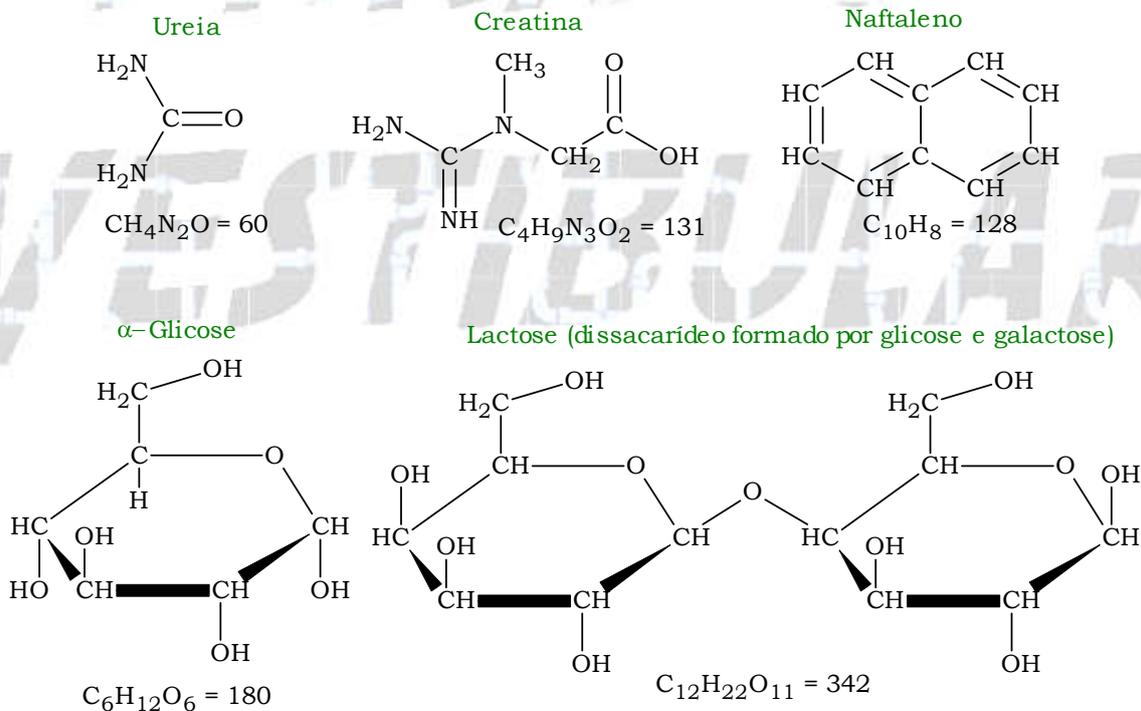
- A () Ureia
- B () Creatina
- C () Naftaleno
- D () Glicose
- E () Lactose

Resolução: ANULADA

Questão anulada no gabarito oficial devido ao erro de digitação no valor de K_e . O correto é $0,5 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$ e foi digitado na prova original $0,5 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Feita a correção, vem:

Fórmulas e massas dos compostos presentes nas alternativas:



$$K_e = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$$

$$m_{\text{soluto}} = 9 \text{ g}$$

$$m_{\text{solvente}} = 100 \text{ g} = 100 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$T_{\text{Ebuli\c{a}o}} = 100,25 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = T_{\text{Ebuli\c{a}o}} - 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 100,25 \text{ } ^\circ\text{C} - 100 \text{ } ^\circ\text{C} = 0,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W = \frac{n_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}} \text{ (kg)}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{M_{\text{soluto}} \times m_{\text{solvente}} \text{ (kg)}}$$

$$\Delta T = K_e \times W$$

$$\Delta T = K_e \times \frac{m_{\text{soluto}}}{M_{\text{soluto}} \times m_{\text{solvente}} \text{ (kg)}}$$

$$M_{\text{soluto}} = K_e \times \frac{m_{\text{soluto}}}{\Delta T \times m_{\text{solvente}} \text{ (kg)}}$$

$$M_{\text{soluto}} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg} \times \frac{9 \text{ g}}{0,25 \text{ } ^\circ\text{C} \times 100 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$M_{\text{soluto}} = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \Rightarrow \text{Glicose}$$

Questão 61. São feitas as seguintes afirmações a respeito do ciclo do oxigênio no meio ambiente:

I. A concentração de oxigênio na atmosfera está diminuindo significativamente no último século, devido à queima de combustíveis fósseis e à redução da vegetação terrestre e marinha.

II. Os maiores contribuintes para a produção de oxigênio e sua liberação na atmosfera terrestre são florestas densas, pastagens, ervas e arbustos.

III. O oxigênio está envolvido, em algum grau, em todos os outros ciclos biogeoquímicos.

IV. Águas doces frias são as maiores fontes de oxigênio livre na Terra.

Assinale a alternativa que apresentam as afirmações ERRADAS.

A () Apenas I, II e III

B () Apenas I, II e IV

C () Apenas I, III e IV

D () Apenas II, III e IV

E () Todas

Resolução: alternativa B

I. Errada. A porcentagem de gás oxigênio na atmosfera se mantém em torno de 20 % no último século, não existem variações significativas.

II. Errada. Além de florestas densas, pastagens, ervas e arbustos, a fotossíntese realizada pelo fitoplâncton aquático contribui significativamente para a produção de gás oxigênio.

III. Correta. O oxigênio está envolvido, em algum grau, em todos os outros ciclos biogeoquímicos, por exemplo, no ciclo do carbono.

IV. Errada. Águas (“salgadas”) de oceanos são mais abundantes e as maiores fontes de gás oxigênio livre (O_2) na Terra.

Questão 62. Sistemas compostos por água e tensoativos em diferentes proporções, depois de homogeneizados, passam por um processo termodinâmico quando atingem temperaturas em torno de $0^\circ C$.

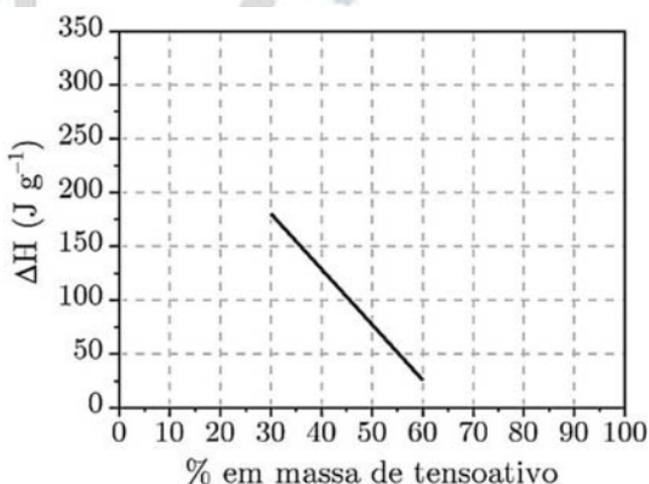
A variação de entalpia (ΔH) desse processo foi determinada para cada mistura em função da composição do sistema, conforme apresentado no gráfico. Considere que o ponto de fusão do tensoativo puro é menor que $-20^\circ C$ e o calor latente de fusão da água pura é $334 J \cdot g^{-1}$. Sobre esses sistemas são feitas as seguintes afirmações:

I. O ΔH refere-se à transição de fase do tensoativo.

II. O calor latente de fusão do tensoativo puro é $-180 J \cdot g^{-1}$.

III. Até 35% em massa de água pode se apresentar na forma associada à substância e não funde.

IV. O ΔH é proporcional à quantidade de água não associada ao tensoativo.

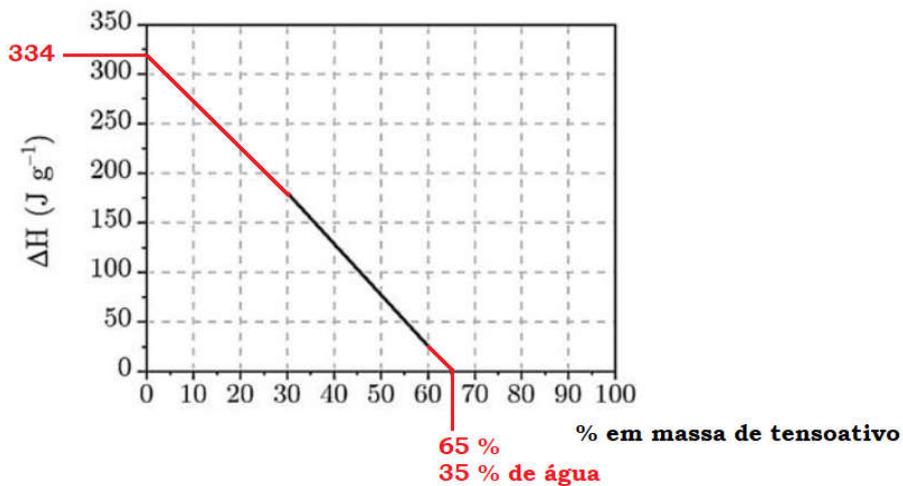


Com base no gráfico e nas informações do enunciado, assinale a opção que indica a(s) afirmação(ões) CORRETA(S).

- A () Apenas I e II
- B () Apenas I, II e IV
- C () Apenas II
- D () Apenas III e IV
- E () Todas

Resolução: alternativa D

I. Incorreta. De acordo com o texto do enunciado, o calor latente de fusão da água pura é $334 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$.



