

## 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):  $0^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições ambientes:  $25^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições – padrão:  $1 \text{ bar}$ ; 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 <sup>-1</sup> )
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.

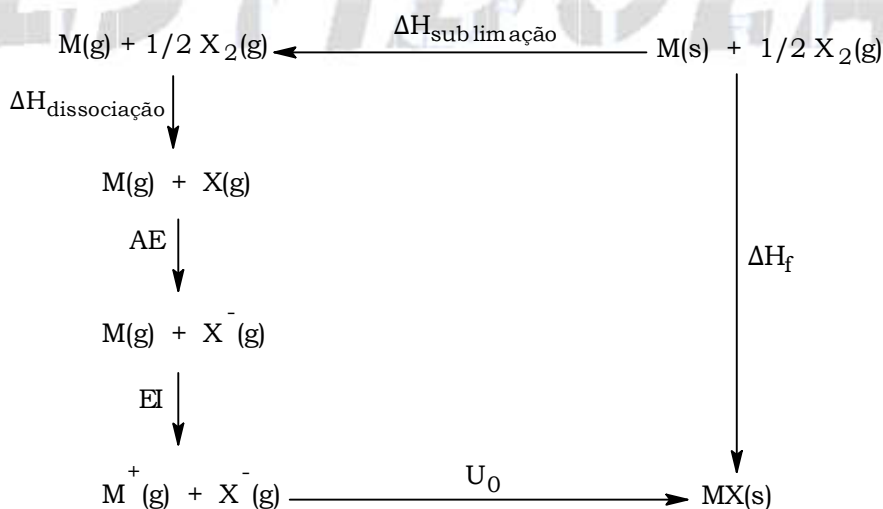
D ( ) Um sólido que sofre mudança de estrutura cristalina mantém constante sua energia reticular.

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

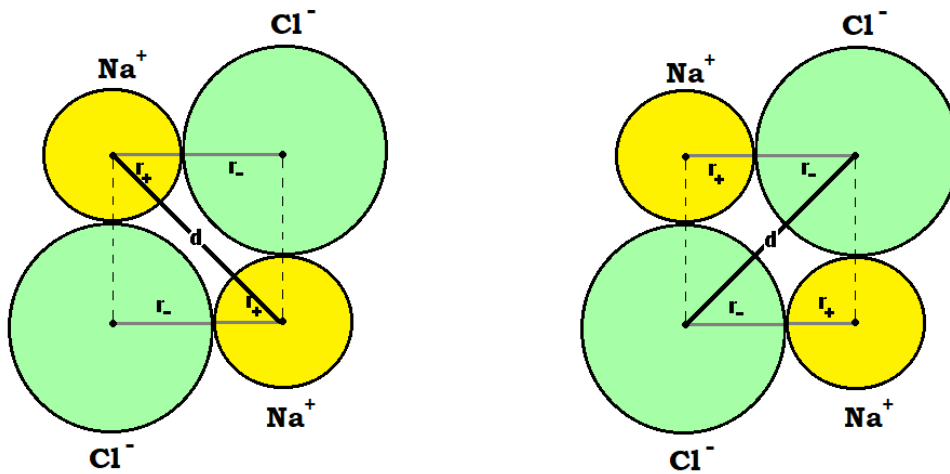
**Resolução: alternativa D**

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  $^{231}\text{Pa}$  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.

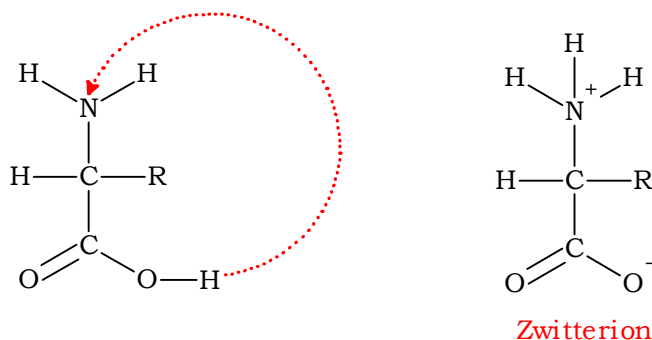
Assinale a alternativa que apresenta as afirmações CORRETAS.

- 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-NH<sub>2</sub>) e carboxila (-COOH). Podem apresentar caráter ácido, básico ou neutro dependendo de sua estrutura.

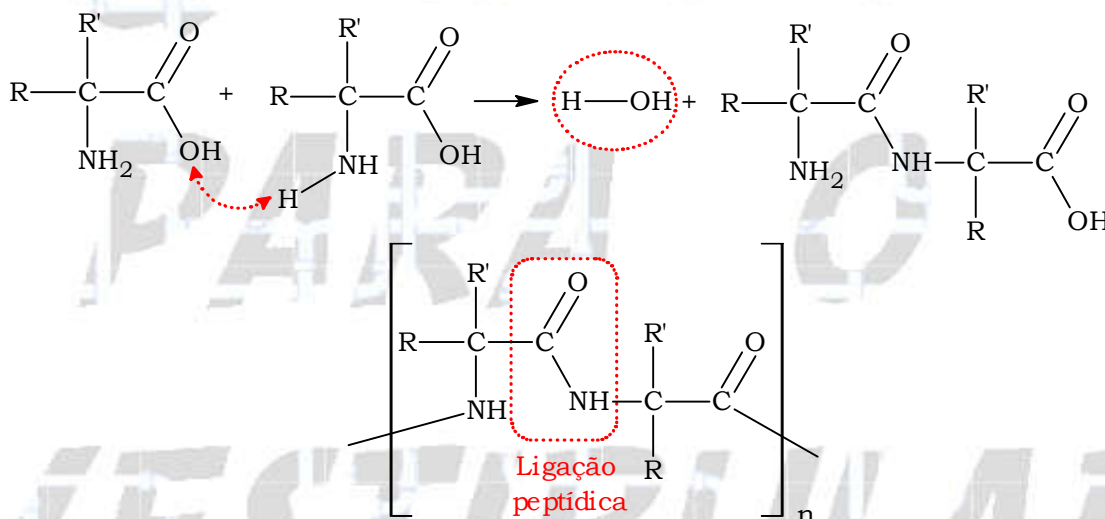
II. Correta. Em pH fisiológico os aminoácidos existem na forma de íon dipolar:



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 ( $-\text{COO}^-$ ).

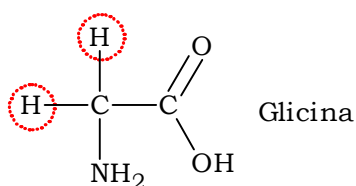
Observação: em  $\text{pH} > 2$  predomina a forma ( $-\text{COO}^-$ ); em  $\text{pH} < 9$  predomina a forma ( $-\text{NH}_3^+$ ).

