

Estuda FQ
Professor Marco Pereira



www.estudafq.pt



96 310 99 94

Ficha de Exames Nacionais

Química 11.º ano - Unidade I e II

Exame Nacional de 2025 - Época Especial

- * 4.** Nas proximidades do arquipélago das Berlengas, existem vários navios naufragados.

Uma equipa de mergulhadores recolheu, junto a um desses navios, algumas moedas de cobre e de ouro, assim como algumas peças de ferro. A observação destes objetos permitiu constatar que as moedas de cobre apresentavam a sua superfície oxidada, mas mantinham a sua forma original, que as moedas de ouro não apresentavam vestígios de corrosão e que as peças de ferro se apresentavam bastante corroídas.

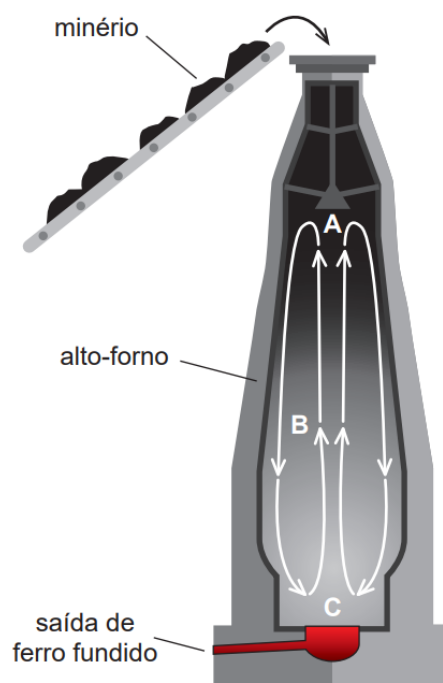
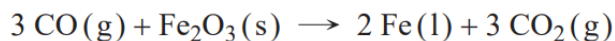
Ordene os metais cobre, ouro e ferro por ordem crescente do seu poder redutor, fundamentando a ordenação com base nas observações relatadas.

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

- 5.** Os artefactos de ferro são fabricados desde a Antiguidade, sendo frequente encontrá-los em naufrágios de diferentes épocas.

Atualmente, a maior parte do ferro é obtida a partir de minério contendo elevada percentagem de trióxido de ferro, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$, num alto-forno, tal como representado na Figura 3.

As reações químicas que ocorrem no alto-forno podem ser traduzidas, de forma simplificada, por



*** 5.1.** Complete o texto seguinte, seleccionando a opção correta para cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção seleccionada.

A reacção química apresentada é uma reacção de ____ **a)** ____ . Nessa reacção, a substância que apresenta ligações metálicas é representada por ____ **b)** ____ .

Tendo em conta as correntes de convecção, representadas no interior do forno, o ar que está a uma temperatura superior situa-se na zona ____ **c)** ____ .

O ferro fundido obtido escorre para o exterior do forno, onde solidifica. Durante este processo de mudança de fase, e enquanto a temperatura se mantém constante, a energia interna do ferro ____ **d)** ____ .

a)	b)	c)	d)
1. oxidação-redução	1. Fe_2O_3	1. A	1. diminui
2. ácido-base	2. Fe	2. B	2. mantém-se
3. precipitação	3. CO_2	3. C	3. aumenta

*** 5.2.** Este processo de produção de ferro, Fe (l), tem a desvantagem de produzir um gás com efeito de estufa, o dióxido de carbono, CO_2 (g).

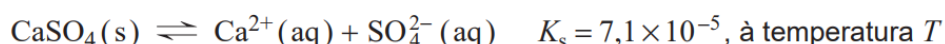
Considere que o minério usado contém 80% de Fe_2O_3 (s) ($M = 159,70 \text{ g mol}^{-1}$) e que o rendimento da reacção de produção de Fe (l) é 79%.

Calcule a massa de CO_2 (g) ($M = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$) produzida na reacção de 1,0 tonelada de minério, com excesso de CO (g).

Apresente todos os cálculos efetuados.

8. A dessalinização da água do mar permite obter água potável a partir de água salgada.

- 8.1.** Neste processo, pode ser necessário acidificar a água do mar pela adição de uma solução aquosa de ácido sulfúrico, H_2SO_4 ($M = 98,08 \text{ g mol}^{-1}$). Os iões SO_4^{2-} podem conduzir à precipitação dos iões Ca^{2+} , existentes na água do mar, sob a forma de sulfato de cálcio, CaSO_4 . Entre o precipitado e os iões em solução estabelece-se um equilíbrio que pode ser traduzido por

*** 8.1.1.** A solubilidade, s , do sulfato de cálcio é dada por

(A) K_s^2 (B) $\sqrt{K_s}$ (C) $4 K_s^5$ (D) $\sqrt[5]{\frac{K_s}{4}}$

- * 8.1.2. Para estudar o efeito da adição de $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ a uma solução contendo $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$, preparou-se 500 cm^3 de uma solução com a concentração $1,05 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ deste ião, idêntica à que existe numa determinada água do mar.

Considere que, nesta situação, a concentração de $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ é igual à concentração de $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$.

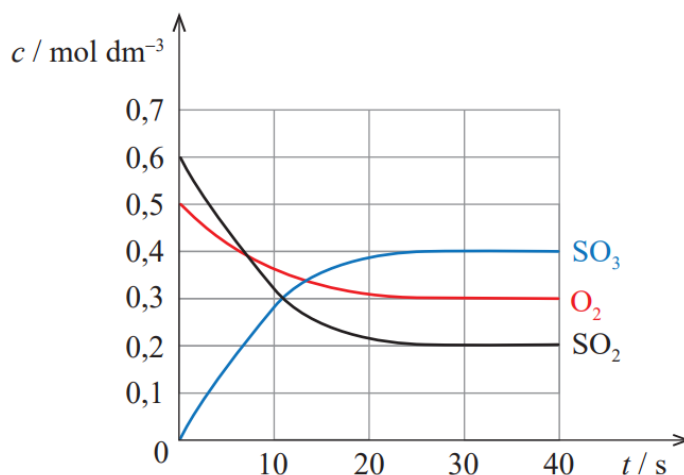
Determine o volume máximo de solução aquosa de H_2SO_4 ($\rho = 1,28 \text{ g cm}^{-3}$), com 30% em massa de H_2SO_4 , que pode ser adicionado àquela solução sem que ocorra precipitação de CaSO_4 , à temperatura T .

Admita que é desprezável a variação de volume devido à adição de $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

9. Uma das etapas da produção de ácido sulfúrico, H_2SO_4 , envolve um equilíbrio químico, em fase gasosa, entre as substâncias $\text{SO}_3(\text{g})$, $\text{SO}_2(\text{g})$ e $\text{O}_2(\text{g})$.

Num reator fechado e indeformável, a uma determinada temperatura, estudou-se a evolução da concentração, c , de cada uma das substâncias ao longo do tempo, t , tendo-se obtido o gráfico representado na Figura 6.



- * 9.1. Inicialmente, foram colocados no reator

- (A) SO_2 e SO_3
- (B) SO_2 e O_2
- (C) SO_3 e O_2
- (D) SO_3 , SO_2 e O_2

9.2. A expressão da constante de equilíbrio, K_c , é

(A) $\frac{[\text{SO}_3]_e}{[\text{SO}_2]_e [\text{O}_2]_e}$

(B) $\frac{[\text{SO}_2]_e^2 [\text{O}_2]_e}{[\text{SO}_3]_e^2}$

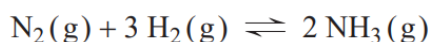
(C) $\frac{[\text{SO}_3]_e^2}{[\text{SO}_2]_e^2 [\text{O}_2]_e}$

(D) $\frac{[\text{SO}_2]_e [\text{O}_2]_e}{[\text{SO}_3]_e}$

Exame Nacional de 2025 - 2.ª fase

1. A síntese de Haber-Bosch é um processo industrial de produção de amoníaco, $\text{NH}_3(\text{g})$, a partir de dinitrogénio, $\text{N}_2(\text{g})$, e di-hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$.

Esta reação pode ser traduzida por



1.1. Com o objetivo de maximizar a produção de $\text{NH}_3(\text{g})$, a reação foi estudada em diferentes condições de pressão e de temperatura.

A tabela apresenta a fração molar do $\text{NH}_3(\text{g})$, em equilíbrio, em determinadas condições de pressão e de temperatura.