II. Incorreta. O calor latente de fusão do tensoativo puro é $+180 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$.

$$334 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \text{ ————— } 65\%$$

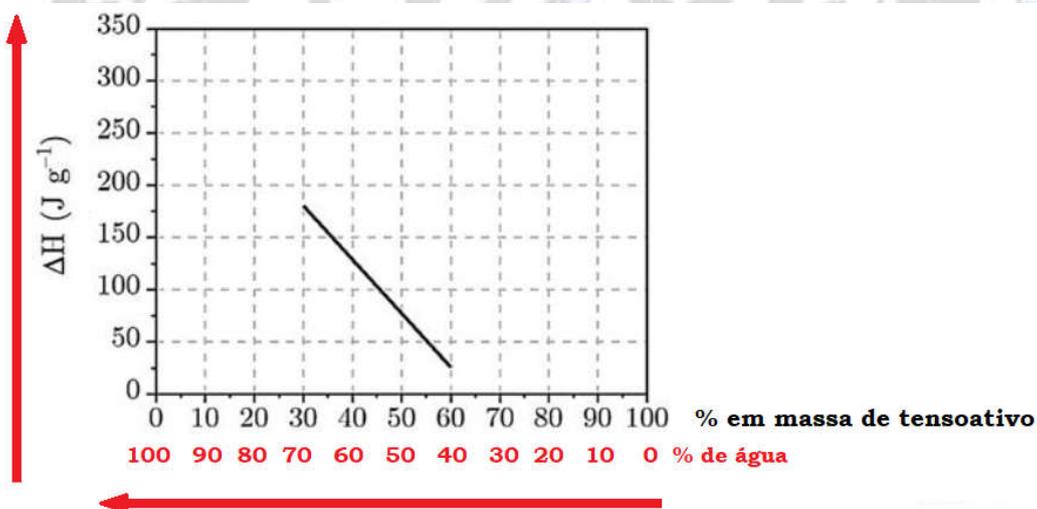
$$L \text{ ————— } 35\%$$

$$L = \frac{334 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \times 35\%}{65\%} = +179,85 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$L = +180 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$$

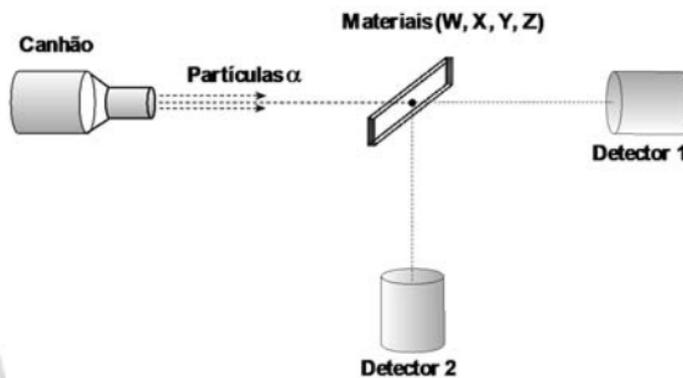
III. Correta. Até 35 % ($\Delta H = 0$) em massa de água pode se apresentar na forma associada à substância e não funde.

IV. Correta. O ΔH é proporcional à quantidade de água não associada ao tensoativo.



Questão 63. Considere a seguinte configuração experimental, constituída de um canhão de partículas α , dois detectores de partículas α posicionados ortogonalmente entre si e uma folha fina de um determinado material (W, X, Y, Z).

Experimentos foram realizados, bombardeando cada material com uma quantidade de partículas α e registrando o número de partículas coletadas em cada detector, conforme a tabela abaixo.



Experi- mento	Partículas lançadas	Material	Partículas Coletadas	
			Detector 1	Detector 2
I	8000	W	7903	1
II	10	X	10	0
III	10	Y	10	0
IV	10	Z	10	0

A partir dessas informações, assinale a alternativa que apresenta a conclusão CORRETA sobre as observações feitas nos experimentos.

- A () Com a espessura de uma folha fina, somente o material W é capaz de defletir partículas α .
- B () Conclusões não podem ser tiradas sobre os experimentos II, III e IV, pois o experimento I mostrou que a taxa de partículas defletidas é muito baixa para um dos materiais.
- C () A medição obtida no experimento I contém algum erro, visto que o número resultante da soma de partículas registrado nos detectores 1 e 2 não é igual ao de partículas lançadas pelo canhão.
- D () Os experimentos confirmam que os materiais X, Y e Z são transparentes às partículas α .
- E () Se todos os materiais fossem bombardeados por um mesmo número de partículas α , apresentariam exatamente o mesmo número de partículas nos detectores 1 e 2, contanto que todos tivessem a mesma espessura.

Resolução: alternativa B

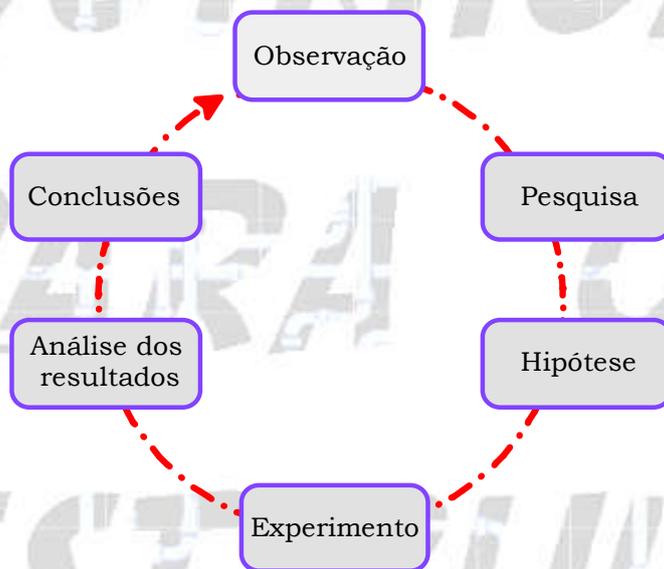
Conclusões não podem ser tiradas sobre os experimentos II, III e IV, pois o experimento I mostrou que a taxa de partículas defletidas no detector 2 ($1/8000$) é muito baixa para o material W e para os materiais X, Y e Z o número de partículas coletadas no detector 2 ($0/10$) não permite qualquer conclusão.

Questão 64. Assinale a opção que apresenta a sequência que melhor descreve o ciclo de ações envolvidas no método científico (hipotético - dedutivo):

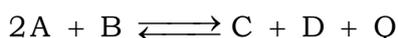
- A () Observação → Hipótese → Experimento → Análise dos Resultados → Conclusões → Observação → ...
- B () Introdução → Hipótese → Argumentação → Conclusões → Introdução → ...
- C () Hipótese → Argumentação → Contra Argumentação → Consenso → Hipótese → ...
- D () Observação → Hipótese → Argumentação → Contra Argumentação → Consenso → Observação → ...
- E () Hipótese → Argumentação → Consenso → Experimento → Observação → Hipótese → ...

Resolução: alternativa A

O método científico é formado por um conjunto de regras utilizadas para produzir o conhecimento científico.



Questão 65. Considere a seguinte reação em fase gasosa, inicialmente conduzida a uma pressão de 200 atm e a uma temperatura de 400 °C. Considere que partindo de um sistema contendo apenas A e B, o equilíbrio é alcançado após 60 min de reação.



em que A e B são reagentes, C e D os produtos e Q o calor liberado. Avalie as seguintes suposições sobre o efeito das modificações de um parâmetro da reação, mantendo os outros constantes.

- I.** Conduzir a reação a 600 °C gera uma fração maior de C e D.
- II.** Conduzir a reação a 600 °C faz com que o equilíbrio seja alcançado em menos de 60 min.
- III.** Conduzir a reação a uma pressão de 100 atm gera uma fração menor de C e D.

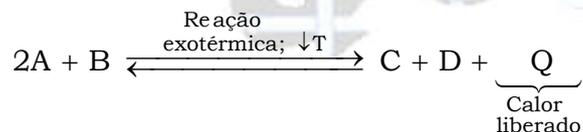
IV. Remover C e D do meio reacional após o equilíbrio e então retomar a reação permitem obter uma fração total maior de C e D.

Escolha a opção que lista a(s) afirmação(ões) CORRETA(S).

- A () Apenas I
 B () Apenas I e III
 C () Apenas II e IV
 D () Apenas II, III e IV
 E () Todas

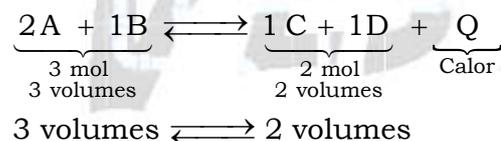
Resolução: alternativa D

I. Incorreta. Conduzir a reação a 600 °C ($T > 400$ °C) gera uma fração menor de C e D (produtos), pois a reação direta é exotérmica, ou seja, libera calor e é favorecida pela diminuição da temperatura.



II. Correta. Conduzir a reação a 600 °C ($T > 400$ °C) faz com que o equilíbrio seja alcançado em menos de 60 min, pois quanto maior a temperatura, maior a incidência de choques e, conseqüentemente, maior a velocidade.

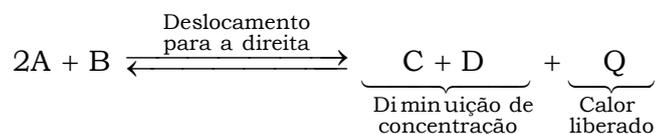
III. Correta. Conduzir a reação a uma pressão de 100 atm ($P < 200$ atm) gera uma fração menor de C e D, pois o equilíbrio é deslocado para a esquerda no sentido do maior número de mols de reagentes ou maior volume.



$$P \times V = k$$

$$P \downarrow \times V \uparrow = k \Rightarrow \text{Deslocamento para a esquerda.}$$

IV. Correta. Remover C e D do meio reacional após o equilíbrio e então retomar a reação permitem obter uma fração total maior de C e D, pois o equilíbrio será deslocado para a direita.



Questão 66. São feitas as afirmações a respeito de reações de substituição de compostos aromáticos.

I. A reação do metil benzeno com o ácido sulfúrico fumegante é mais rápida comparada à reação do benzeno nas mesmas condições experimentais.

II. A reação de nitração do metil benzeno produz preferencialmente compostos orto- e para-substituídos.

III. A nitração do benzeno é mais rápida do que a nitração do nitrobenzeno, a qual requer uma maior concentração de ácido nítrico e uma temperatura maior.

IV. O único produto resultante da reação de nitração do 1-hidroxi-4-metil-benzeno é o 1-hidroxi-2-nitro-4-metil-benzeno.

V. A reação de nitração do ácido benzoico produz preferencialmente o composto meta-substituído.

Assinale a opção que contém as afirmações CORRETAS:

A () Apenas I e II

B () Apenas II e III

C () Apenas II e IV

D () Apenas III, IV e V

E () Todas

Resolução: alternativa E

I. Correta. A reação do metil benzeno com o ácido sulfúrico fumegante é mais rápida comparada à reação do benzeno nas mesmas condições experimentais, devido à presença do grupo metil que é um radical ativante (orto-para-dirigente).

II. Correta. A reação de nitração do metil benzeno produz preferencialmente compostos orto- e para- substituídos, pois o metil (orto-para-dirigente) é um radical ativante.

III. Correta. A nitração do benzeno é mais rápida do que a nitração do nitrobenzeno, a qual requer uma maior concentração de ácido nítrico e uma temperatura maior, pois o grupo nitro (meta-dirigente) é um radical desativante.

IV. Correta. O único produto resultante da reação de nitração do 1-hidroxi-4-metil-benzeno é o 1-hidroxi-2-nitro-4-metil-benzeno, pois o radical OH é predominante ativante sobre o radical metil (-OH > -CH₃).

V. Correta. A reação de nitração do ácido benzoico produz preferencialmente o composto meta-substituído, pois a carboxila é um radical meta-dirigente.