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.

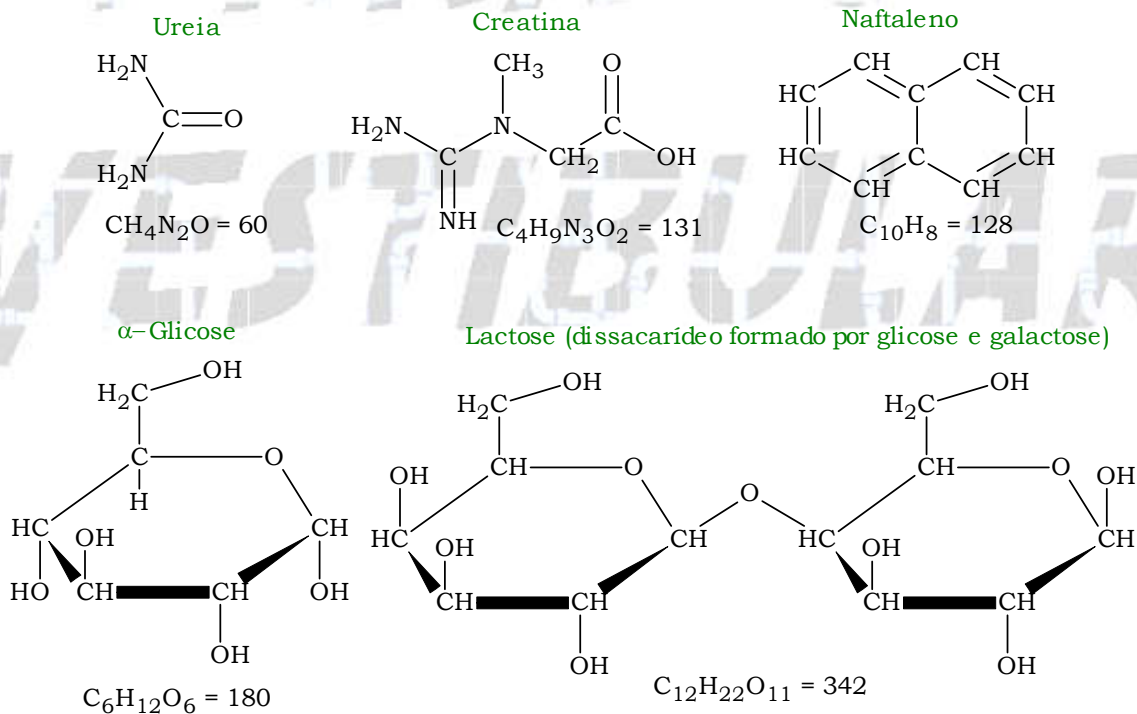
- A ( ) Ureia  
 B ( ) Creatina  
 C ( ) Naftaleno  
 D ( ) Glicose  
 E ( ) Lactose

**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  $0^\circ C$ .

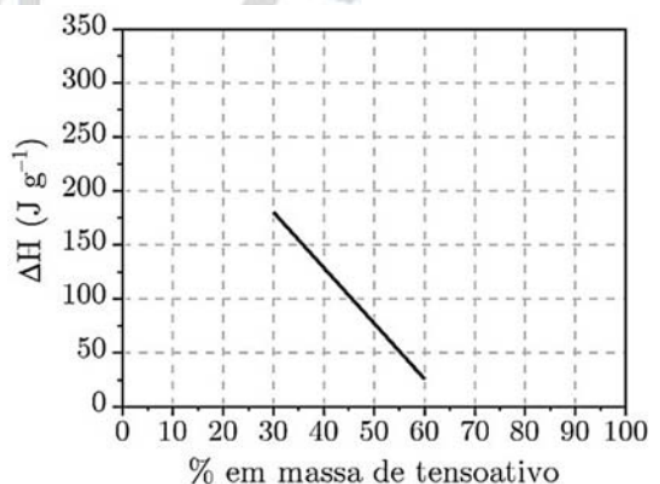
A variação de entalpia ( $\Delta H$ ) desse processo foi determinada para cada mistura em função da composição do sistema, conforme apresentado no gráfico. Considere que o ponto de fusão do tensoativo puro é menor que  $-20^\circ C$  e o calor latente de fusão da água pura é  $334 J \cdot g^{-1}$ . Sobre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

**I.** O  $\Delta H$  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  $\Delta H$  é proporcional à quantidade de água não associada ao tensoativo.

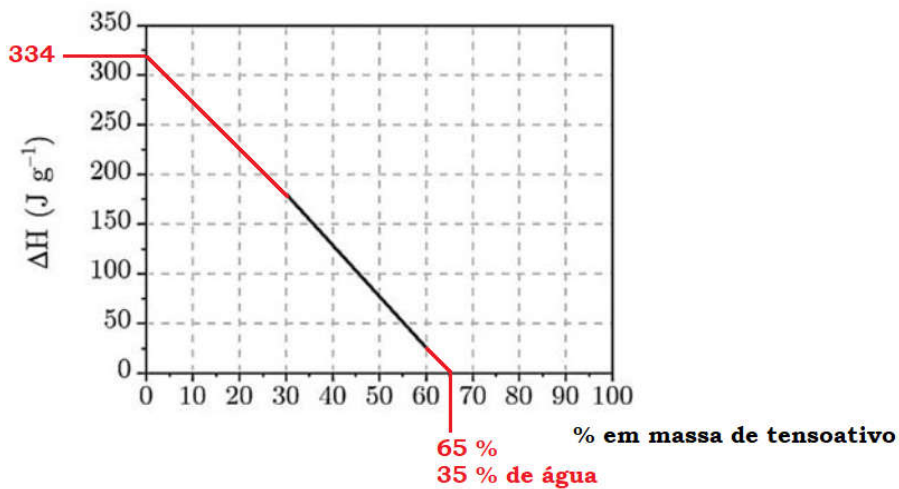


Com base no gráfico e nas informações do enunciado, assinale a opção que indica a(s) afirmação(ões) CORRETA(S).