Pressão / atm \ Temperatura / °C	10	100	1000
400	0,04	0,25	0,80
500	0,01	0,11	0,57
600	0,005	0,05	0,31

1.1.1. A quantidade de $\text{NH}_3(\text{g})$, em equilíbrio, é maximizada quando se utiliza

- (A) maior pressão e maior temperatura.
- (B) maior pressão e menor temperatura.
- (C) menor pressão e menor temperatura.
- (D) menor pressão e maior temperatura.

- * **1.1.2.** Num reator indeformável, no qual se criou previamente o vácuo, colocaram-se 0,880 mol de cada um dos reagentes.

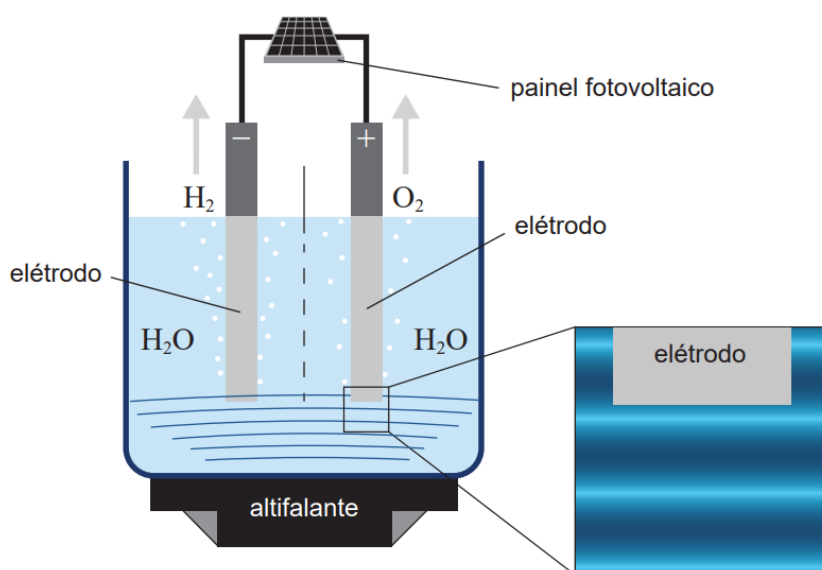
Quando o equilíbrio foi atingido, existiam no reator 0,616 mol de $\text{H}_2(\text{g})$.

Conclua, considerando os dados da tabela, quais as condições de pressão e de temperatura em que foi realizada a experiência.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- 2.** O di-hidrogénio, necessário para a produção de amoníaco, pode ser produzido por eletrólise da água.

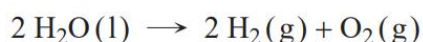
A eletrólise da água, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, é uma reação de oxidação-redução provocada pela passagem de corrente elétrica contínua entre dois elétrodos mergulhados na água, formando di-hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, e dióxigénio, $\text{O}_2(\text{g})$, como se representa esquematicamente na Figura 1. Obtém-se «hidrogénio verde» quando, para a eletrólise da água, se recorre a energia elétrica proveniente de fontes renováveis.



Investigações recentes mostram que a eficiência da produção de $\text{H}_2(\text{g})$ aumenta quando se submetem os elétrodos a ultrassons, uma vez que os gases formados são mais rapidamente removidos da superfície dos elétrodos.

No destaque lateral da Figura 1, representam-se as zonas de compressão e de rarefação da água, junto ao eletrodo positivo, formadas devido à propagação dos ultrassons emitidos pelo altifalante.

- * **2.1.** A eletrólise da água pode ser traduzida por



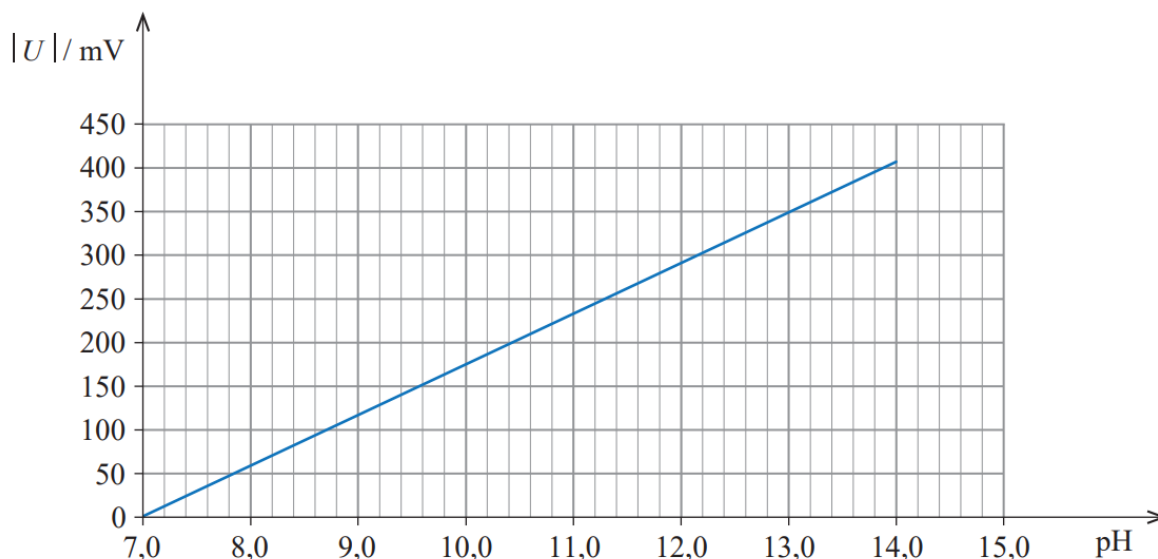
Nesta reação, o hidrogénio

- (A) reduz-se, pois o seu número de oxidação aumenta.
- (B) oxida-se, pois o seu número de oxidação aumenta.
- (C) reduz-se, pois o seu número de oxidação diminui.
- (D) oxida-se, pois o seu número de oxidação diminui.

- * 2.5. A passagem de corrente elétrica através da água pode ser facilitada adicionando-se, por exemplo, hidróxido de potássio, KOH ($M = 56,11 \text{ g mol}^{-1}$), uma base forte muito solúvel em água.

O pH da solução pode ser medido com um aparelho medidor de pH. Este possui dois elétrodos, entre os quais se estabelece uma diferença de potencial, U , que é função do pH da solução.

A Figura 4 apresenta o gráfico do módulo da diferença de potencial, $|U|$, em função do pH da solução em análise, a 25°C .



Admita que, ao medir o pH de uma solução de KOH , se estabelece uma diferença de potencial aos terminais dos elétrodos idêntica à que se obteria aos terminais de uma resistência de $2,0 \times 10^6 \Omega$ percorrida por uma corrente de $1,75 \times 10^{-7} \text{ A}$.

Determine a massa de KOH necessária para preparar 500 cm^3 dessa solução.

Apresente todos os cálculos efetuados.

(Contém conteúdos de Física 10)

- 2.6. Ao dissolver KOH(s) em água, verifica-se um aumento da temperatura da solução.

A dissolução do KOH(s) em água ocorre por

- (A) ionização e apresenta $\Delta H > 0$.
- (B) ionização e apresenta $\Delta H < 0$.
- (C) dissociação e apresenta $\Delta H > 0$.
- (D) dissociação e apresenta $\Delta H < 0$.

6. A utilização do «hidrogénio verde» na produção de amoníaco, $\text{NH}_3(\text{g})$, tem incentivado a exploração do $\text{NH}_3(\text{g})$ como combustível ambientalmente mais sustentável do que os combustíveis fósseis.

A combustão do $\text{NH}_3(\text{g})$ pode ser traduzida por



- * 6.3. Para estudar a reação de combustão do $\text{NH}_3(\text{g})$, colocaram-se, num motor de teste, 2,3 mol de $\text{NH}_3(\text{g})$, com excesso de $\text{O}_2(\text{g})$.

Considere que, nas condições em que se realizou a combustão, o volume molar é $24,1 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ e o rendimento da reação é 30%.

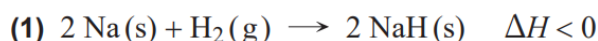
Determine o volume de $\text{N}_2(\text{g})$ formado na combustão.

Apresente todos os cálculos efetuados.

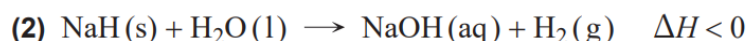
Exame Nacional de 2025 - 1.ª fase

8. O armazenamento e o transporte do di-hidrogénio, H_2 , têm sido estudados com vista à utilização deste gás como recurso energético.