Questão 67. Considere as seguintes afirmações sobre processos termodinâmicos, que podem ocorrer em uma ou mais etapas, em que ΔT se refere à variação de temperatura entre os estados inicial e final:

I. Um processo termodinâmico é definido pelo estado final e estado inicial do sistema.

II. ΔT é sempre nula em um processo isotérmico.

III. A troca de calor envolvida em um processo isotérmico deve ser nula ($q = 0$).

IV. Todo processo em que $\Delta T = 0$ é um processo isotérmico.

V. $\Delta T = 0$ para todo processo em sistema isolado.

Assinale a opção que contém as afirmações ERRADAS:

A () Apenas I, II e IV

B () Apenas I, III, IV e V

C () Apenas I, III e V

D () Apenas II e IV

E () Apenas III e V

Resolução: alternativa B

I. Errada. Existem processos termodinâmicos que não são definidos pelo estado final e inicial do sistema. Por exemplo, para o trabalho (W) e calor (Q) existem quantidades infinitesimais que são integradas originando resultados que dependem de uma curva que une os estados iniciais e finais, ou seja, não são funções de estado.

II. Certa. ΔT é sempre nula ($\Delta T = 0$) em um processo isotérmico, ou seja, quando não ocorre variação de temperatura.

III. Errada. Podem existir trocas de calor em processos isotérmicos, ou seja, a transferência de calor ocorre lentamente e o equilíbrio térmico é mantido. Por exemplo, para gases ideais $\Delta U = 0$ e $Q \neq 0$.

IV. Errada. Num processo adiabático a temperatura não é constante, porém os valores iniciais e finais podem coincidir.

V. Errada. Num processo adiabático a temperatura do sistema isolado pode variar sem ocorrer troca de calor com o meio.

Questão 68. Em um reator mantido à temperatura constante, $\text{PCl}_5(\text{g})$ encontra-se em equilíbrio com 1 atm de $\text{Cl}_2(\text{g})$ e 2 atm de $\text{PCl}_3(\text{g})$. Sabendo-se que a constante de equilíbrio da reação de dissociação do $\text{PCl}_5(\text{g})$ nessa temperatura é $k_p = 4$, assinale a alternativa que apresenta a nova pressão de equilíbrio do $\text{PCl}_5(\text{g})$ (em atm) após adição de mais 2 atm desse gás ao reator.

- A () 1,0 B () 1,5 C () 2,0 D () 2,5 E () 3,5

Resolução: alternativa B

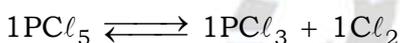
No equilíbrio inicial:

$$p_{\text{PCl}_5} = ?$$

$$p_{\text{PCl}_3} = 2 \text{ atm}$$

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

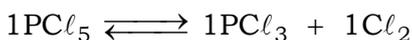
$$k_p = 4$$



$$k_p = \frac{(p_{\text{PCl}_3})^1 \times (p_{\text{Cl}_2})^1}{(p_{\text{PCl}_5})^1} \Rightarrow 4 = \frac{2 \times 1}{(p_{\text{PCl}_5})^1}$$

$$p_{\text{PCl}_5} = \frac{2}{4} = 0,5 \Rightarrow p_{\text{PCl}_5} = 0,5 \text{ atm}$$

Cálculo da nova pressão de equilíbrio do $\text{PCl}_5(\text{g})$ (em atm) após adição de mais 2 atm desse gás ao reator:



$$0,5 + 2 \quad 2 \text{ atm} \quad 1 \text{ atm} \quad (\text{início; atm})$$

$$-p \quad +p \quad +p \quad (\text{durante; atm})$$

$$2,5 - p \quad +p \quad +p \quad (\text{equilíbrio; atm})$$

$$k_p = \frac{(p_{\text{PCl}_3})^1 \times (p_{\text{Cl}_2})^1}{(p_{\text{PCl}_5})^1} \Rightarrow 4 = \frac{(2+p) \times (1+p)}{2,5-p}$$

$$4(2,5 - p) = (2+p) \times (1+p) \Rightarrow 10 - 4p = 2 + 2p + p + p^2$$

$$p^2 + 7p - 8 = 0$$

$$p = \frac{-7 \pm \sqrt{7^2 - 4 \times 1 \times (-8)}}{2 \times 1} \Rightarrow p = \frac{-7 \pm 9}{2}$$

$$p = \frac{-7+9}{2} = 1 \text{ atm (convém)}$$

$$p = \frac{-7-9}{2} = -8 \text{ atm (não convém)}$$

$$p_{\text{equilíbrio}} = (2,5 - p) \text{ atm}$$

$$p_{\text{equilíbrio}} = 2,5 \text{ atm} - 1 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$

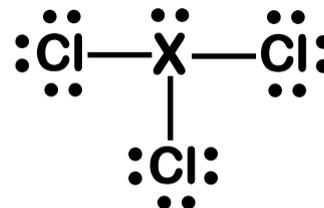
Questão 69. Considere a estrutura de Lewis de um tricloreto. São feitas as seguintes afirmações a respeito da estrutura geométrica da molécula e a possível identidade do átomo X:

I. A molécula adota uma estrutura trigonal plana, com ângulo de ligação $Cl - X - Cl$ maior ou igual a 120° .

II. A molécula adota uma estrutura tetraédrica, com ângulo de ligação $Cl - X - Cl$ maior que $109,5^\circ$.

III. O átomo "X" pode ser o nitrogênio, preservando a geometria molecular.

IV. O átomo "X" pode ser o boro, preservando a geometria molecular.

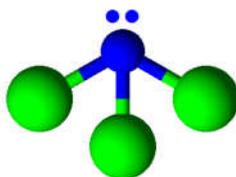


Assinale a opção que contém a(s) afirmação(ões) CORRETA(S):

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

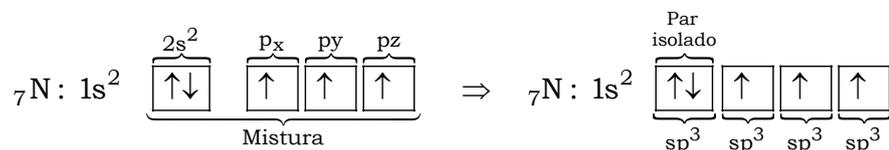
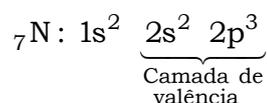
Resolução: alternativa E

I. Incorreta. A molécula adota uma estrutura piramidal, com ângulo de ligação $Cl - X - Cl$ inferior a $109,5^\circ$ devido à repulsão gerada pelo par isolado.

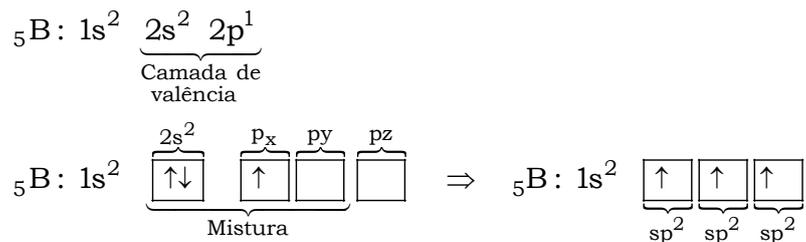


II. Incorreta. A molécula adota uma estrutura piramidal, com ângulo de ligação $Cl - X - Cl$ menor que $109,5^\circ$ devido à repulsão gerada pelo par isolado presente em X.

III. Correta. O átomo "X" pode ser o nitrogênio, preservando a geometria molecular, pois este pode sofrer hibridização do tipo sp^3 .



IV. Incorreta. O átomo "X" não pode ser o boro, pois nesse caso a hibridização seria do tipo sp^2 e a geometria seria triangular ou trigonal plana.



Questão 70. Considere as seguintes afirmações sobre equilíbrio de fases e propriedades coligativas.

I. A adição de um soluto não volátil a um solvente puro, em uma dada temperatura constante, sempre provoca uma diminuição na pressão de vapor.

II. A pressão de vapor de uma solução formada por dois líquidos voláteis é sempre menor que a pressão de vapor dos líquidos puros a uma mesma temperatura.

III. O valor absoluto do abaixamento no ponto de congelamento de uma solução é menor se o soluto dimeriza parcialmente no solvente, comparado ao sistema nas mesmas condições em que não há a dimerização do soluto.

IV. A pressão osmótica é a pressão exercida pelas moléculas de soluto numa membrana semipermeável.

V. Uma mistura formada por duas substâncias nunca solidifica inteiramente em uma única temperatura.

Assinale a opção que contém a(s) afirmação(ões) CORRETA(S):

- A () Apenas I, III
 B () Apenas I, II e V
 C () Apenas II, III, IV e V
 D () Apenas III, IV e V
 E () Todas

Resolução: alternativa A

I. Correta. A adição de um soluto não volátil a um solvente puro, em uma dada temperatura constante, sempre provoca uma diminuição na pressão de vapor, pois ocorre aumento do número de partículas.

II. Incorreta. A pressão de vapor de uma solução formada por dois líquidos voláteis depende das forças intermoleculares envolvidas entre as moléculas presentes na mistura.

III. Correta. O valor absoluto do abaixamento no ponto de congelamento de uma solução é menor se o soluto dimeriza parcialmente no solvente (duas moléculas se unem), comparado ao sistema nas mesmas condições em que não há a dimerização do soluto, pois neste segundo caso o número de partículas é maior.

IV. Incorreta. A pressão osmótica é a pressão exercida sobre uma solução para evitar a migração do solvente através de uma membrana semipermeável.

V. Incorreta. Uma mistura eutética formada por duas substâncias pode solidificar numa temperatura constante.

Segunda fase

QUÍMICA

AS QUESTÕES NUMÉRICAS DEVEM SER DESENVOLVIDAS SEQUENCIALMENTE ATÉ O FINAL.

CONSTANTES

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

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

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

Constante dos gases (R) = $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

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

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

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0°C e 1 atm

Condições ambientes: 25°C e 1 atm

Condições –padrão: 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. (l) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (conc) = concentrado.