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

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

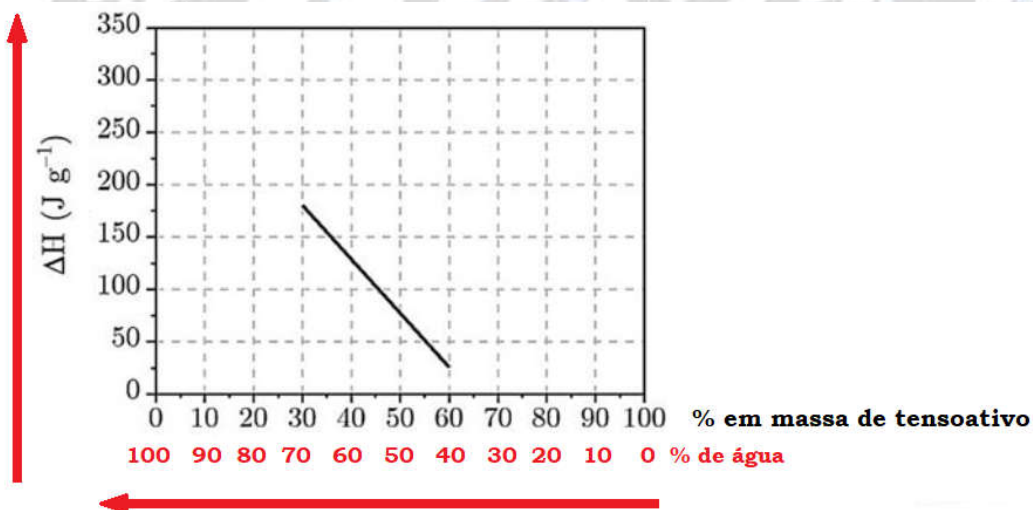
$$L \text{ ————— } 35\%$$

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

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

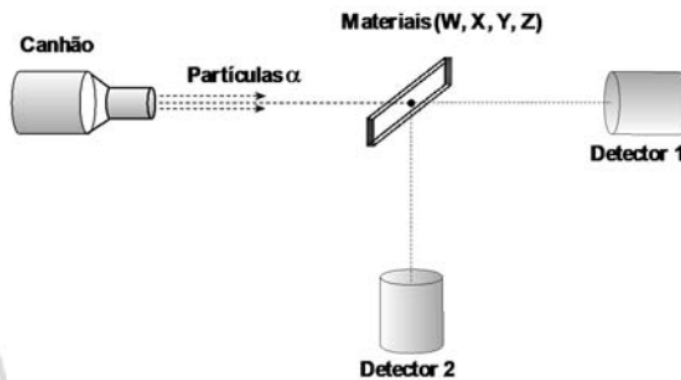
III. Correta. Até 35 % ( $\Delta H = 0$ ) em massa de água pode se apresentar na forma associada à substância e não funde.

IV. Correta. O  $\Delta H$  é proporcional à quantidade de água não associada ao tensoativo.



**Questão 63.** Considere a seguinte configuração experimental, constituída de um canhão de partículas  $\alpha$ , dois detectores de partículas  $\alpha$  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  $\alpha$  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  $\alpha$ .
- 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  $\alpha$ .
- E ( ) Se todos os materiais fossem bombardeados por um mesmo número de partículas  $\alpha$ , apresentariam exatamente o mesmo número de partículas nos detectores 1 e 2, contanto que todos tivessem a mesma espessura.

**Resolução: alternativa B**

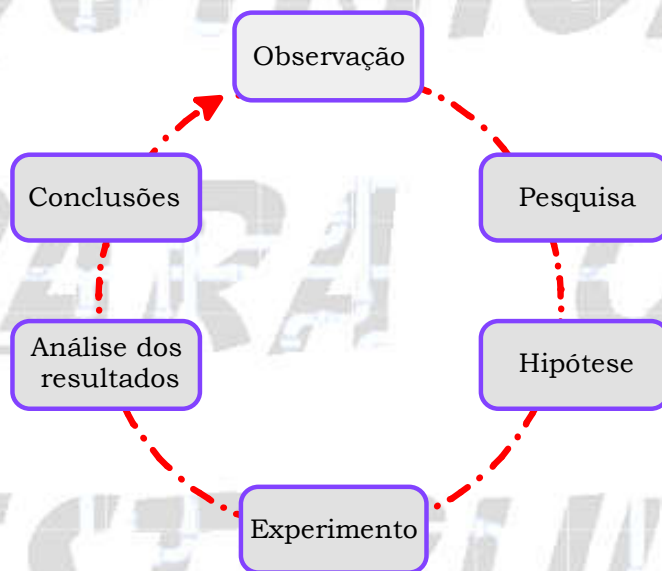
Conclusões não podem ser tiradas sobre os experimentos II, III e IV, pois o experimento I mostrou que a taxa de partículas defletidas no detector 2 ( $1/8000$ ) é muito baixa para o material W e para os materiais X, Y e Z o número de partículas coletadas no detector 2 ( $0/10$ ) não permite qualquer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

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

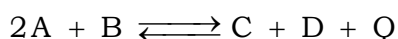
- A ( ) Observação → Hipótese → Experimento → Análise dos Resultados → Conclusões → Observação → ...
- B ( ) Introdução → Hipótese → Argumentação → Conclusões → Introdução → ...
- C ( ) Hipótese → Argumentação → Contra Argumentação → Consenso → Hipótese → ...
- D ( ) Observação → Hipótese → Argumentação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

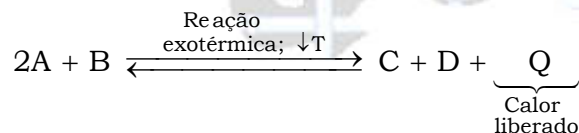
IV. Remover C e D do meio reacional após o equilíbrio e então retomar a reação permitem obter uma fração total maior de C e D.

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

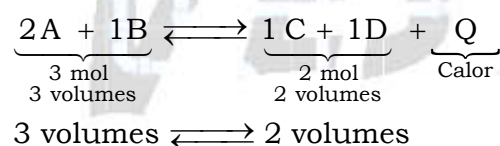
**Resolução: alternativa D**

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.

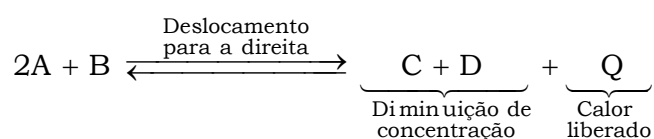
III. Correta. Conduzir a reação a uma pressão de 100 atm ( $P < 200$  atm) gera uma fração menor de C e D, pois o equilíbrio é deslocado para a esquerda no sentido do maior número de mols de reagentes ou maior volume.



$$P \times V = k$$

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

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 > -CH<sub>3</sub>).