Num laboratório, estuda-se um processo de armazenar quimicamente o H_2 sob a forma de hidretos sólidos, mais fáceis e seguros de transportar, como é o caso do hidreto de sódio, NaH , cuja formação pode ser traduzida por



Na reação entre o NaH e a água, forma-se H_2 , de acordo com a equação



Admita que, nas reações (1) e (2), os reagentes se transformam completamente em produtos de reação e que não existem reações paralelas.

- * 8.1. Nas substâncias NaH e H_2O , o número de oxidação do hidrogénio é

- (A) +1 em ambas.
- (B) -1 e +1, respetivamente.
- (C) -1 em ambas.
- (D) +1 e -1, respetivamente.

- 8.2. No processo que envolve as reações (1) e (2), é _____ energia e, no final, a quantidade de $\text{H}_2(\text{g})$ que se forma é _____ quantidade de $\text{H}_2(\text{g})$ inicial.

- (A) libertada ... o dobro da
- (B) libertada ... igual à
- (C) absorvida ... o dobro da
- (D) absorvida ... igual à

- * 8.3. Na reação (2), forma-se $\text{H}_2(\text{g})$ e uma solução aquosa de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$, uma base forte.

Considere que se obtêm 270 cm^3 de $\text{NaOH}(\text{aq})$, de pH 13,78, a 25°C .

Admita que, nas condições de pressão e de temperatura em que este processo foi estudado, o volume molar do $\text{H}_2(\text{g})$ é $26,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

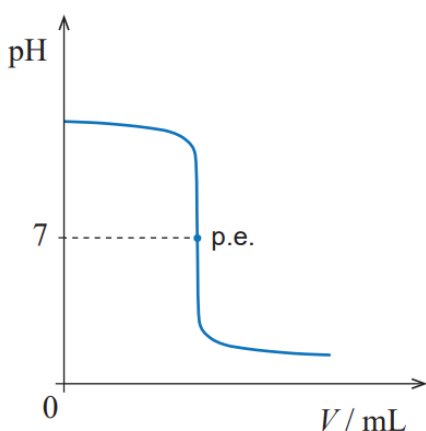
Determine o volume de $\text{H}_2(\text{g})$ formado.

Apresente todos os cálculos efetuados.

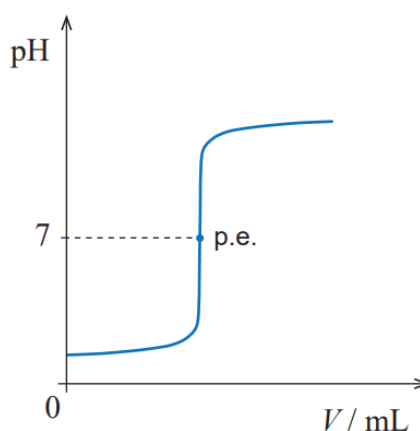
- 8.4. Procedeu-se à titulação de uma amostra de $\text{NaOH}(\text{aq})$, contida num balão de Erlenmeyer, com uma solução padrão de ácido clorídrico, $\text{HCl}(\text{aq})$, um ácido forte, contida numa bureta.

Selecione a opção que apresenta o esboço da curva da titulação, a 25°C .

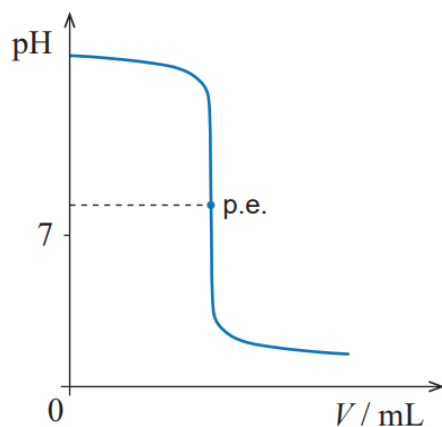
(A)



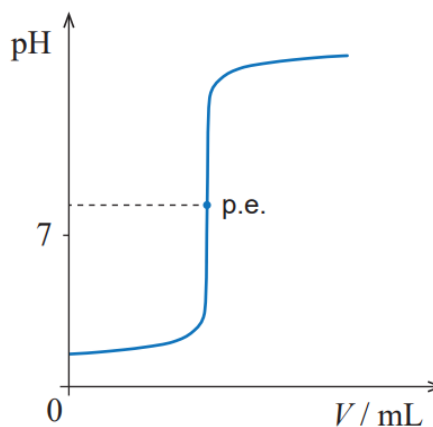
(B)



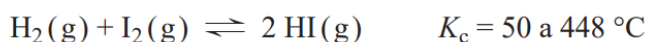
(C)



(D)



9. A reação entre o di-hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, e o di-iodo, $\text{I}_2(\text{g})$, origina iodeto de hidrogénio, $\text{HI}(\text{g})$, num equilíbrio que pode ser traduzido por



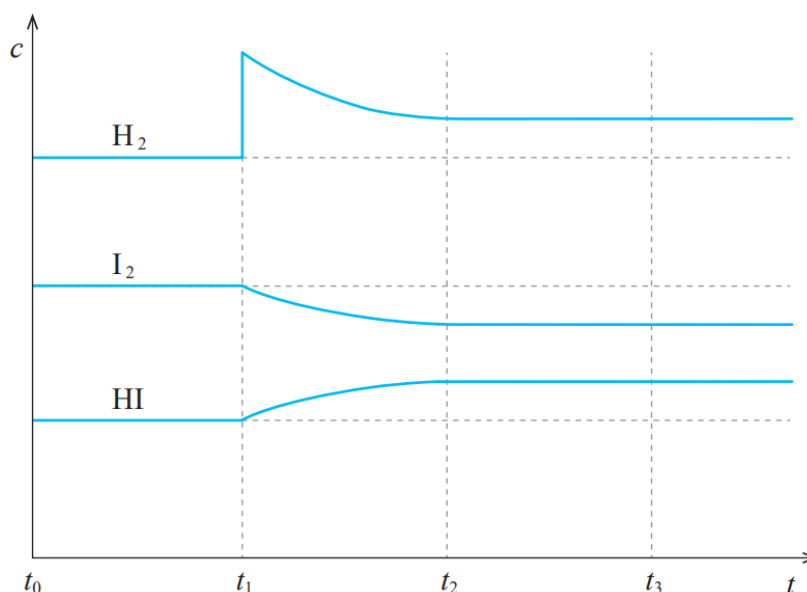
- * 9.2. Num reator fechado, de volume V , foram introduzidas $2,0 \text{ mol}$ de $\text{I}_2(\text{g})$ e uma determinada quantidade de $\text{H}_2(\text{g})$, não existindo inicialmente $\text{HI}(\text{g})$ no reator.

Quando foi atingido o estado de equilíbrio, à temperatura de 448°C , existiam $3,2 \text{ mol}$ de $\text{HI}(\text{g})$ no reator.

Determine a quantidade de $\text{H}_2(\text{g})$ inicialmente introduzida no reator.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- * 9.3. A Figura 6 apresenta o esboço do gráfico, que não está à escala, das concentrações, c , das três substâncias envolvidas na reação química, a volume e a temperatura constantes, em função do tempo, t .



Complete o texto seguinte, selecionando a opção correta para cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada.

Atendendo ao gráfico da Figura 6 e à equação química dada:

- o sistema, inicialmente em equilíbrio, foi perturbado pela **a)** no instante t_1 ;
- entre t_1 e t_2 , a velocidade da reação direta é **b)** à velocidade da reação inversa e, nesse intervalo de tempo, o quociente da reação, Q_c , é **c)** à constante de equilíbrio, K_c ;
- o quociente $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ entre os instantes t_2 e t_3 é **d)** ao quociente $\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ entre os instantes t_0 e t_1 .

a)	b)	c)	d)
1. adição de H_2	1. superior	1. superior	1. superior
2. remoção de I_2	2. igual	2. igual	2. igual
3. adição de HI	3. inferior	3. inferior	3. inferior

Exame Nacional de 2024 - Época Especial

2. O metano, $\text{CH}_4(\text{g})$, tem um potencial de efeito de estufa muito superior ao do dióxido de carbono. Por esse motivo, em aterros sanitários ou em refinarias de petróleo, é preferível realizar a sua combustão, originando a libertação de dióxido de carbono.