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

[X] = concentração da espécie química X em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$\ln X = 2,3 \log X$

EPH = eletrodo padrão de hidrogênio

DADOS EVENTUALMENTE NECESSÁRIOS:

$$e^{10} = 2,2 \times 10^4$$

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g.mol ⁻¹)
H	1	1,01
B	5	10,81
C	6	12,01
N	7	14,01
O	8	16,00
F	9	19,00
Na	11	22,99
Mg	12	24,30
P	15	30,97
S	16	32,06
Cl	17	35,45
K	19	39,10
Ca	20	40,08
Mn	25	54,94
Zn	30	65,38
Br	35	79,90
Ag	47	107,87
I	53	126,90
Hg	80	200,59
Pb	82	207,19
Pa	91	231,04

Questão 1. Considere a seguinte reação química hipotética:



A velocidade dessa reação é igual à constante de velocidade multiplicada pelas concentrações da espécie **X** elevada ao quadrado e da espécie **Y**. A constante de velocidade obedece à equação de Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

em que E_a representa a energia de ativação e A representa o fator de frequência. Sabendo-se que a energia de ativação da reação é igual a $24,94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ a 300 K , concentrações iniciais de X e Y iguais a $0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e Z igual a zero, determine o valor numérico da:

a) constante de velocidade da reação inversa, considerando o atingimento do equilíbrio quando a concentração de Z é igual a $0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

b) velocidade da reação química, considerando o fator de frequência igual a $25,00 \times e^{10} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Resolução:

a) Cálculo da constante de velocidade da reação inversa:

$$[X]_{\text{início}} = [Y]_{\text{início}} = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[Z]_{\text{início}} = 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[Z]_{\text{equilíbrio}} = 0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$E_a = 24,94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_a = 24.940 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

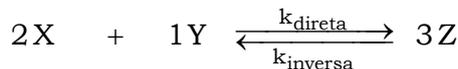
$$T = 300 \text{ K}$$

$$A = 25,00 \times e^{10} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\left. \begin{array}{l} E_a = 24,94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\ E_a = 24.940 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \\ T = 300 \text{ K} \\ A = 25,00 \times e^{10} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1} \\ R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array} \right\} k_{\text{direta}} = A \cdot e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)} = 25,00 \times e^{10} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot e^{\left(\frac{-24.940 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}{8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}}\right)} \approx e^{10}$$

$$k_{\text{direta}} = 25,00 \times e^{10} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot e^{-10} = 25,00 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$



$$0,2 \quad 0,2 \quad 0 \quad (\text{início; mol / L})$$

$$-0,10 \quad -0,05 \quad +0,15 \quad (\text{durante; mol / L})$$

$$\underbrace{(0,2 - 0,10)}_{0,1} \quad \underbrace{(0,2 - 0,05)}_{0,15} \quad 0,15 \quad (\text{equilíbrio; mol / L})$$

$$K_e = \frac{k_{\text{direta}}}{k_{\text{inversa}}} = \frac{[Z]^3}{[X]^2 \times [Y]^1}$$

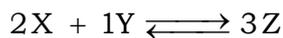
$$\frac{25,00 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}}{k_{\text{inversa}}} = \frac{(0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^3}{(0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \times (0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^1}$$

$$k_{\text{inversa}} = \frac{25,00 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1} \times (0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \times (0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^1}{(0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^3}$$

$$k_{\text{inversa}} = 11,11 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Cálculo da velocidade da reação química considerando o atingimento do equilíbrio:

$$k_{\text{direta}} = 25,00 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}; \quad [\text{X}] = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; \quad [\text{Y}] = 0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



$$v = k_{\text{direta}} \times [\text{X}]^2 \times [\text{Y}]^1$$

$$v = 25,00 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1} \times (0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \times (0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^1 = 0,0375 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Questão 2. O método de determinação da quantidade de nitrogênio amoniacal (NH_x) em amostras de efluentes baseia-se nas seguintes etapas: (i) alcalinização da amostra, com excesso de base forte para produção de amônia, (ii) a qual é posteriormente destilada e recolhida em uma quantidade conhecida de uma solução padrão de ácido bórico. Após reação da amônia com o ácido, (iii) o borato formado é titulado com uma solução padrão de ácido sulfúrico, formando sulfato de amônio.

Considere que uma amostra de 20,00 mL de efluente com densidade de 1,50 g·cm⁻³ foi alcalinizada com excesso de NaOH e que a titulação do borato consumiu 18,00 mL de uma solução aquosa 0,500 mol·L⁻¹ em ácido sulfúrico. Com base nessas informações:

a) escreva as reações químicas balanceadas que representam cada uma das etapas envolvidas nesse método.

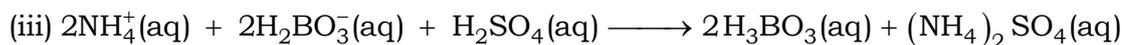
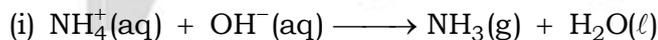
b) calcule o valor numérico da massa (em g) de sulfato de amônio formado.

c) calcule o valor numérico da massa (em g) de nitrogênio na amostra.

d) calcule o valor numérico do percentual do elemento N na amostra.

Resolução:

a) Reações químicas balanceadas:



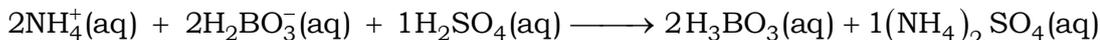
b) Cálculo do valor numérico da massa (em g) de sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) formado:

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 0,500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$V = 18 \text{ mL} = 0,018 \text{ L}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = [\text{H}_2\text{SO}_4] \times V$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0,018 \text{ L} = 0,009 \text{ mol}$$



$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol} & \text{-----} & 1 \text{ mol} \\ 0,009 \text{ mol} & \text{-----} & 0,009 \text{ mol} \end{array}$$

$$n_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 0,009 \text{ mol}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 2(14,01 + 4 \times 1,01) + 32,06 + 4 \times 16,00 = 132,16; M_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 132,16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = \frac{m_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}}{M_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}} \Rightarrow m_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = n_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \times M_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}$$

$$m_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 0,009 \text{ mol} \times 132,16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,18944 \text{ g}$$

$$m_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 1,189 \text{ g}$$

c) Cálculo do valor numérico da massa (em g) de nitrogênio na amostra:

$$m_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 1,189 \text{ g}$$

$$M_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 132,16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; M_{\text{N}} = 14,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$132,16 \text{ g de } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 2 \times 14,01 \text{ g}$$

$$1,189 \text{ g de } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ ----- } m_{\text{N}}$$

$$m_{\text{N}} = \frac{1,189 \text{ g} \times 2 \times 14,01 \text{ g}}{132,16 \text{ g}} = 0,2520867 \text{ g}$$

$$m_{\text{N}} = 0,252 \text{ g}$$

d) Cálculo do valor numérico do percentual do elemento N na amostra:

$$V_{\text{efluente}} = 20 \text{ mL} = 20 \text{ cm}^3$$

$$d_{\text{efluente}} = 1,50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$d_{\text{efluente}} = \frac{m_{\text{efluente}}}{V_{\text{efluente}}} \Rightarrow m_{\text{efluente}} = d_{\text{efluente}} \times V_{\text{efluente}}$$

$$m_{\text{efluente}} = 1,50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 20 \text{ cm}^3 = 30 \text{ g}$$

$$30 \text{ g} \text{ ----- } 100 \% \text{ (amostra)}$$

$$0,252 \text{ g} \text{ ----- } p_{\text{N}}$$

$$p_{\text{N}} = \frac{0,252 \text{ g} \times 100 \%}{30 \text{ g}} = 0,84 \%$$

Questão 3. Um químico carregou um reator com 20 atm de uma mistura gasosa, constituída de uma substância A e de um componente inerte I, em uma proporção molar de A:I igual a 4:1. A temperatura do reator foi mantida constante e a pressão total foi monitorada, o que permitiu determinar a velocidade da reação em função do tempo, de acordo com os dados da tabela.

t (min)	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42	18,75
P (atm)	21	22	23	24	25	26
v (atm.min⁻¹)	1,96	1,44	1,00	0,64	0,36	0,16

Com base nesses dados e sabendo que a estequiometria da reação é $2A(g) \longrightarrow 3B(g)$, pede-se:

- O valor numérico da ordem da reação.
- O valor numérico da constante de velocidade com sua unidade de medida.
- A composição no interior do reator no tempo 10,42 minutos em termos das pressões parciais (em atm) de cada componente.
- O valor numérico do tempo de meia vida da reação.

Resolução:

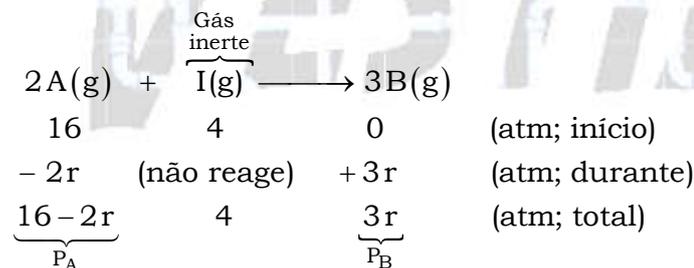
a) Cálculo do valor numérico da ordem da reação:

$$P_{\text{mistura (início)}} = P_A + P_I$$

$$P_{\text{mistura (início)}} = 20 \text{ atm}$$

$$4 \text{ mol de A} : 1 \text{ mol de I } (\times 4) \Rightarrow 16 \text{ mol de A} : 4 \text{ mol de I} \Rightarrow 16 \text{ atm (A)} : 4 \text{ atm (I)}$$

$$20 \text{ atm} = 16 \text{ atm} + 4 \text{ atm}$$



$$P_{\text{mistura}} = 16 - 2r + 4 + 3r = 20 + r$$

$$P_{\text{mistura}} = 20 + r$$

$$r = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

t (min)	0	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42	18,75
P_I (atm)	4	4	4	4	4	4	4
r	0	1	2	3	4	5	6
P = 20 + r (atm)	20	21	22	23	24	25	26
P_A = 16 - 2r (atm)	(16 - 0) 16	(16 - 2) 14	(16 - 4) 12	(16 - 6) 10	(16 - 8) 8	(16 - 10) 6	(16 - 12) 4
v (atm · min⁻¹)	v = k(P _A) ^a	1,96	1,44	1,00	0,64	0,36	0,16

$$t = 6,25 \text{ min} \Rightarrow P_A = 8 \text{ atm e } v = 0,64 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$t = 18,75 \text{ min} \Rightarrow P_A = 4 \text{ atm e } v = 0,16 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v = k(P_A)^a$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,64 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1} = k(8 \text{ atm})^a \\ 0,16 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1} = k(4 \text{ atm})^a \end{array} \right\} \frac{0,64 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1}}{0,16 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1}} = \frac{k(8 \text{ atm})^a}{k(4 \text{ atm})^a} \Rightarrow \frac{0,64}{0,16} = \frac{k(2^3)^a}{k(2^2)^a}$$

$$2^2 = 2^a \Rightarrow a = 2 \text{ (segunda ordem)}$$

b) Cálculo do valor numérico da constante de velocidade com sua unidade de medida:

$$t = 18,75 \text{ min} \Rightarrow P_A = 4 \text{ atm e } v = 0,16 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v = k(P_A)^2 \Rightarrow 0,16 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1} = k(4 \text{ atm})^2$$

$$k = \frac{0,16 \text{ atm} \cdot \text{min}^{-1}}{16 \text{ atm}^2}$$

$$k = 0,01 \text{ atm}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

c) Cálculo da composição no interior do reator no tempo 10,42 minutos em termos das pressões parciais (em atm) de cada componente:

$$t = 10,42 \text{ min}$$

$$r = 5$$

$$P_A = 16 - 2r = 16 - 2 \times 5 \Rightarrow P_A = 6 \text{ atm}$$

$$P_I = 4 \text{ atm}$$

$$P_B = 3 \times r = 3 \times 5 \Rightarrow P_B = 15 \text{ atm}$$

d) Cálculo do valor numérico do tempo de meia vida da reação a partir de P_A :

$$\underbrace{16 \text{ atm}}_{0 \text{ min}} \xrightarrow{t_{(1/2)}} \underbrace{8 \text{ atm}}_{6,25 \text{ min}}$$

$$t_{(1/2)} = 6,25 \text{ min}$$

Questão 4. Um novo método para potabilização da água residual em espaçonaves emprega íons de prata como agente bactericida. Considere os dados de produto de solubilidade de alguns sais apresentados na Tabela 1 e o limite máximo permitido de íons nos padrões de qualidade da água potável disposto na Tabela 2.