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  $\Delta T$  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.**  $\Delta T$  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.  $\Delta T$  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**

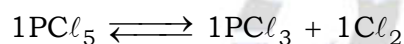
No equilíbrio inicial:

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

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

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

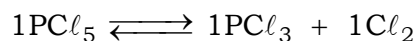
$$k_p = 4$$



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



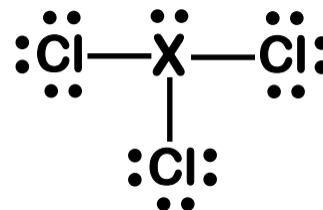
**Questão 69.** Considere a estrutura de Lewis de um tricloreto. São feitas as seguintes afirmações a respeito da estrutura geométrica da molécula e a possível identidade do átomo X:

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

**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.

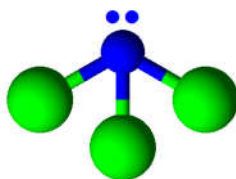


Assinale a opção que contém a(s) afirmação(ões) CORRETA(S):

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

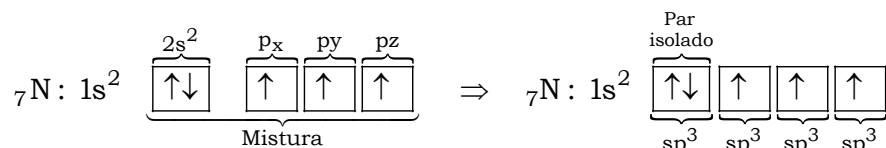
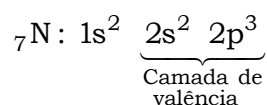
**Resolução: alternativa E**

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.

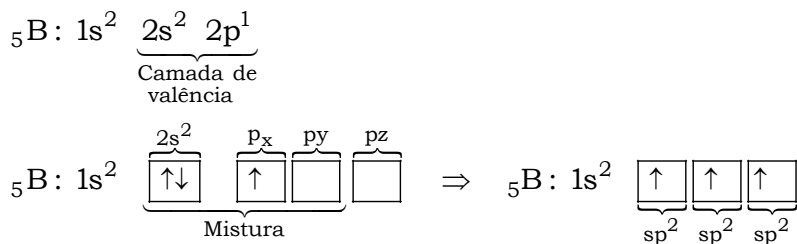


II. Incorreta. A molécula adota uma estrutura piramidal, com ângulo de ligação  $Cl - X - Cl$  menor que  $109,5^\circ$  devido à repulsão gerada pelo par isolado presente em X.

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):  $0^\circ \text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições ambientes:  $25^\circ \text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições –padrão:  $1 \text{ bar}$ ; 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

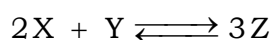
**DADOS EVENTUALMENTE NECESSÁRIOS:**

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

**MASSAS MOLARES**

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g.mol <sup>-1</sup> )
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  $300 \text{ K}$ , 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:

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

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

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

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

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

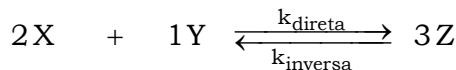
$$T = 300 \text{ K}$$

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

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

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

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



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

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

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

$$\underbrace{0,1}_{0,1} \quad \underbrace{0,15}_{0,15}$$

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

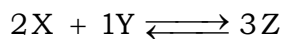
$$\frac{25,00 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}}{k_{\text{inversa}}} = \frac{(0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^3}{(0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \times (0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^1}$$

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

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

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<sub>x</sub>) 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<sup>-3</sup> foi alcalinizada com excesso de NaOH e que a titulação do borato consumiu 18,00 mL de uma solução aquosa 0,500 mol·L<sup>-1</sup> em ácido sulfúrico. Com base nessas informações:

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

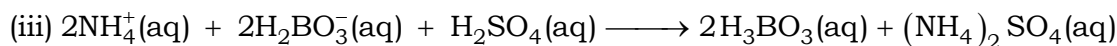
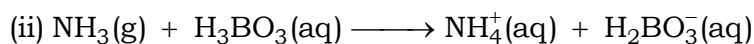
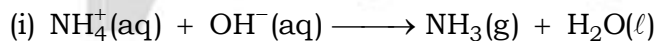
b) calcule o valor numérico da massa (em g) de sulfato de amônio formado.

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:



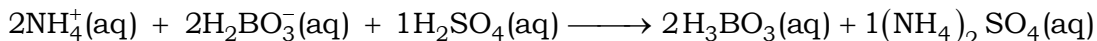
b) Cálculo do valor numérico da massa (em g) de sulfato de amônio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) formado:

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

**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.

<b>t (min)</b>	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42	18,75
<b>P (atm)</b>	21	22	23	24	25	26
<b>v (atm.min<sup>-1</sup>)</b>	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:**

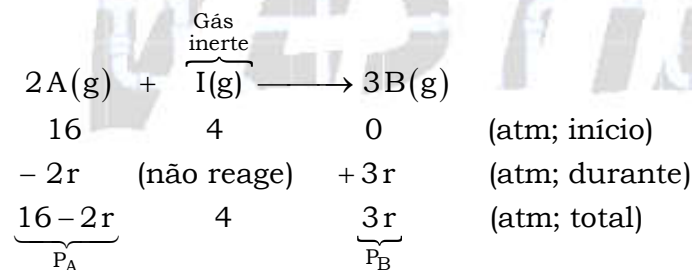
**a)** Cálculo do valor numérico da ordem da reação:

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

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

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

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



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

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

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



<b>t (min)</b>	0	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42	18,75
<b>P<sub>I</sub> (atm)</b>	4	4	4	4	4	4	4
<b>r</b>	0	1	2	3	4	5	6
<b>P = 20 + r (atm)</b>	20	21	22	23	24	25	26
<b>P<sub>A</sub> = 16 - 2r (atm)</b>	(16 - 0) 16	(16 - 2) 14	(16 - 4) 12	(16 - 6) 10	(16 - 8) 8	(16 - 10) 6	(16 - 12) 4
<b>v (atm · min<sup>-1</sup>)</b>	v = k(P <sub>A</sub> ) <sup>a</sup>	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 <sub>2</sub> (s)	$8,10 \times 10^{-2}$
HgBr <sub>2</sub> (s)	$6,20 \times 10^{-20}$
HgI <sub>2</sub> (s)	$3,20 \times 10^{-29}$

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

Espécie	Máximo nível permitido (mg.L <sup>-1</sup> )
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<sup>+</sup> 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<sup>+</sup> 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 HgCl<sub>2</sub>, para ajustar a concentração total de Ag<sup>+</sup> para 10,8 ppb. Determine o valor numérico da concentração final de Na<sup>+</sup> ou Hg<sup>2+</sup> em cada situação.