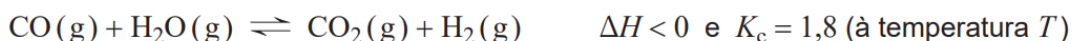
A reação de combustão pode ser traduzida por



- 2.1. Num recipiente fechado, foram inseridas 2 mol de CH_4 e 3 mol de O_2 .

Nestas condições, e considerando a reação completa, o reagente limitante é o

- (A) CH_4 , obtendo-se 1 mol de H_2O .
 (B) CH_4 , obtendo-se 4 mol de H_2O .
 (C) O_2 , obtendo-se 2 mol de H_2O .
 (D) O_2 , obtendo-se 3 mol de H_2O .
3. A reação entre o monóxido de carbono, CO , e a água, em fase gasosa, permite obter di-hidrogénio, num equilíbrio traduzido por



- * 3.1. Complete o texto seguinte, selecionando a opção correta para cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada.

Num reator vazio, fechado e indeformável, introduziram-se $\text{CO}(\text{g})$ e $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. Até ser atingido o equilíbrio químico, a concentração dos reagentes a), e a velocidade da reação direta é b) à velocidade da reação inversa. A reação direta é favorecida pela diminuição da c).

a)	b)	c)
1. aumenta	1. inferior	1. pressão
2. diminui	2. igual	2. temperatura
3. mantém-se	3. superior	3. concentração de $\text{CO}(\text{g})$

- * 3.2. Considere que, num reator fechado e indeformável, de volume V , mantido à temperatura T , existem, num determinado instante, 0,2 mol de CO (g), 5,0 mol de H₂O (g), 4,0 mol de CO₂ (g) e 1,0 mol de H₂ (g).

Desde esse instante, e até se atingir o equilíbrio químico, todos os constituintes do sistema reacional alteraram a sua quantidade em 0,15 mol.

Determine a quantidade de CO (g) no reator quando se atinge o equilíbrio.

Apresente todos os cálculos efetuados.

5. A água do mar contém vários sais dissolvidos.

Para simular uma água do mar, preparou-se, em laboratório, uma solução contendo quatro sais.

Na tabela, estão registadas a concentração mássica e a solubilidade em água, a 25 °C, desses sais.

Sal	Concentração mássica / g dm ⁻³	Solubilidade em água / g dm ⁻³
Cloreto de sódio, NaCl	29,7	357
Dicloreto de magnésio, MgCl ₂	3,32	542
Sulfato de cálcio, CaSO ₄	1,80	2,1
Brometo de sódio, NaBr	0,55	946

- * 5.1. Qual é o primeiro sal a precipitar durante a evaporação de uma amostra dessa solução?

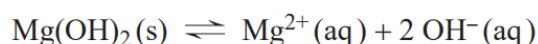
(A) NaCl

(B) MgCl₂

(C) CaSO₄

(D) NaBr

- * 5.2. O ião magnésio pode ser extraído da água do mar mediante a sua precipitação sob a forma de di-hidróxido de magnésio, Mg(OH)₂ (s), estabelecendo-se um equilíbrio que pode ser traduzido por



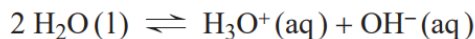
Preveja, justificando, como varia a solubilidade do Mg(OH)₂ (s) com a diminuição do pH, a temperatura constante.

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

8. Numa aula laboratorial, pretende-se que os alunos efetuem medições de massas e de volumes e, posteriormente, determinem o número de iões hidróxido, OH^- , numa gota de água.

* 8.2. Outro grupo de alunos mediu um volume de $5,92 \text{ cm}^3$ para 120 gotas de água pura, à temperatura de 25°C .

A autoionização da água pode ser traduzida por



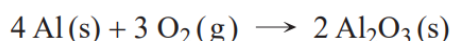
Determine o número de iões OH^- existentes, em média, numa gota de água pura.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2024 - 2.ª Fase

* 1.4.2. Na Terra, a superfície refletora de alumínio dos espelhos é protegida por um vidro que impede o contacto do metal com o ar, evitando a sua deterioração.

A reação do alumínio com o dióxigénio do ar pode ser traduzida pela equação



Nesta reação, o alumínio é o

- (A) redutor, e o seu número de oxidação aumenta.
- (B) redutor, e o seu número de oxidação diminui.
- (C) oxidante, e o seu número de oxidação aumenta.
- (D) oxidante, e o seu número de oxidação diminui.

5.3. Na atmosfera, os óxidos de nitrogénio podem originar o ácido nítrico, HNO_3 , um ácido forte, e o ácido nitroso, HNO_2 , um ácido fraco, que contribuem para a acidificação da água da chuva.

Considere duas soluções aquosas, uma de HNO_3 , com pH 1,00, e outra de HNO_2 , com pH 2,16, ambas com a mesma concentração e à mesma temperatura.

* 5.3.1. Determine a constante de acidez, K_a , do HNO_2 para a temperatura considerada.

Apresente todos os cálculos efetuados.

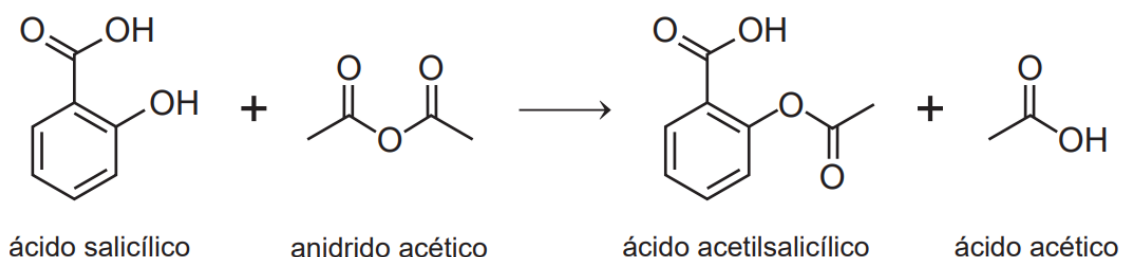
5.3.2. Soluções de HNO_3 e de HNO_2 , de igual volume, foram tituladas com uma solução aquosa de uma base forte, NaOH , à temperatura de 25°C , até se atingir o ponto de equivalência.

O volume de titulante gasto para titular a solução de HNO_2 é _____ ao volume de titulante gasto para titular a solução de HNO_3 , e o pH no ponto de equivalência para a titulação de HNO_2 é _____ a 7.

- (A) inferior ... superior
- (B) inferior ... inferior
- (C) igual ... superior
- (D) igual ... inferior

6. O ácido acetilsalicílico é uma das substâncias mais utilizadas na redução da inflamação, da dor e da febre.

Na síntese desta substância, o ácido salicílico, $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ ($M = 138,13 \text{ g mol}^{-1}$), reage com o anidrido acético, $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$ ($M = 102,10 \text{ g mol}^{-1}$ e $\rho = 1,08 \text{ g cm}^{-3}$), dando origem ao ácido acetilsalicílico, $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ ($M = 180,17 \text{ g mol}^{-1}$), e ao ácido acético. Esta reação é catalisada por ácido sulfúrico e pode ser traduzida por



6.2. Ordene as ações identificadas pelas letras de **A** a **E**, de modo a reconstituir parte do procedimento que permite determinar experimentalmente o rendimento na síntese do ácido acetilsalicílico.

Escreva, na folha de respostas, a sequência correta das letras.

- A. Juntar o anidrido acético ao ácido salicílico.
- B. Medir a massa dos cristais de ácido acetilsalicílico.
- C. Secar os cristais de ácido acetilsalicílico.
- D. Adicionar o catalisador e agitar.
- E. Filtrar a vácuo os cristais obtidos.

6.3. Na reação de síntese, qual é, aproximadamente, a percentagem, em massa, dos átomos dos reagentes incorporados no ácido acetilsalicílico?

- (A) 32%
- (B) 75%
- (C) 49%
- (D) 57%

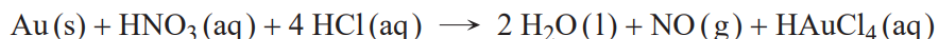
* 6.4. Adicionaram-se $5,00 \text{ cm}^3$ de anidrido acético a $2,02 \text{ g}$ de ácido salicílico e obtiveram-se $1,83 \text{ g}$ de ácido acetilsalicílico.