Tabela 1. Dados de constantes de solubilidade

Sal	K_{ps}
AgCl(s)	$1,21 \times 10^{-10}$
AgBr(s)	$4,90 \times 10^{-13}$
AgI(s)	$1,00 \times 10^{-16}$
NaCl(s)	37,3
NaBr(s)	127
NaI(s)	151
HgCl ₂ (s)	$8,10 \times 10^{-2}$
HgBr ₂ (s)	$6,20 \times 10^{-20}$
HgI ₂ (s)	$3,20 \times 10^{-29}$

Tabela 2. Limite máximo permitido nos padrões de qualidade da água potável.

Espécie	Máximo nível permitido (mg.L ⁻¹)
Cloretos	1000
Brometos	4,0
Iodetos	0,018
Prata	0,090
Sódio	20
Mercúrio	0,002

Sabe-se que concentrações de íons de prata acima de dez partes por bilhão (>10 ppb) são suficientes para prevenir o crescimento de bactérias, algas e outros micro-organismos. A estratégia do método consiste em assegurar uma concentração fixa de Ag⁺ na água potável por meio da saturação da solução com um sal de prata moderadamente solúvel. Com base nessas informações, responda:

a) Dentre os sais de prata apresentados na Tabela 1, indique qual(is) poderia(m) ser empregado(s) no método de potabilização da água e calcule a concentração em ppb de Ag⁺ na solução resultante.

b) Dentre os sais de prata que não poderiam ser usados no item (a) e considerando o limite máximo permitido nos padrões de qualidade da água potável, indique aquele(s) sal(is) que poderia(m) ser empregado(s), juntamente com NaCl ou HgCl₂, para ajustar a concentração total de Ag⁺ para 10,8 ppb. Determine o valor numérico da concentração final de Na⁺ ou Hg²⁺ em cada situação.

Resolução:

a) Limites ou intervalo de concentração de íons prata (Ag^+) necessários para prevenir o crescimento de bactérias, algas e outros micro-organismos:

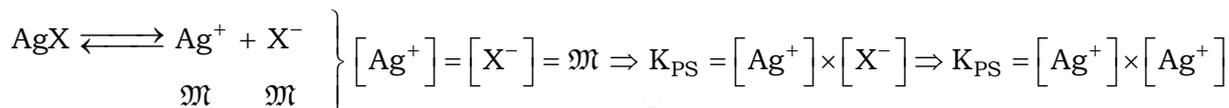
$$1 \text{ ppb} = \frac{1 \text{ g}}{10^9 \text{ mL}} = \frac{10^{-9} \text{ g}}{10^{-3} \text{ L}} = 10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$10 \text{ ppb} = 10 \times 10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} = 0,010 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (limite mínimo de } \text{Ag}^+)$$

Na tabela : $0,090 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (limite máximo de Ag^+)

$$\text{Intervalo: } 0,010 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < C_{\text{Ag}^+} < 0,090 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

Genericamente, para os sais de prata:



$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{K_{\text{PS}}}$$

Sal	K_{ps}	Concentração de íons Ag^+ $\left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)$	$0,010 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \leftrightarrow 0,090 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$
AgCl(s)	$1,21 \times 10^{-10}$	$\sqrt{1,21 \times 10^{-10}} = 110 \times 10^{-4} \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}} \times 108 = 1,188$	Não pode ser empregado, pois está fora do intervalo.
AgBr(s)	$4,90 \times 10^{-13}$	$\sqrt{4,90 \times 10^{-13}} = 7 \times 10^{-4} \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}} \times 108 = 0,0756$	Pode ser empregado, pois está dentro do intervalo.
AgI(s)	$1,00 \times 10^{-16}$	$\sqrt{1,00 \times 10^{-16}} = 10^{-5} \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}} \times 108 = 0,00108$	Não pode ser empregado, pois está fora do intervalo.

Conclusão: AgBr poderia ser empregado no método de potabilização da água.

Cálculo da concentração em ppb de Ag^+ na solução resultante:

$$C_{\text{Ag}^+} = 0,0756 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{75,6 \times 10^{-6} \text{ g}}{10^3 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Ag}^+} = \frac{75,6 \text{ g}}{10^9 \text{ mL}} = 75,6 \text{ ppb}$$

b) Conversão de 10,8 ppb, concentração ajustada de Ag^+ , para mol/L:

$$M_{\text{Ag}^+} = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_{\text{Ag}^+} = 10,8 \text{ ppb} = \frac{10,8 \text{ g}}{10^9 \text{ mL}} = \frac{10,8 \text{ g}}{10^6 \text{ L}}$$

$$C_{\text{Ag}^+} = [\text{Ag}^+] \times M_{\text{Ag}^+} \Rightarrow \frac{10,8 \text{ g}}{10^6 \text{ L}} = [\text{Ag}^+] \times 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$[\text{Ag}^+] = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cálculo da concentração de íons cloreto (Cl^-) necessária para o ajuste:

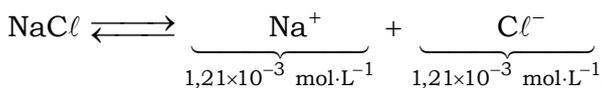


$$K_{\text{PS}} = [\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-]$$

$$1,21 \times 10^{-10} = 10^{-7} \times [\text{Cl}^-] \Rightarrow [\text{Cl}^-] = \frac{1,21 \times 10^{-10}}{10^{-7}} = 1,21 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cálculo da concentração de íons sódio (Na^+) produzida:

$$\text{Na}^+ = 22,99 \approx 23; \quad M_{\text{Na}^+} = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$C_{\text{Na}^+} = [\text{Na}^+] \times M_{\text{Na}^+}$$

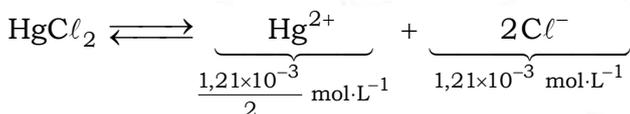
$$C_{\text{Na}^+} = 1,21 \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_{\text{Na}^+} = 27,83 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} > 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (máximo permitido)}$$

Na^+ ultrapassa o limite máximo permitido, logo NaCl não poderia ser empregado juntamente com AgCl .

Cálculo da concentração de íons mercúrio (Hg^{2+}) produzida:

$$\text{Hg}^{2+} = 200,59; \quad M_{\text{Hg}^{2+}} = 200,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



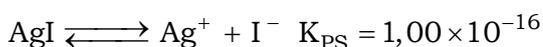
$$C_{\text{Hg}^{2+}} = [\text{Hg}^{2+}] \times M_{\text{Hg}^{2+}}$$

$$C_{\text{Hg}^{2+}} = \frac{1,21 \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}}}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 200,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_{\text{Hg}^{2+}} = 121,36 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} > 0,002 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (máximo permitido)}$$

Hg^{2+} ultrapassa o limite máximo permitido, logo HgCl_2 não poderia ser empregado juntamente com AgCl .

Cálculo da concentração de íons iodeto (I^-) necessária para o ajuste:

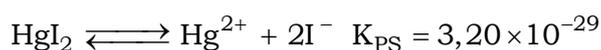


$$K_{\text{PS}} = [\text{Ag}^+] \times [\text{I}^-]$$

$$1,00 \times 10^{-16} = 10^{-7} \times [\text{I}^-]$$

$$[\text{I}^-] = \frac{1,00 \times 10^{-16}}{10^{-7}} = 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cálculo da concentração de íons mercúrio (Hg^{2+}) produzida:



$$K_{\text{PS}} = [\text{Hg}^{2+}] \times [\text{I}^-]^2$$

$$3,20 \times 10^{-29} = [\text{Hg}^{2+}] \times (10^{-9})^2$$

$$[\text{Hg}^{2+}] = \frac{3,20 \times 10^{-29}}{10^{-9} \times 10^{-9}} = 3,20 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

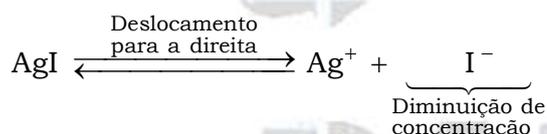
$$\text{Hg}^{2+} = 200,59; \quad M_{\text{Hg}^{2+}} = 200,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_{\text{Hg}^{2+}} = [\text{Hg}^{2+}] \times M_{\text{Hg}^{2+}}$$

$$C_{\text{Hg}^{2+}} = 3,20 \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}} \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 200,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$C_{\text{Hg}^{2+}} = 0,0000064 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < 0,02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (máximo permitido)}$$

Os íons Hg^{2+} estão abaixo do valor máximo permitido, ou seja, dentro do limite e podem retirar os íons iodeto (I^-) e, conseqüentemente, aumentar a solubilidade do AgI .



Conclusão: HgCl_2 pode ser empregado para ajustar a concentração total de Ag^+ .

Questão 5. Na reação conhecida como “cão que late”, uma mistura de óxido nitroso e dissulfeto de carbono entra em combustão, gerando um clarão azulado e um som parecido com “woof” ou “uulsh”. Considerando uma combustão completa e que todo o enxofre gerado se encontra na forma de sólido S_8 :

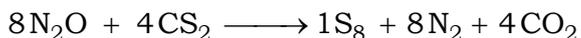
a) escreva a equação química balanceada dessa reação.

b) determine o valor numérico do volume de gás gerado (em litros) para cada 304 g de dissulfeto de carbono que reagiu de forma estequiométrica. Considere a pressão igual a 10^5 Pa e a temperatura de 300 K.

c) calcule o valor numérico da massa de enxofre sólido (em g) gerado considerando a mesma quantidade de dissulfeto de carbono do item **(b)**.