**Resolução:**

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

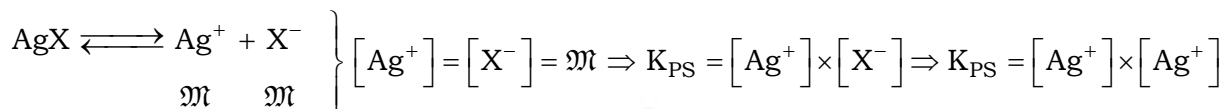
$$1 \text{ ppb} = \frac{1 \text{ g}}{10^9 \text{ mL}} = \frac{10^{-9} \text{ g}}{10^{-3} \text{ L}} = 10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

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

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

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

Genericamente, para os sais de prata:



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

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

Conclusão:  $\text{AgBr}$  poderia ser empregado no método de potabilização da água.

Cálculo da concentração em ppb de  $\text{Ag}^+$  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  $\text{Ag}^+$ , 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 ( $\text{Cl}^-$ ) necessária para o ajuste:

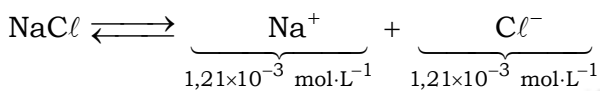


$$K_{\text{PS}} = [\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-]$$

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

Cálculo da concentração de íons sódio ( $\text{Na}^+$ ) produzida:

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



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

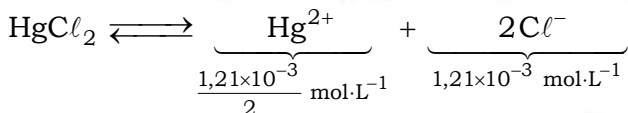
$$C_{\text{Na}^+} = 1,21 \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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

$\text{Na}^+$  ultrapassa o limite máximo permitido, logo  $\text{NaCl}$  não poderia ser empregado juntamente com  $\text{AgCl}$ .

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

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



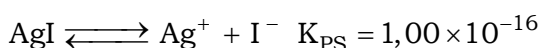
$$C_{\text{Hg}^{2+}} = [\text{Hg}^{2+}] \times M_{\text{Hg}^{2+}}$$

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

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

$\text{Hg}^{2+}$  ultrapassa o limite máximo permitido, logo  $\text{HgCl}_2$  não poderia ser empregado juntamente com  $\text{AgCl}$ .

Cálculo da concentração de íons iodeto ( $\text{I}^-$ ) necessária para o ajuste:

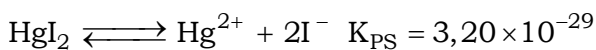


$$K_{\text{PS}} = [\text{Ag}^+] \times [\text{I}^-]$$

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

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

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



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

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

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

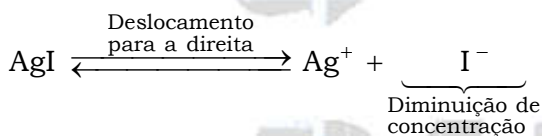
$$\text{Hg}^{2+} = 200,59; \quad M_{\text{Hg}^{2+}} = 200,59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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

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

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

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



Conclusão:  $\text{HgCl}_2$  pode ser empregado para ajustar a concentração total de  $\text{Ag}^+$ .

**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  $\text{S}_8$ :

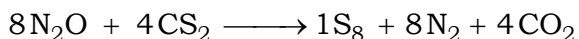
**a)** escreva a equação química balanceada dessa reação.

**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):

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

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

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

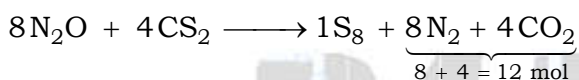
$$1 \text{ J} = \text{Pa} \times \text{m}^3$$

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

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

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

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



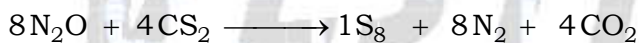
$$4 \times 76 \text{ g} \text{ ————— } 12 \times 24,93 \text{ L}$$

$$304 \text{ g} \text{ ————— } V$$

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

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

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



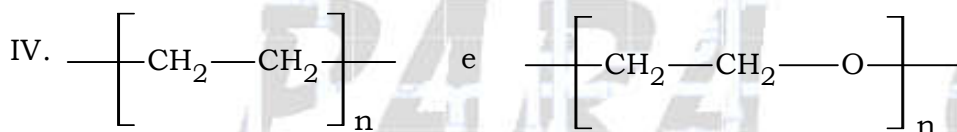
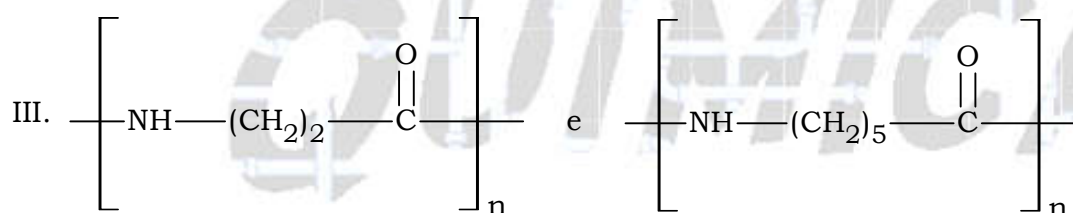
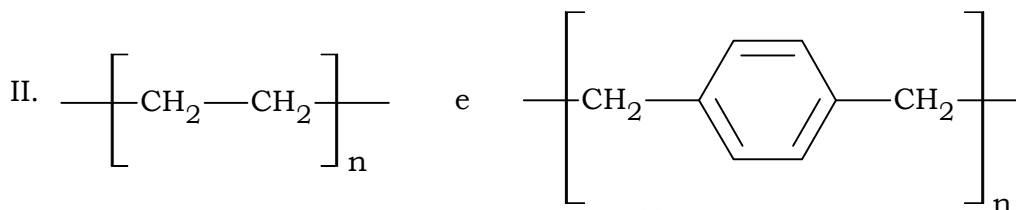
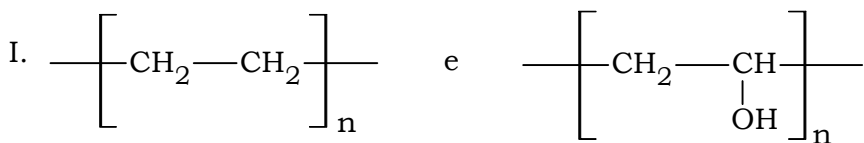
$$4 \times 76 \text{ g} \text{ ————— } 8 \times 32 \text{ g}$$