Determine o rendimento da síntese do ácido acetilsalicílico.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2024 - 1.ª Fase

2.2. A água régia é uma mistura de ácido nítrico, HNO_3 , e ácido clorídrico, HCl , que permite extrair o ouro presente em equipamentos eletrónicos, de acordo com a reação traduzida por



* 2.2.1. Nesta reação, o ouro é _____, e o HNO_3 é o agente _____.

- (A) oxidado ... oxidante
- (B) reduzido ... redutor
- (C) oxidado ... redutor
- (D) reduzido ... oxidante

* 2.2.2. Determine o volume mínimo da solução de HCl ($\rho = 1,19 \text{ g cm}^{-3}$) com 37%, em massa, de HCl ($M = 36,46 \text{ g mol}^{-1}$) que deve ser utilizado para a extração completa de $60,0 \text{ g}$ de ouro.

Considere que o HNO_3 se encontra em excesso.

Apresente todos os cálculos efetuados.

4. A prova de 400 metros planos exige um esforço muscular intenso, o que pode levar à formação de ácido láctico, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$, que, em excesso, causa dores musculares e cansaço.

4.2. A produção de ácido láctico pode provocar uma descida de pH muscular.

Quando, a uma determinada temperatura, o pH diminui em 0,5, a concentração de $\text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)}$

- (A) aumenta, aproximadamente, para o triplo.
- (B) diminui, aproximadamente, para um terço.
- (C) aumenta, aproximadamente, para o dobro.
- (D) diminui, aproximadamente, para metade.

- * 4.3. O ácido láctico é um ácido monoprótico que se ioniza parcialmente em água, de acordo com a equação



À temperatura de 25 °C, a constante de acidez, K_a , é $1,38 \times 10^{-4}$.

Num laboratório, encontra-se um frasco que apresenta um rótulo manuscrito: «ácido láctico (aq), pH 2,65».

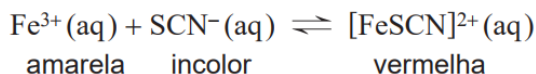
Para confirmar esta informação, foi retirada do frasco uma amostra de 50,00 mL da solução de ácido láctico e foi feita uma titulação com uma solução padrão de NaOH, de concentração $1,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$, tendo-se gastado 11,20 mL até se atingir o ponto de equivalência.

Determine o pH da solução de ácido láctico, a 25 °C, mostrando que o valor apresentado no rótulo está incorreto.

Apresente todos os cálculos efetuados.

9. Um grupo de alunos adicionou, num gobelé, uma solução amarela contendo iões ferro(3+), Fe^{3+} , a uma solução incolor contendo iões tiocianato, SCN^- , a uma determinada temperatura T , obtendo uma solução de cor vermelha, devido à presença do ião complexo tiocianato de ferro(III), $[\text{FeSCN}]^{2+}$.

O equilíbrio que se estabelece pode ser traduzido por



- * 9.1. Para testar o efeito da temperatura no equilíbrio em estudo, arrefeceu-se a solução preparada no gobelé, tendo sido observada uma intensificação da cor vermelha.

Conclua, justificando, se a variação de entalpia associada à reação de formação do ião $[\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$ é positiva ou negativa.

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

- 9.2. Para testar o efeito da concentração no equilíbrio em estudo, os alunos dispunham ainda de soluções aquosas de trinitrato de ferro, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, e de hidróxido de sódio, NaOH, cujos iões hidróxido, OH^- , formam com o ião Fe^{3+} um sal pouco solúvel de tri-hidróxido de ferro, $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

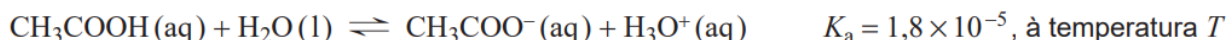
Mantendo a temperatura constante, adicionaram ao gobelé algumas gotas de uma destas soluções e observaram uma diminuição da intensidade da cor vermelha.

Na solução preparada inicialmente no gobelé, encontram-se presentes _____. A diminuição da intensidade da cor vermelha deve-se à adição da solução aquosa de _____.

- (A) os iões Fe^{3+} , SCN^- e $[\text{FeSCN}]^{2+}$... $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
 (B) apenas os iões Fe^{3+} e SCN^- ... $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
 (C) os iões Fe^{3+} , SCN^- e $[\text{FeSCN}]^{2+}$... NaOH
 (D) apenas os iões Fe^{3+} e SCN^- ... NaOH

Exame Nacional de 2023 - Época Especial

- 1.3. Em solução aquosa, o ácido etanoico, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, ioniza-se parcialmente, originando $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ e $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$. Esta reação pode ser traduzida por



Após ionização, à temperatura T , uma solução aquosa de CH_3COOH apresenta um pH de 2,6.

- * 1.3.1. Determine a concentração de CH_3COOH em equilíbrio, à temperatura T .

Apresente todos os cálculos efetuados.

- * 1.3.2. Qual das opções seguintes apresenta um par conjugado ácido-base resultante da ionização do ácido etanoico em água?

- (A) $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) / \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ (B) $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
(C) $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) / \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ (D) $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

- 1.4. Fazendo reagir etanol com ácido etanoico, obtém-se etanoato de etilo, $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$, e água, num equilíbrio traduzido por



- 1.4.1. Para otimizar o processo, pode recorrer-se ao uso de catalisadores e de um equipamento de laboratório que permite remover a água produzida.

Considere que a temperatura se mantém constante.

Quando se _____, o quociente da reação, Q , passa a ser _____ à constante de equilíbrio, K_c .

- (A) adicionam os catalisadores ... superior
(B) remove a água produzida ... superior
(C) remove a água produzida ... inferior
(D) adicionam os catalisadores ... inferior

- * 1.4.2. Num laboratório, juntaram-se 40,0 g de CH_3COOH ($M = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$) a etanol em excesso e obtiveram-se 40,0 g de $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ ($M = 88,12 \text{ g mol}^{-1}$).

Determine o rendimento da reação.

Apresente todos os cálculos efetuados.

4. A presença de etanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ($M = 46,08 \text{ g mol}^{-1}$), num indivíduo pode ser detetada por diferentes métodos.

* 4.1. Um dos métodos utilizados envolve um alcoolímetro. No alcoolímetro, o etanol presente no ar expirado reage com o dioxigénio, O_2 , presente no ar, sendo convertido em ácido etanoico, CH_3COOH .

Esta reação pode ser traduzida por



Considere que o ar contém 21%, em volume, de O_2 e admita que o volume molar de um gás à temperatura e à pressão a que ocorre a reação é $24,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Qual das expressões seguintes permite calcular, em dm^3 , o volume de ar necessário à reação completa de $0,0275 \text{ g}$ de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$?

(A) $\frac{21 \times 0,0275 \times 24,0}{100 \times 46,08}$

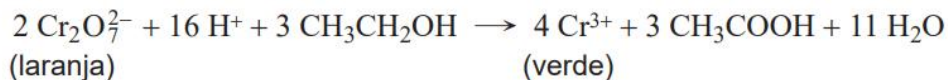
(B) $\frac{100 \times 0,0275 \times 24,0}{21 \times 46,08}$

(C) $\frac{21 \times 0,0275}{100 \times 46,08 \times 24,0}$

(D) $\frac{100 \times 0,0275}{21 \times 46,08 \times 24,0}$

- 4.3. O primeiro dispositivo prático para a deteção de álcool no organismo humano ficou conhecido como «teste do balão».

A presença de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ no ar expirado era detetada por uma alteração de cor, devida à reação traduzida por



Na presença de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, observa-se a cor _____, sendo o $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ a espécie _____.

(A) laranja ... oxidante

(B) laranja ... redutora

(C) verde ... redutora

(D) verde ... oxidante

Exame Nacional de 2023 - 2.^a Fase

1. O «papel salgado» foi um dos primeiros processos de impressão fotográfica, tendo sido utilizado comercialmente com muito sucesso entre 1840 e 1860.

Nesta técnica, um papel era impregnado com duas soluções:

- uma solução aquosa de cloreto de sódio, NaCl ($M = 58,44 \text{ g mol}^{-1}$);
- uma solução aquosa de nitrato de prata, AgNO_3 ($M = 169,88 \text{ g mol}^{-1}$).

A Figura 1 apresenta o gráfico da solubilidade do AgNO_3 e do NaCl em função da temperatura.