Resolução:

a) Equação química balanceada dessa reação de combustão do óxido nitroso (N_2O) com dissulfeto de carbono (CS_2) produzindo enxofre sólido (S_8):



b) Determinação do valor numérico do volume de gás gerado (em litros):

$$CS_2 = 1 \times 12 + 2 \times 32 = 76; M_{CS_2} = 76 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$P = 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

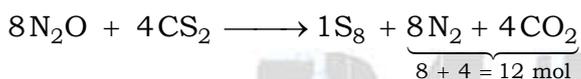
$$1 \text{ J} = \text{Pa} \times \text{m}^3$$

$$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$P \times V_{\text{molar}} = 1 \times R \times T \Rightarrow V_{\text{molar}} = \frac{R \times T}{P}$$

$$V_{\text{molar}} = \frac{8,31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa}}$$

$$V_{\text{molar}} = 0,02493 \text{ m}^3 = 24,93 \text{ L}$$



$$4 \times 76 \text{ g} \text{ ————— } 12 \times 24,93 \text{ L}$$

$$304 \text{ g} \text{ ————— } V$$

$$V = \frac{304 \text{ g} \times 12 \times 24,93 \text{ L}}{4 \times 76 \text{ g}}$$

$$V = 299,16 \text{ L}$$

c) Cálculo do valor numérico da massa de enxofre sólido (em g) gerado considerando a mesma quantidade de dissulfeto de carbono do item **(b)**:



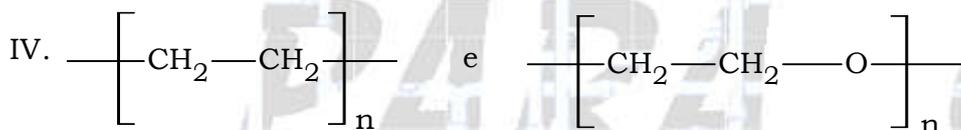
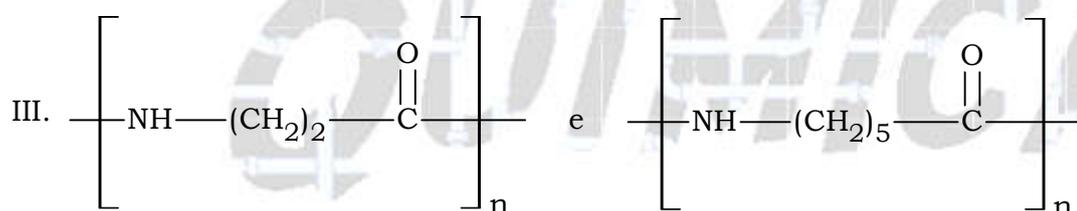
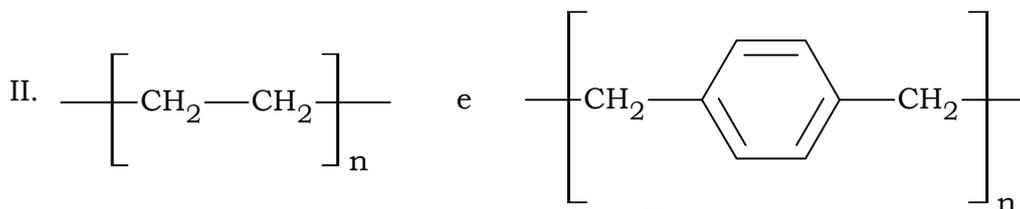
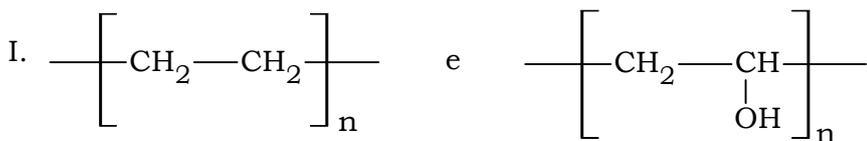
$$4 \times 76 \text{ g} \text{ ————— } 8 \times 32 \text{ g}$$

$$304 \text{ g} \text{ ————— } m_{S_8}$$

$$m_{S_8} = \frac{304 \text{ g} \times 8 \times 32 \text{ g}}{4 \times 76 \text{ g}}$$

$$m_{S_8} = 256 \text{ g}$$

Questão 6. Considere os seguintes pares de homopolímeros, representados pelas respectivas fórmulas estruturais. Para cada par, indique qual homopolímero terá temperatura de fusão maior, considerando que suas massas molares sejam similares. Justifique a sua resposta.

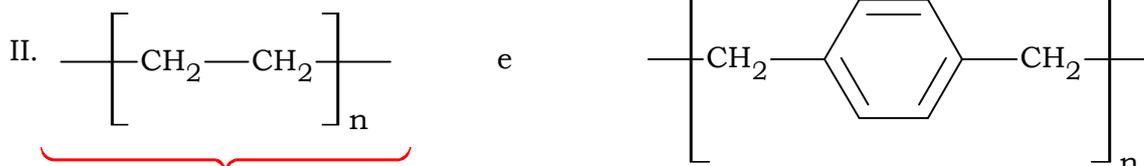


Resolução:



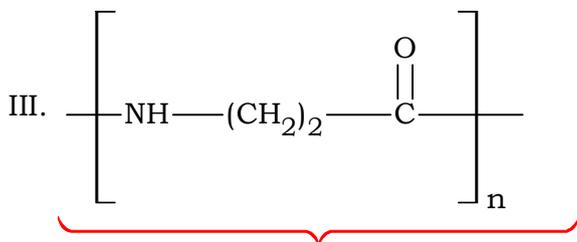
Terá temperatura de fusão menor, pois é apolar e faz interações ou ligações de van der waals (dipolo induzido).

Terá temperatura de fusão maior, pois apresenta o grupo OH que faz ligações de hidrogênio.



Faz interações de van der waals e terá temperatura de fusão menor, pois apresenta menor superfície de contato e menor empacotamento.

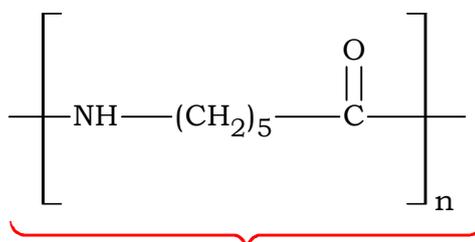
Faz interações de van der waals e terá temperatura de fusão maior, pois apresenta maior superfície de contato devido à presença do núcleo benzênico (plano) que contribui para melhorar o empacotamento.



A distância entre N e C=O é menor.

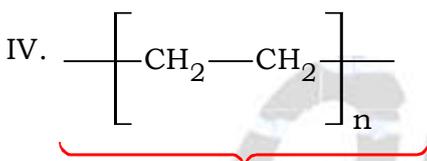
Terá maior temperatura de fusão, pois apresenta menor quantidade de grupos $-\text{CH}_2-$ (apolar), conseqüentemente as ligações de hidrogênio devido ao grupo NH serão mais intensas.

e



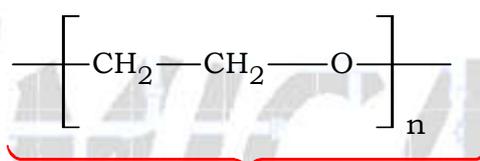
A distância entre N e C=O é maior.

Terá menor temperatura de fusão, pois apresenta maior quantidade de grupos $-\text{CH}_2-$ (apolar), conseqüentemente as ligações de hidrogênio devido ao grupo NH serão menos intensas.



Faz interações de van der waals e terá temperatura de fusão maior, pois não apresenta heteroátomo.

e



Faz, predominantemente, interações de van der waals. Terá temperatura de fusão menor, pois a presença do heteroátomo (O) dificulta o empacotamento das cadeias carbônicas.

Questão 7. Considere as seguintes informações:

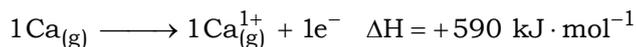
- I. Primeira energia de ionização do cálcio: $590 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- II. Segunda energia de ionização do cálcio: $1145 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- III. Afinidade eletrônica do cloro: $-340 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- IV. Entalpia de solubilização do cloreto de cálcio: $-81 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- V. Entalpia de hidratação do íon de cálcio: $-1579 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- VI. Entalpia de hidratação do íon de cloro: $-378 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Com base nessas informações, responda os itens abaixo.

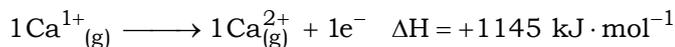
- a) Represente, na forma de equações químicas, as informações acima (I-VI).
- b) Equacione a reação de entalpia de rede do cloreto de cálcio a partir das equações I-VI, conforme a necessidade.
- c) Calcule o valor numérico da entalpia de rede do cloreto de cálcio (em $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$).

Resolução:

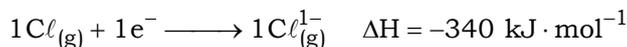
a) I. Primeira energia de ionização do cálcio: $590 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



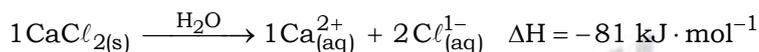
II. Segunda energia de ionização do cálcio: $1145 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



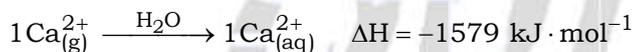
III. Afinidade eletrônica do cloro: $-340 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



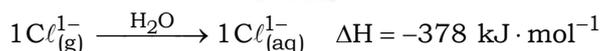
IV. Entalpia de solubilização do cloreto de cálcio: $-81 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



V. Entalpia de hidratação do íon de cálcio: $-1579 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

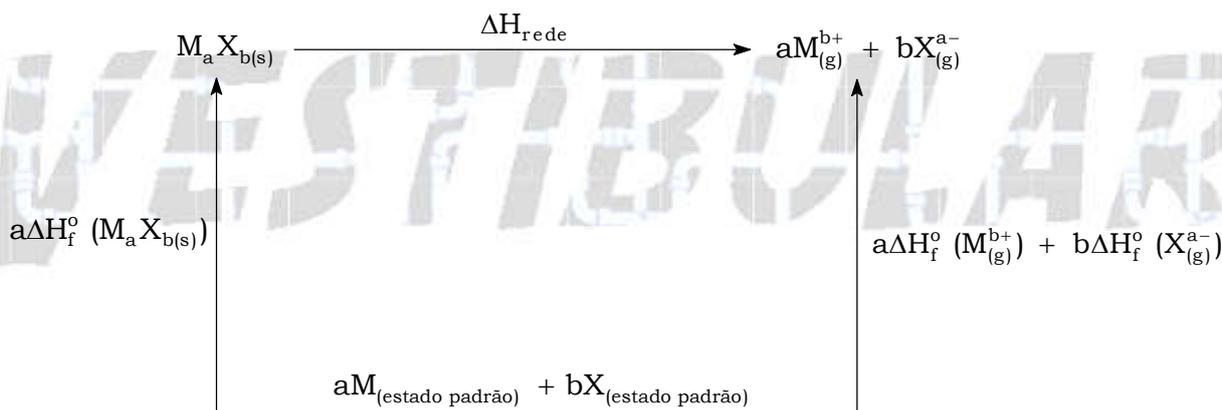


VI. Entalpia de hidratação do íon de cloro: $-378 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



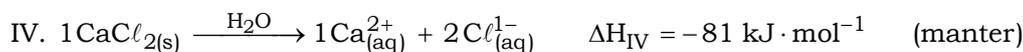
b) A entalpia de rede pode ser definida como a energia necessária para transformar um mol do sólido iônico em seus íons gasosos: $M_a X_{b(s)} \rightleftharpoons aM_{(g)}^{b+} + bX_{(g)}^{a-}$.