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

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

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

**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.

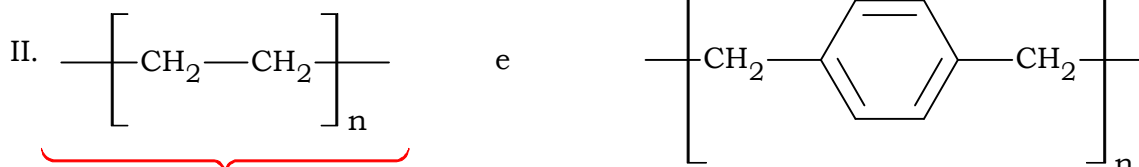


**Resolução:**



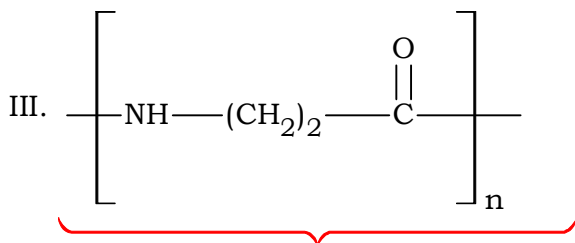
Terá temperatura de fusão menor, pois é apolar e faz interações ou ligações de van der waals (dipolo induzido).

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.

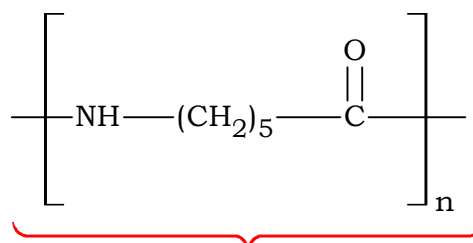
Faz interações de van der waals e terá temperatura de fusão maior, pois apresenta maior superfície de contato devido à presença do núcleo benzênico (plano) que contribui para melhorar o empacotamento.



A distância entre N e C=O é menor.

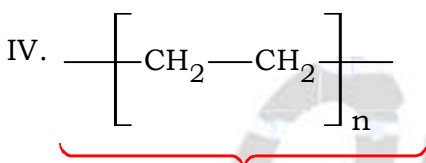
Terá maior temperatura de fusão, pois apresenta menor quantidade de grupos  $-\text{CH}_2-$  (apolar), conseqüentemente as ligações de hidrogênio devido ao grupo NH serão mais intensas.

e



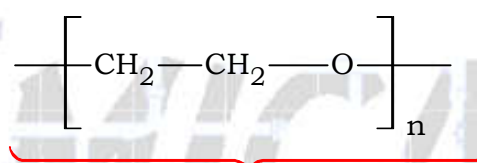
A distância entre N e C=O é maior.

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.

**Questão7.** 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:  $-378 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

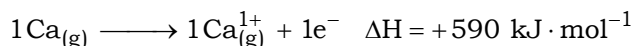
Com base nessas informações, responda os itens abaixo.

- 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  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

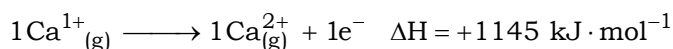


**Resolução:**

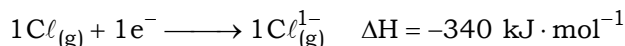
a) I. Primeira energia de ionização do cálcio:  $590 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



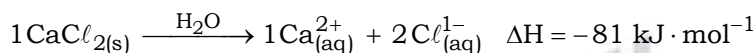
II. Segunda energia de ionização do cálcio:  $1145 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



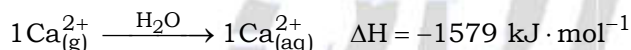
III. Afinidade eletrônica do cloro:  $-340 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



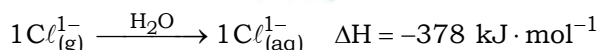
IV. Entalpia de solubilização do cloreto de cálcio:  $-81 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



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

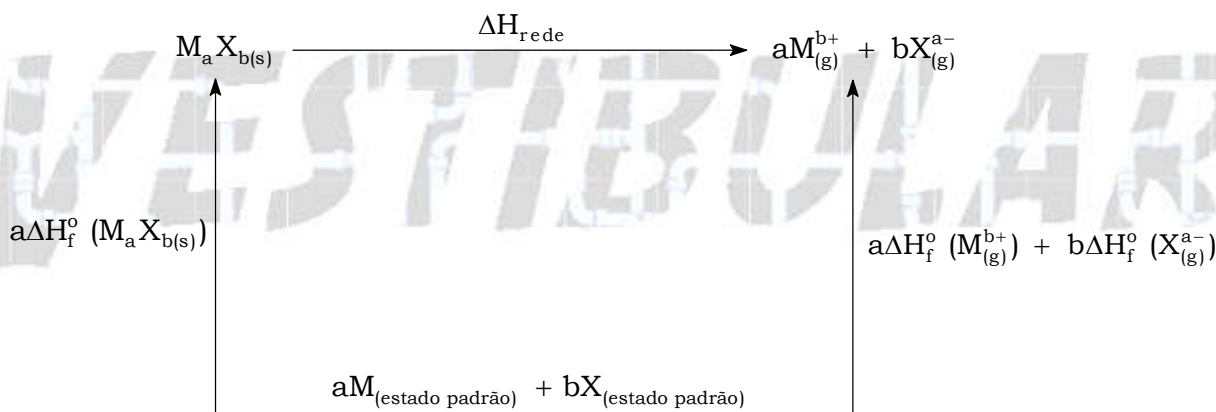


VI. Entalpia de hidratação do íon de cloro:  $-378 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



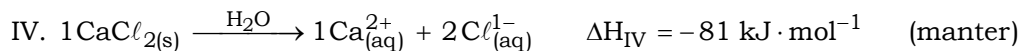
b) A entalpia de rede pode ser definida como a energia necessária para transformar um mol do sólido iônico em seus íons gasosos:  $M_a X_{b(s)} \rightleftharpoons aM_{(g)}^{b+} + bX_{(g)}^{a-}$ .