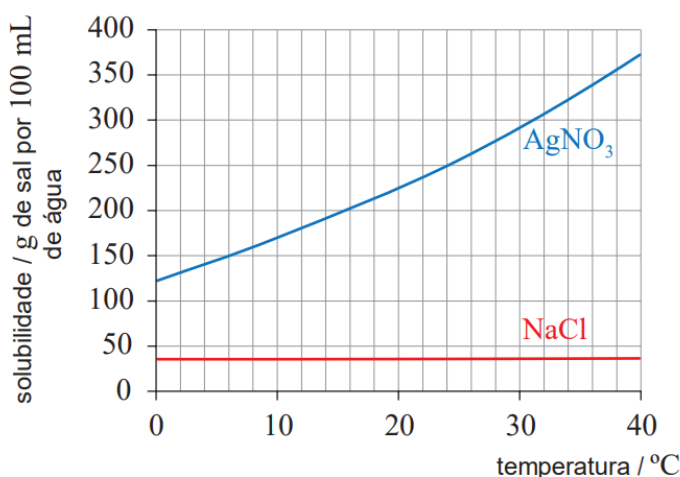


Figura 1

- * 1.1. O sal mais solúvel em água, no intervalo de temperaturas considerado no gráfico, é o

- (A) NaCl , e a sua solubilidade aumenta com o aumento da temperatura.
- (B) NaCl , e a sua solubilidade não é afetada pela temperatura.
- (C) AgNO_3 , e a sua solubilidade aumenta com o aumento da temperatura.
- (D) AgNO_3 , e a sua solubilidade não é afetada pela temperatura.

- 1.2. Numa reprodução deste processo, as soluções foram preparadas a 24°C , de acordo com o procedimento seguinte:

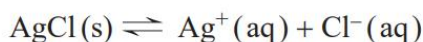
- dissolver 12,0 g de AgNO_3 em 100 mL de água destilada;
- dissolver 5,0 g de NaCl em 100 mL de água destilada.

Admita que o volume de cada solução corresponde ao volume do solvente.

- 1.2.1. Qual é a massa de AgNO_3 que ainda seria possível adicionar à solução inicialmente preparada desse sal, para obter uma solução saturada, à temperatura de 24°C ?

- (A) 245 g
- (B) 238 g
- (C) 250 g
- (D) 210 g

- * **1.2.2.** O cloreto de prata, AgCl , é um sal pouco solúvel em água, sendo o seu equilíbrio de solubilidade expresso por

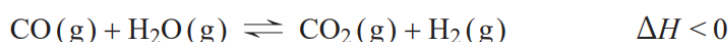


O produto de solubilidade do AgCl , K_s , é $1,6 \times 10^{-10}$, à temperatura de 24°C .

Verifique que ocorreu formação de precipitado de AgCl(s) quando se juntaram as soluções de AgNO_3 e de NaCl previamente preparadas.

Mostre como chegou à verificação solicitada, apresentando todos os cálculos efetuados.

- * **6.** O di-hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, pode ser obtido a partir de uma reação do monóxido de carbono, $\text{CO}(\text{g})$, com água. Esta reação pode ser traduzida por



Admita que o sistema se encontra inicialmente em equilíbrio, num reservatório fechado.

Pretende-se maximizar a produção de H_2 .

Preveja, justificando, se cada um dos procedimentos seguintes assegura o cumprimento do objetivo pretendido:

- diminuir o volume do reservatório, mantendo a temperatura do sistema constante;
- diminuir a temperatura do sistema, mantendo o volume do reservatório constante.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

- 7.** As indústrias cimenteiras são grandes emissoras de dióxido de carbono, CO_2 .

Uma das estratégias para a redução e valorização do $\text{CO}_2(\text{g})$ consiste em fazê-lo reagir com di-hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, formando metano, $\text{CH}_4(\text{g})$, e água, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, o que permite armazenar energia na forma de CH_4 (gás natural sintético). A reação pode ser traduzida por



- 7.2.** Uma indústria cimenteira avalia a produção de gás natural sintético num teste-piloto. Neste teste, faz-se reagir $4,40 \text{ kg}$ de CO_2 ($M = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$) com $4,48 \times 10^3 \text{ dm}^3$ de H_2 , medido em condições PTN.

Considere que o rendimento da reação de formação de CH_4 é 54%.

Qual é a quantidade de CH_4 produzida?

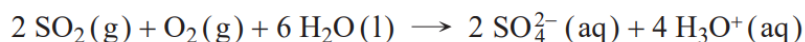
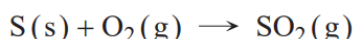
- (A) 27 mol (B) 50 mol (C) 54 mol (D) 108 mol

- * 8.3. A utilização de carvão nas cimenteiras é responsável pela presença de dióxido de enxofre, SO_2 , nos gases à saída do precipitador eletrostático.

Admita que:

- o teor de enxofre, S(s) , no carvão é 3,5% (em massa);
- na queima de 1,0 tonelada de carvão, todo o enxofre se espalha na atmosfera, sob a forma de $\text{SO}_2(\text{g})$, numa área circular de 1,0 km de raio ($A = \pi r^2$);
- a precipitação nesta área arrasta os produtos gasosos resultantes da combustão e origina uma «toalha» líquida no solo de 10 mm de altura;
- todo o enxofre presente no combustível fóssil é oxidado a ião sulfato, $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$.

As duas reações que ocorrem podem ser traduzidas por



Determine o pH da água da chuva nesta área, após a queima de 1,0 tonelada de carvão.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2023 - 1.ª Fase

3. O aço é formado, essencialmente, por ferro, Fe , e carbono, C . Para melhorar algumas das propriedades do aço, como a resistência à corrosão ou ao calor, podem adicionar-se outros elementos.

Adicionando-se cromo, Cr , obtém-se uma liga bastante resistente à corrosão atmosférica. Este aço, em contacto com o dioxigénio, O_2 , presente no ar, forma uma película sólida protetora, não porosa e impermeável, maioritariamente de trióxido de dicromo, Cr_2O_3 .

- * 3.2. Mesmo perante um dano na superfície do aço, a película de Cr_2O_3 autorrepara-se. Este comportamento dinâmico de autorreparação está esquematizado na Figura 3.

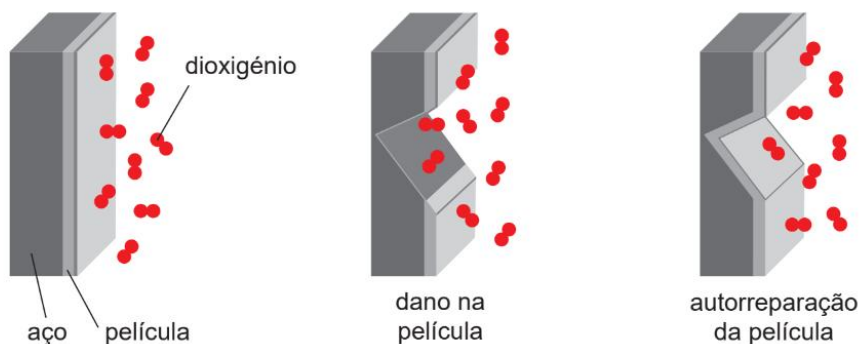


Figura 3

Explique a resistência à corrosão atmosférica deste aço.

Na sua resposta:

- apresente a razão pela qual a película torna o aço resistente à corrosão;
- fundamente o processo de autorreparação da película, comparando o poder redutor do Fe com o do Cr .

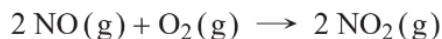
Apresente um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

6. O ácido nítrico, $\text{HNO}_3(\text{aq})$ ($M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$), é considerado um ácido forte, sendo bastante corrosivo. É um dos compostos químicos mais produzidos mundialmente. Desde 1902, é preparado industrialmente em três etapas sequenciais (processo de Ostwald):

Etapa I) Combustão do amoníaco, NH_3 ($M = 17,04 \text{ g mol}^{-1}$), para formar monóxido de nitrogénio, NO .



Etapa II) Oxidação do NO a dióxido de nitrogénio, NO_2 .



Etapa III) Reação do NO_2 com água, para formação de HNO_3 .



- * 6.2. Os números de oxidação do nitrogénio nos compostos NH_3 e HNO_3 são, respetivamente,

(A) 3 e 5. (B) 3 e 4. (C) -3 e 5. (D) -3 e 4.

- * 6.3. Considere que, nas duas primeiras etapas do processo de Ostwald, se dá a conversão completa dos reagentes em produtos e que a terceira etapa tem um rendimento de 75%.