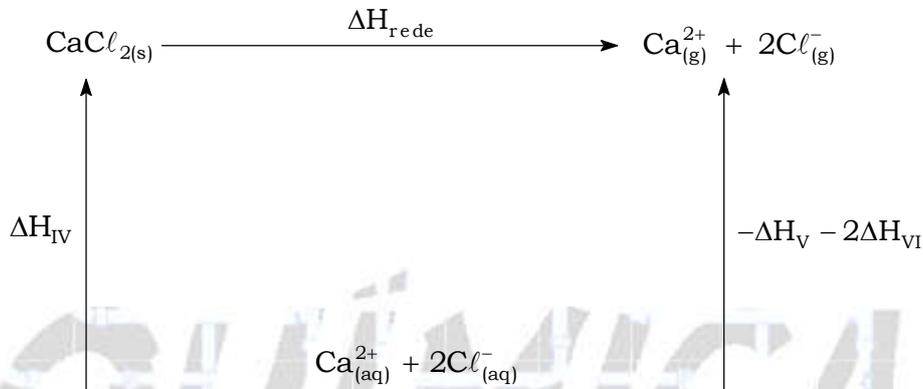
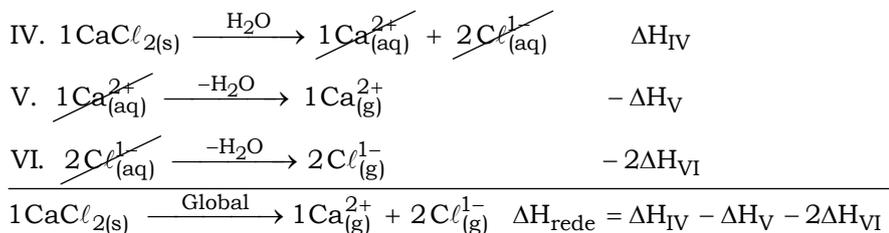
A entalpia de rede, genericamente, é dada pelo ciclo:



Aplicando o ciclo para o $\text{CaCl}_{2(s)}$, vem: $\text{CaCl}_{2(s)} \longrightarrow \text{Ca}_{(g)}^{2+} + 2\text{Cl}_{(g)}^{-}$.

c) Cálculo do valor numérico da entalpia de rede do cloreto de cálcio (em $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$):





$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{rede}} &= -\Delta H_{\text{V}} - 2\Delta H_{\text{VI}} + \Delta H_{\text{IV}} \\
 \Delta H_{\text{rede}} &= -(-1579) - 2(-378) + (-81) \\
 \Delta H_{\text{rede}} &= +2254 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}
 \end{aligned}$$

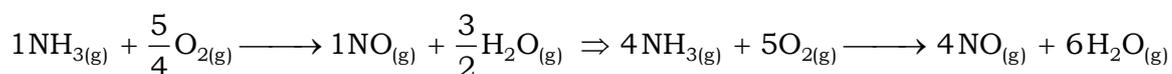
Questão 8. Em um reator químico vazio, mantido a altas temperaturas, injeta-se uma mistura gasosa, com massa molar aparente igual a $29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, constituída de amônia e oxigênio puros. Os gases reagem entre si formando óxido nítrico e água no estado gasoso. Ao final do processo, toda a amônia é consumida e são formados 20 mol de óxido nítrico. A respeito deste processo, pede-se:

- A equação química balanceada.
- Os valores numéricos das frações molares de amônia e de oxigênio no início da reação.
- O valor numérico da porcentagem de reagente em excesso.
- Os valores numéricos das quantidades (em mols) das espécies químicas no final da reação.

Resolução:

a) Os gases reagem entre si formando óxido nítrico (NO) e água (H₂O) no estado gasoso.

Equação química balanceada:



b) Cálculo dos valores numéricos das frações molares de amônia e de oxigênio no início da reação:

$$\text{NH}_3 = 1 \times 14 + 3 \times 1 = 17; M_{\text{NH}_3} = 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; \text{O}_2 = 2 \times 16 = 32; M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$X_{\text{NH}_3} + X_{\text{O}_2} = 1 \Rightarrow X_{\text{NH}_3} = 1 - X_{\text{O}_2}$$

$$M_{\text{aparente}} = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{aparente}} = M_{\text{NH}_3} \times X_{\text{NH}_3} + M_{\text{O}_2} \times X_{\text{O}_2}$$

$$29 = 17 \times (1 - X_{\text{O}_2}) + 32 \times X_{\text{O}_2}$$

$$29 = 17 - 17 \times X_{\text{O}_2} + 32 \times X_{\text{O}_2}$$

$$15 \times X_{\text{O}_2} = 29 - 17$$

$$X_{\text{O}_2} = \frac{3}{15} \text{ (0,20 ou 20\%)}$$

$$X_{\text{NH}_3} = 1 - X_{\text{O}_2} \Rightarrow X_{\text{NH}_3} = 1 - \frac{3}{15}$$

$$X_{\text{NH}_3} = \frac{12}{15} \text{ (0,80 ou 80\%)}$$

c) Cálculo do valor numérico da porcentagem de reagente em excesso:

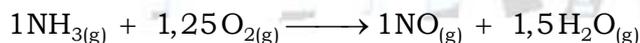
$$n_{\text{NH}_3} = 0,20n; n_{\text{O}_2} = 0,80n$$



$$1 \text{ mol} \text{ — } 1,25 \text{ mol}$$

$$0,20n \text{ mol} \text{ — } \underbrace{0,80n}_{\text{Com excesso}}$$

$$(1 \times 0,80n) > (1,25 \times 0,20n)$$



$$1 \text{ mol} \text{ — } 1,25 \text{ mol}$$

$$0,20n \text{ mol} \text{ — } n_{\text{O}_2}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{0,20n \text{ mol} \times 1,25 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 0,25n$$

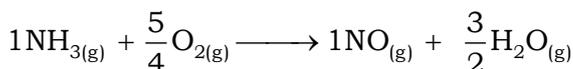
$$n_{\text{Excesso}} = 0,80n - 0,25n = 0,55n$$

$$0,80n \text{ — } 100\%$$

$$0,55n \text{ — } p$$

$$p = \frac{0,55n \times 100\%}{0,80n} = 68,75\%$$

d) Cálculo dos valores numéricos das quantidades (em mols) das espécies químicas no final da reação.



$$20 \quad 80 \quad 0 \quad 0 \quad (\text{início; mol})$$

$$-20 \quad -\frac{5}{4} \times 20 \quad 20 \quad +\frac{3}{2} \times 20 \quad (\text{durante; mol})$$

$$0 \quad 55 \quad 20 \quad 30 \quad (\text{final; mol})$$

$$n_{\text{NH}_3} = 0 \text{ mol}; n_{\text{O}_2} = 55 \text{ mol}; n_{\text{NO}} = 20 \text{ mol}; n_{\text{H}_2\text{O}} = 30 \text{ mol}$$

Questão 9. A etilcarbamilamina ou isocianeto de etila é utilizada como reagente em duas rotas reacionais:

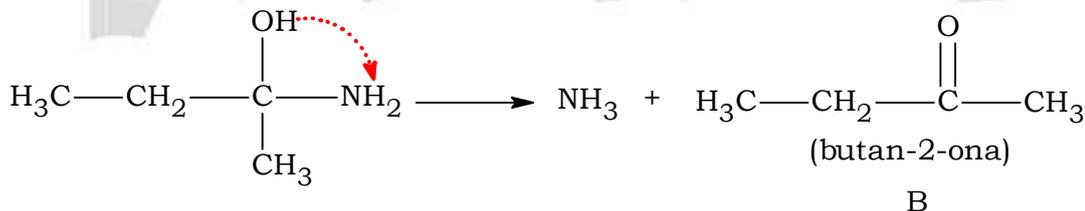
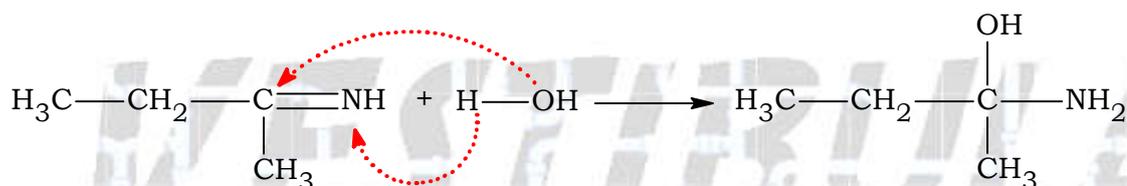
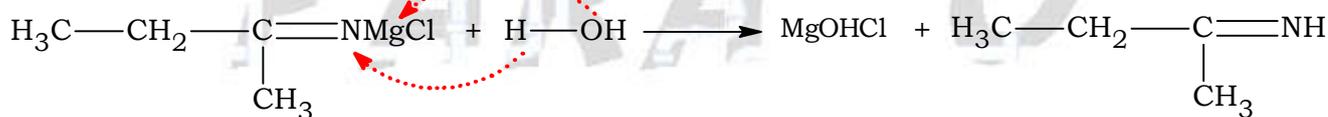
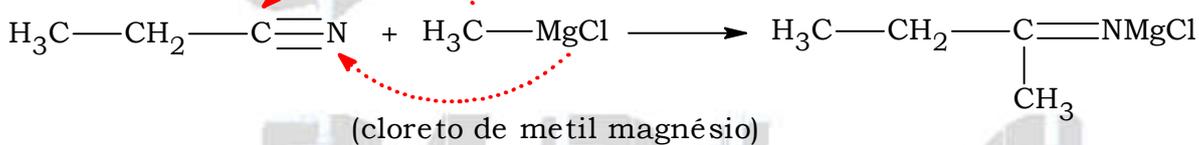
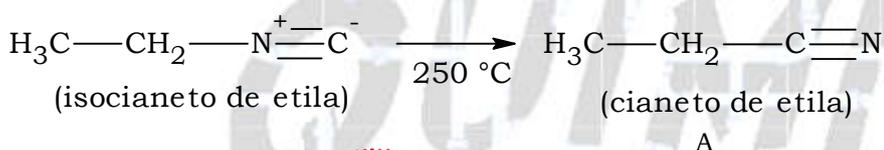
(i) Aquecimento a 250 °C que leva a sua isomerização funcional com a formação de um composto **A**, o qual reage com o cloreto de metil magnésio e, posteriormente, forma uma cetona **B** por hidrólise;

(ii) Hidrólise em meio ácido com a formação de uma amina primária **C** e um composto **D**.