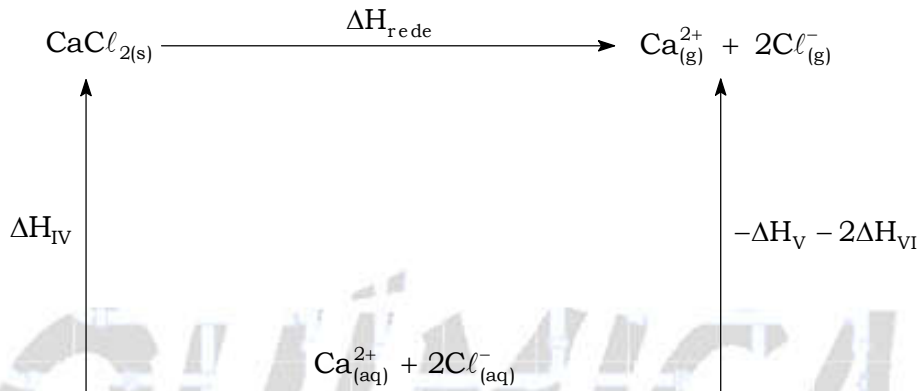
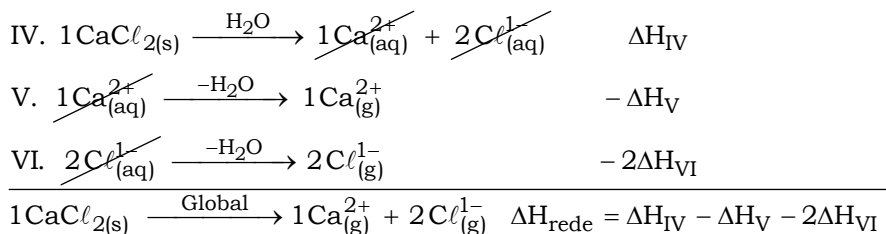
A entalpia de rede, genericamente, é dada pelo ciclo:



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  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):





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

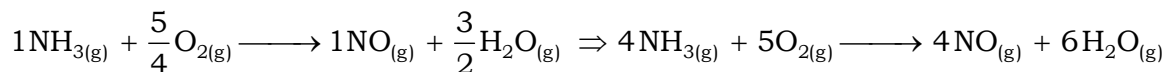
**Questão 8.** Em um reator químico vazio, mantido a altas temperaturas, injeta-se uma mistura gasosa, com massa molar aparente igual a  $29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , constituída de amônia e oxigênio puros. Os gases reagem entre si formando óxido nítrico e água no estado gasoso. Ao final do 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 (H<sub>2</sub>O) no estado gasoso.

Equação química balanceada:



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

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

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

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

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

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

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

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

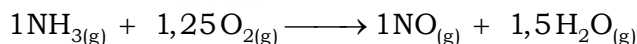
$$X_{\text{O}_2} = \frac{3}{15} \text{ (0,20 ou 20\%)}$$

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

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

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

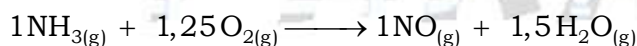
$$n_{\text{NH}_3} = 0,20n; n_{\text{O}_2} = 0,80n$$



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

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

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



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

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

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

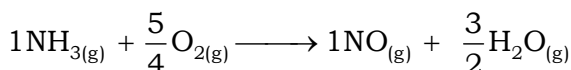
$$n_{\text{Excesso}} = 0,80n - 0,25n = 0,55n$$

$$0,80n \text{ — } 100\%$$

$$0,55n \text{ — } p$$

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

**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:

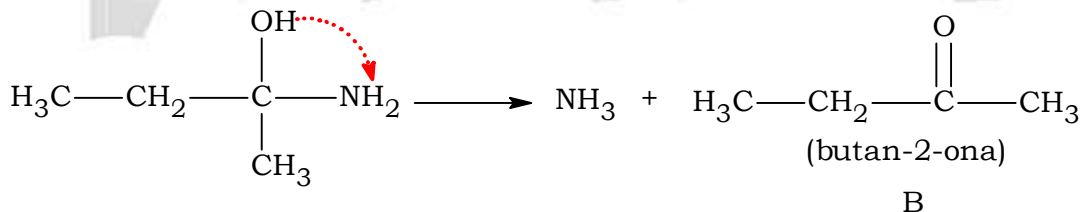
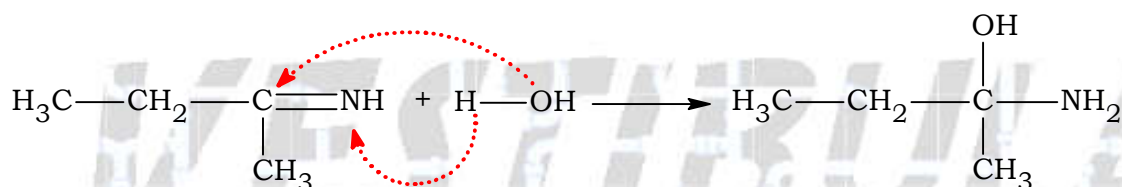
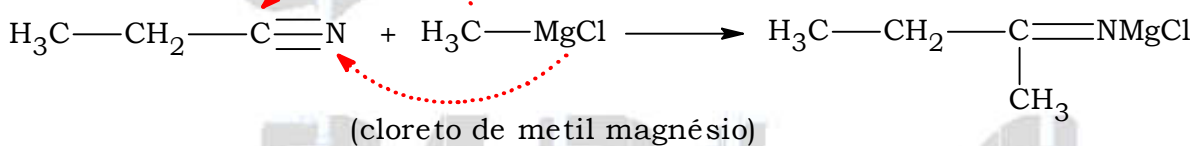
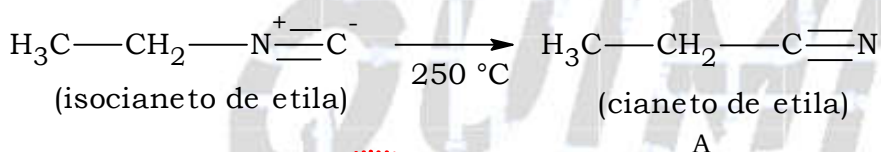
**(i)** Aquecimento a 250 °C que leva a sua isomerização funcional com a formação de um composto **A**, o qual reage com o cloreto de metil magnésio e, posteriormente, forma uma cetona **B** por hidrólise;