Determine a massa de NH_3 , em kg, necessária para produzir 1200 toneladas de HNO_3 .

Apresente todos os cálculos efetuados.

- 6.4. De acordo com os princípios da química verde, que apela à sustentabilidade dos processos químicos industriais, na obtenção de HNO_3 pelo processo de Ostwald, seria vantajoso reutilizar o NO resultante da

(A) etapa III na etapa I. (B) etapa III na etapa II.
(C) etapa I na etapa II. (D) etapa I na etapa III.

7. Numa titulação, a 25 °C, 10,00 mL de uma solução diluída de ácido nítrico, $\text{HNO}_3 (\text{aq})$ ($M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$), foram titulados com uma solução padrão de hidróxido de sódio, $\text{NaOH} (\text{aq})$, de concentração $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$.

A reação que ocorre pode ser traduzida por

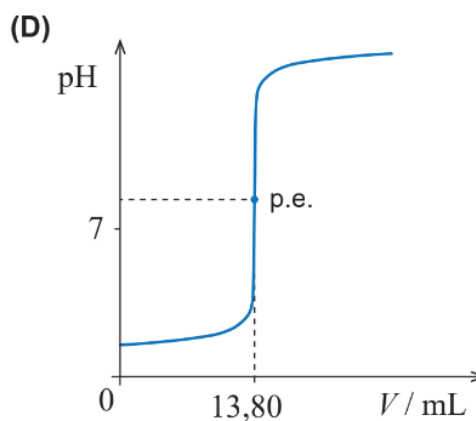
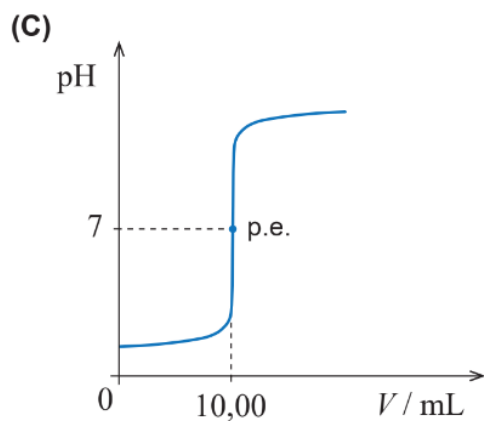
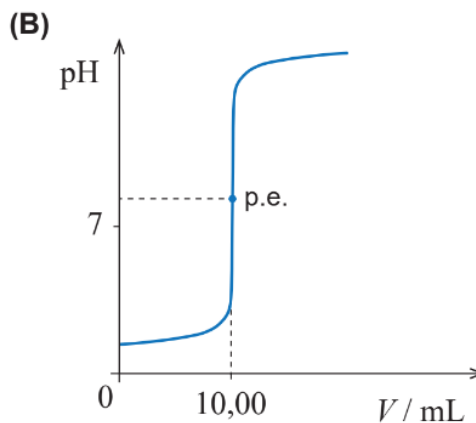
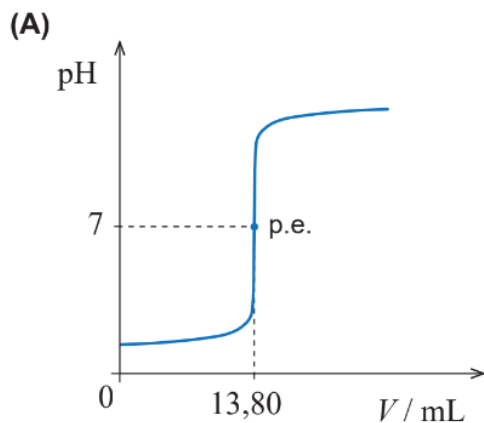


O volume de base gasto até se atingir o ponto de equivalência (p.e.) foi 13,80 mL.

- * 7.1. A medição do volume gasto de NaOH foi realizada recorrendo a uma _____, tendo sido registada uma incerteza de leitura de _____.

- (A) bureta ... 0,05 mL
- (B) bureta ... 0,5 mL
- (C) pipeta volumétrica ... 0,05 mL
- (D) pipeta volumétrica ... 0,5 mL

- 7.2. Selecione a opção que apresenta o esboço do gráfico que representa a curva da titulação, a 25 °C.



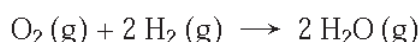
- * 7.3. A solução aquosa diluída de HNO_3 foi preparada a partir de uma solução concentrada do mesmo ácido ($\rho = 1,260 \text{ g cm}^{-3}$ e 35%, em massa).

Determine a razão entre as concentrações das duas soluções aquosas de HNO_3 , a concentrada e a diluída.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2022 - Época Especial

- 1.2. A água pode ser obtida a partir da reação entre o dioxigénio, O_2 , e o di-hidrogénio, H_2 . Tal reação é traduzida por



Num recipiente fechado, introduziram-se 6 mol de O_2 e 10 mol de H_2 .

Após reação completa,

- (A) foram obtidas 16 mol de $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.
- (B) ficou por reagir 1 mol de $\text{O}_2(\text{g})$.
- (C) foram consumidas 6 mol de $\text{H}_2(\text{g})$.
- (D) ficaram por reagir 2 mol de $\text{H}_2(\text{g})$.

- * 1.3. A água é uma substância que reage com ela própria, ainda que em pequena extensão. A reação de autoionização da água é traduzida por



Na tabela seguinte, estão representados os valores do produto iónico da água, K_w , a diferentes temperaturas, θ , expressas em $^\circ\text{C}$.

$\theta / ^\circ\text{C}$	K_w
0	$0,11 \times 10^{-14}$
20	$0,68 \times 10^{-14}$
40	$2,92 \times 10^{-14}$
60	$9,55 \times 10^{-14}$

Explique, com base na análise da tabela, como varia o pOH da água pura em função do aumento da temperatura.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

5.3. Durante o período de crescimento das espécies vegetais utiliza-se o ião potássio em soluções aquosas.

Para preparar uma solução aquosa de sulfato de potássio, K_2SO_4 (aq), diluída, adicionaram-se iguais volumes de água dura, com uma concentração de Ca^{2+} de $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$, e de uma solução de K_2SO_4 (aq) previamente preparada. Após a mistura, a concentração de SO_4^{2-} (aq) na solução diluída é $9,00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$.

Admita que, à temperatura a que se realizou a diluição, o produto de solubilidade, K_s , do sulfato de cálcio, $CaSO_4$, é $7,10 \times 10^{-5}$ e que são desprezáveis as contribuições dos iões K^+ e SO_4^{2-} provenientes da água dura.

Na solução diluída, a concentração do ião potássio, K^+ , é

- (A) $1,80 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$, e há formação de precipitado, $CaSO_4$ (s).
- (B) $1,80 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$, e não há formação de precipitado, $CaSO_4$ (s).
- (C) $9,00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$, e há formação de precipitado, $CaSO_4$ (s).
- (D) $9,00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$, e não há formação de precipitado, $CaSO_4$ (s).

6. Considere um sistema gasoso fechado em que as espécies A, B e C são intervenientes numa reação química e x , y e z correspondem aos seus coeficientes estequiométricos. Esta reação pode ser traduzida por



6.1. A Figura 9 apresenta o gráfico que traduz a evolução, ao longo do tempo, da quantidade de cada uma das espécies, A, B e C, até ser atingido o estado de equilíbrio, à temperatura T .

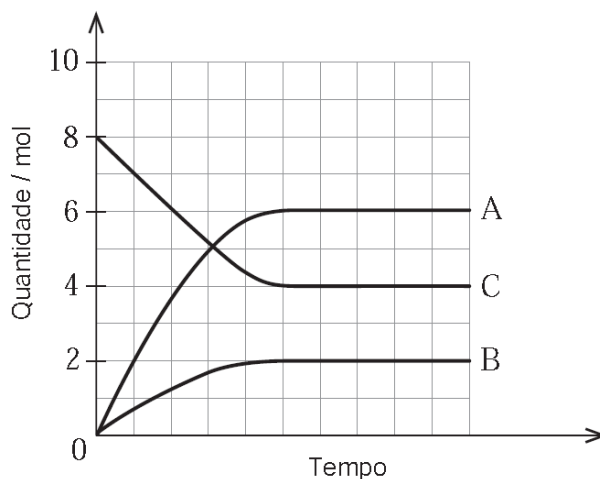


Figura 9

De acordo com a Figura 9, os coeficientes estequiométricos x , y e z são, respetivamente,

- (A) 2, 3 e 1.
- (B) 2, 1 e 3.
- (C) 3, 2 e 1.
- (D) 3, 1 e 2.