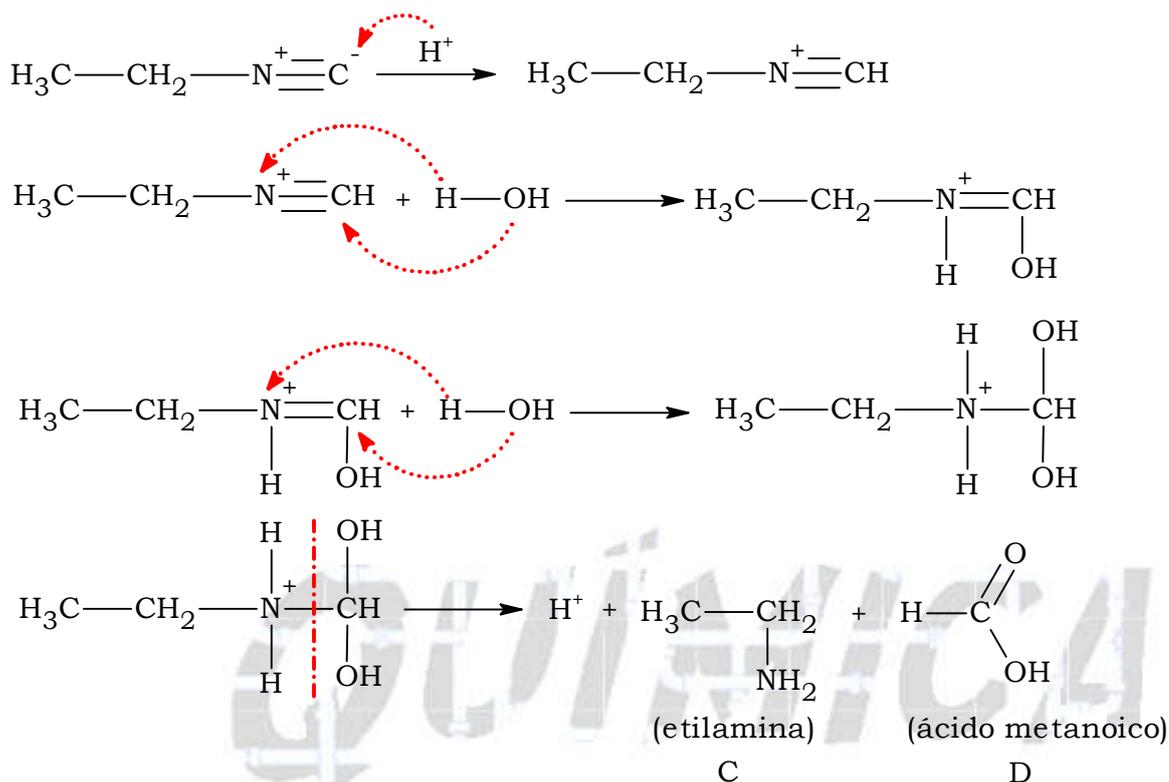
Com base no enunciado, escreva as reações químicas envolvidas nas rotas **(i)** e **(ii)**. Escreva a estrutura química dos compostos **A**, **B**, **C** e **D**.

Resolução:

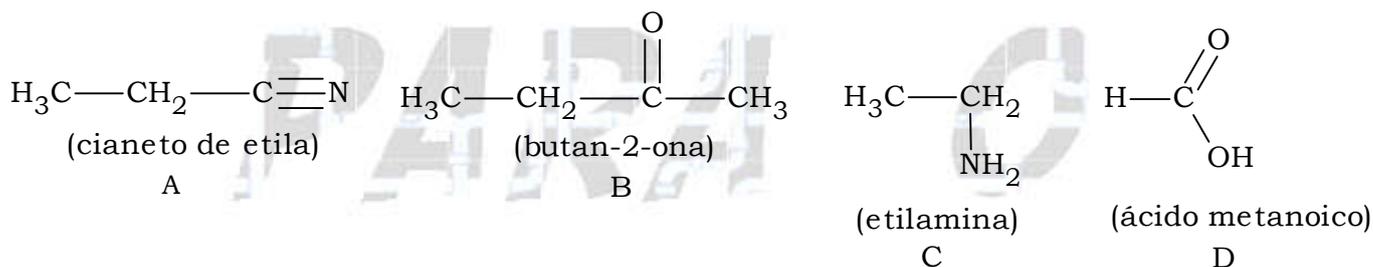
Rota **(i)**:



Rota (ii):



Estrutura química dos compostos **A**, **B**, **C** e **D**:

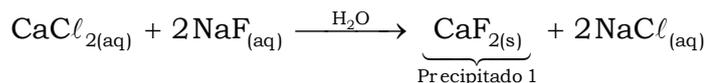


Questão 10. Uma mistura de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio, de massa igual a 39,0 g, foi adicionada à água, sendo observada a formação de um precipitado (Precipitado 1), o qual foi removido por filtração. Ao sobrenadante, foram adicionados 900 mL de uma solução aquosa 0,5 mol L⁻¹ em nitrato de prata, sendo essa quantidade em excesso para garantir a formação de um precipitado (Precipitado 2) que também foi removido por filtração. Posteriormente, foi adicionada a essa nova solução sobrenadante uma placa polida de zinco metálico. Após um tempo suficientemente longo, observou-se um aumento de massa dessa placa igual a 3,76 g. A partir dessas observações:

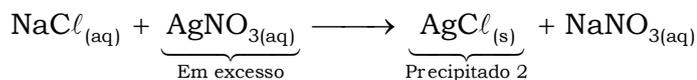
- apresente todas as equações que representam as reações químicas balanceadas envolvidas no processo, identificando cada um dos precipitados.
- calcule o valor numérico do número de mols do Precipitado 2.
- calcule o valor numérico das massas de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio na mistura inicial.

Resolução:

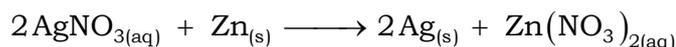
a) Mistura de cloreto de cálcio (CaCl_2) e fluoreto de sódio (NaF) adicionada à água (H_2O):



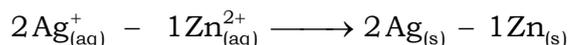
Adição de nitrato de prata (AgNO_3) ao sobrenadante:



É adicionada a essa nova solução sobrenadante uma placa polida de zinco metálico ($\text{Zn}_{(\text{s})}$):



b) Cálculo do valor numérico do número de mols do Precipitado 2:



$$2 \text{ mol} \text{ ————— } (2 \times 108 \text{ g} - 1 \times 65,4 \text{ g})$$

$$n_{\text{Ag}^+} \text{ ————— } 3,76 \text{ g}$$

$$n_{\text{Ag}^+} = \frac{2 \text{ mol} \times 3,76 \text{ g}}{(2 \times 108 \text{ g} - 1 \times 65,4 \text{ g})} = \frac{2 \text{ mol} \times 3,76 \text{ g}}{150,6 \text{ g}} = 0,0499 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ag}^+} = n_{\text{AgNO}_3} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\left. \begin{array}{l} [\text{AgNO}_3] = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ V = 900 \text{ mL} = 0,9 \text{ L} \end{array} \right\} n_{\text{AgNO}_3 (\text{início})} = [\text{AgNO}_3] \times V$$

$$n_{\text{AgNO}_3 (\text{início})} = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0,9 \text{ L} = 0,45 \text{ mol}$$

$$n_{\text{AgNO}_3 (\text{reagiu})} = 0,45 \text{ mol} - 0,05 \text{ mol} = 0,40 \text{ mol}$$



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

$$0,40 \text{ mol} \text{ ————— } n_{\text{Precipitado 2}}$$

$$n_{\text{AgCl} (\text{Precipitado 2})} = 0,40 \text{ mol}$$

c) Cálculo do valor numérico das massas de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio na mistura inicial:

A partir do número de mols do precipitado 2 (AgCl) calcula-se o número de mols do cloreto de sódio (NaCl).

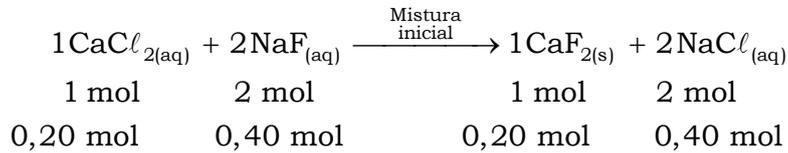


$$1 \text{ mol} \text{-----} 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaCl}} \text{-----} 0,40 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaCl}} = 0,40 \text{ mol}$$

A partir do cloreto de sódio (NaCl), obtêm-se a seguinte proporção na equação da mistura inicial:



$$M_{\text{CaCl}_2} = 1 \times 40 + 2 \times 35,5 = 111 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{CaCl}_2} = \frac{m_{\text{CaCl}_2}}{M_{\text{CaCl}_2}} \Rightarrow m_{\text{CaCl}_2} = n_{\text{CaCl}_2} \times M_{\text{CaCl}_2}$$

$$m_{\text{CaCl}_2} = 0,20 \times 111 = 22,2 \text{ g}$$

$$M_{\text{NaF}} = 1 \times 23 + 1 \times 19 = 42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\text{NaF}} = \frac{m_{\text{NaF}}}{M_{\text{NaF}}} \Rightarrow m_{\text{NaF}} = n_{\text{NaF}} \times M_{\text{NaF}}$$

$$m_{\text{NaF}} = 0,40 \times 42 = 16,8 \text{ g}$$