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

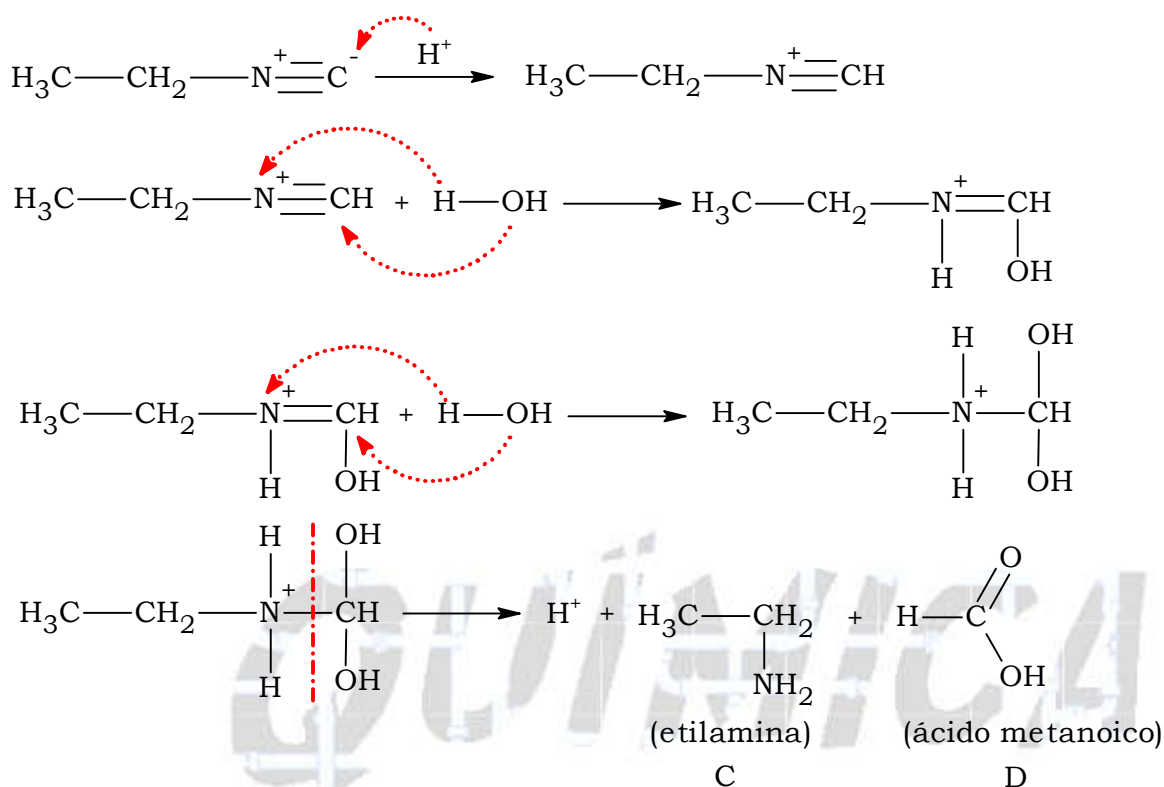
Com base no enunciado, escreva as reações químicas envolvidas nas rotas **(i)** e **(ii)**. Escreva a estrutura química dos compostos **A**, **B**, **C** e **D**.

**Resolução:**

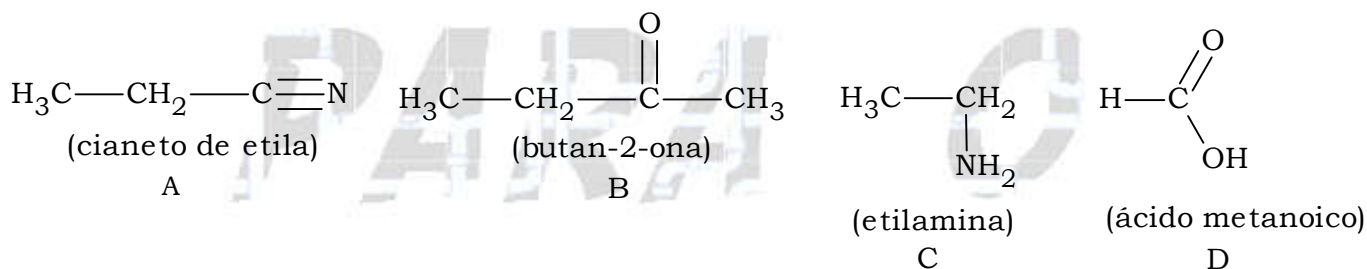
Rota **(i)**:



Rota (ii):



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

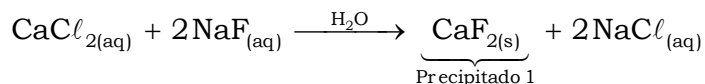


**Questão 10.** Uma mistura de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio, de massa igual a 39,0 g, foi adicionada à água, sendo observada a formação de um precipitado (Precipitado 1), o qual foi removido por filtração. Ao sobrenadante, foram adicionados 900 mL de uma solução aquosa 0,5 mol L<sup>-1</sup> 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:

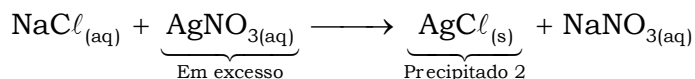
- apresente todas as equações que representam as reações químicas balanceadas envolvidas no processo, identificando cada um dos precipitados.
- calcule o valor numérico do número de mols do Precipitado 2.
- calcule o valor numérico das massas de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio na mistura inicial.

**Resolução:**

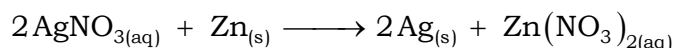
**a)** Mistura de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e fluoreto de sódio ( $\text{NaF}$ ) adicionada à água ( $\text{H}_2\text{O}$ ):



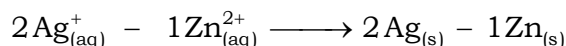
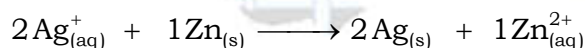
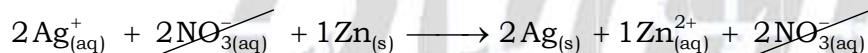
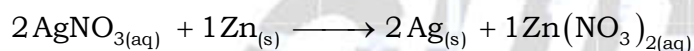
Adição de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) ao sobrenadante:



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:



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

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

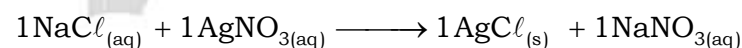
$$n_{\text{Ag}^+} = \frac{2 \text{ mol} \times 3,76 \text{ g}}{(2 \times 108 \text{ g} - 1 \times 65,4 \text{ g})} = \frac{2 \text{ mol} \times 3,76 \text{ g}}{150,6 \text{ g}} = 0,0499 \text{ mol}$$

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

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

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

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



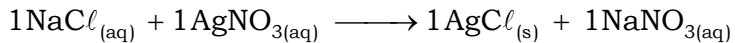
$$1 \text{ mol} \text{ ————— } 1 \text{ mol}$$

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

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

**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 ( $\text{AgCl}$ ) calcula-se o número de mols do cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ).

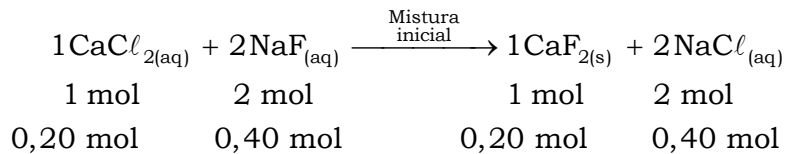


$$1 \text{ mol} \text{-----} 1 \text{ mol}$$

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

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

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



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

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

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

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

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

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