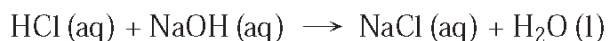
- * 6.2. Para estudar o efeito da utilização de um catalisador na reação, introduziu-se a mesma quantidade da espécie C em dois reatores iguais, nas mesmas condições de pressão e temperatura. A um dos reatores, adicionou-se ainda o catalisador.

Considere que a temperatura, T , se manteve constante nos dois reatores.

No reator ao qual se adicionou o catalisador, aumentou

- (A) a extensão da reação.
- (B) a constante de equilíbrio, K_c , à temperatura T .
- (C) a velocidade da reação.
- (D) a percentagem de A e B na mistura reacional de equilíbrio.

7. Num laboratório, um grupo de alunos pretende titular, com rigor, uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH (aq), utilizando uma solução-padrão de ácido clorídrico, HCl (aq), de concentração $0,280 \text{ mol dm}^{-3}$. A reação que ocorre pode ser traduzida por



- * 7.1. Uma solução aquosa de $80,0 \text{ ml}$ de NaOH ($M = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$) foi preparada a partir de uma amostra impura do reagente sólido, da qual se gastou $1,20 \text{ g}$. Retiraram-se $20,0 \text{ ml}$ dessa solução e titulou-se esta quantidade de solução com a solução-padrão de HCl, tendo-se obtido a curva de titulação representada na Figura 10.

Admita que as impurezas são inertes.

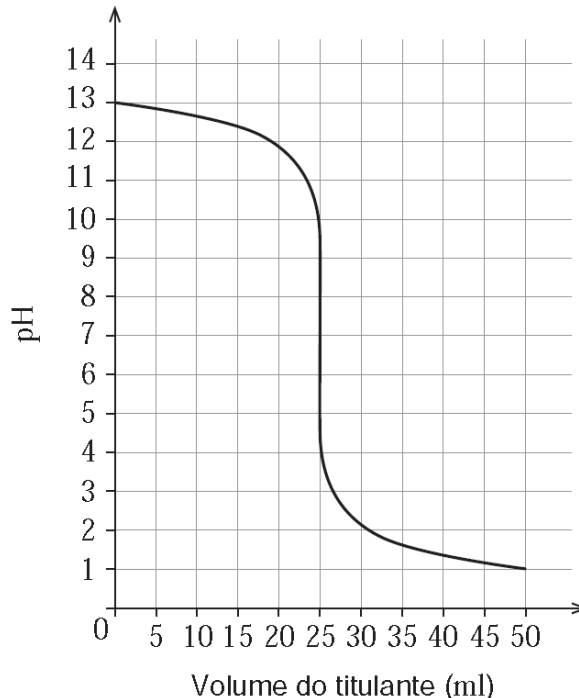


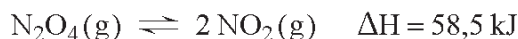
Figura 10

Calcule a massa de impurezas na amostra inicial de NaOH.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2022 - 2.^a Fase

5. Considere o equilíbrio químico entre o tetróxido de dinitrogénio, N_2O_4 , e o dióxido de nitrogénio, NO_2 .



À temperatura de 25°C , a constante de equilíbrio, K_c , é $4,63 \times 10^{-3}$.

- * 5.1. Num reator de $7,50 \text{ dm}^3$, introduziram-se $3,0 \text{ mol}$ de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$, à temperatura de 25°C . Calcule a fração molar do $\text{NO}_2(\text{g})$ quando o sistema atingiu o equilíbrio, àquela temperatura.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- * 5.2. Noutro reator, foi introduzido NO_2 . A Figura 6 mostra as variações das concentrações, em mol dm^{-3} , de $\text{NO}_2(\text{g})$ e de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ até o equilíbrio ser atingido, à temperatura T .

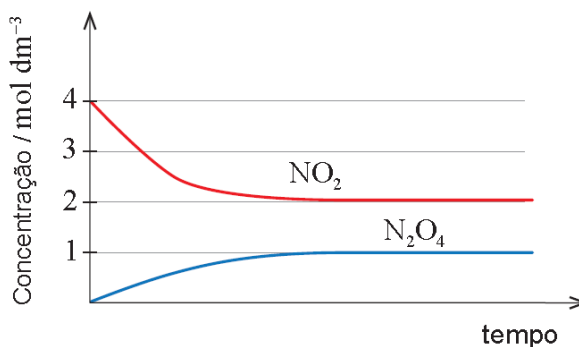


Figura 6

Conclua, justificando, se a temperatura T é maior, menor ou igual a 25°C .

- 5.3. Para produzir o $\text{NO}_2(\text{g})$, recorreu-se a uma reação de oxidação-redução entre o ácido nítrico, HNO_3 , e o cobre, traduzida por



O número de oxidação do nitrogénio na molécula de HNO_3 é

- (A) $+5$, e esta é a espécie oxidante.
- (B) $+6$, e esta é a espécie oxidante.
- (C) $+5$, e esta é a espécie redutora.
- (D) $+6$, e esta é a espécie redutora.

5.4. No laboratório, existe uma solução concentrada de HNO_3 ($M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$; K_a muito elevado), com 68% (em massa) de HNO_3 e massa volúmica $1,41 \text{ g cm}^{-3}$.

* 5.4.2. Qual é o par ácido-base conjugado resultante da ionização do ácido nítrico em água?

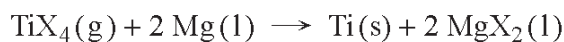
(A) $\text{HNO}_3 / \text{H}_2\text{O}$

(B) $\text{HNO}_3 / \text{NO}_3^-$

(C) $\text{H}_2\text{O} / \text{NO}_3^-$

(D) $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{NO}_3^-$

7. Na construção de aviões a jato, é utilizado titânio, Ti(s) , que pode ser obtido pela reação entre o composto TiX_4 (em que X representa genericamente um elemento não metálico) e o magnésio fundido, Mg(l) . A reação é expressa por



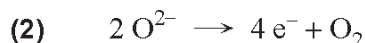
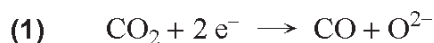
* 7.1. Para obtenção de titânio, fez-se reagir $1,85 \times 10^5 \text{ mol}$ de TiX_4 com $1,72 \times 10^3 \text{ kg}$ de Mg .

Determine o rendimento da reação ao obter-se $1,21 \times 10^3 \text{ kg}$ de Ti(s) .

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2022 - 1.ª Fase

2. Para preparar uma futura expedição a Marte, na missão *Mars 2020* seguiu o módulo MOXIE. Este dispositivo foi concebido para testar, pela primeira vez, a produção local de dióxigénio, O_2 , a partir do dióxido de carbono, CO_2 , existente na atmosfera marciana, de acordo com as semirreações traduzidas por



* 2.1. Na semirreação representada em (1), a variação do número de oxidação do carbono é

- (A) +2, sendo o CO_2 a espécie oxidante.
- (B) -2, sendo o CO_2 a espécie oxidante.
- (C) +2, sendo o CO_2 a espécie redutora.
- (D) -2, sendo o CO_2 a espécie redutora.

* 2.2. Calcule o número de módulos MOXIE necessários para produzir 1000 kg de O_2 em 365 dias.

Considere que o módulo MOXIE consegue retirar, por hora, 16,70 g de CO_2 da atmosfera marciana e que a transformação de CO_2 em O_2 tem um rendimento de 50%.

Admita que a duração de um dia em Marte é aproximadamente igual à de um dia terrestre.

Apresente todos os cálculos efetuados.

4. Um navio transporta metano, CH_4 ($M = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$), acondicionado em tanques. Um tanque na sua capacidade máxima contém $1,17 \times 10^5 \text{ kg}$ de CH_4 liquefeito. O CH_4 liquefeito tem massa volúmica de $0,4241 \text{ g cm}^{-3}$.

- 4.2.2. O dióxido de carbono, CO_2 , ao reagir com a água da chuva, origina um ácido fraco, o ácido carbónico, H_2CO_3 .

A primeira ionização do ácido carbónico em água pode ser traduzida por

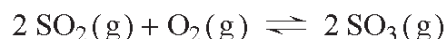


Quais são as duas espécies que resultam da segunda ionização do ácido carbónico em água?

- (A) CO_2 e OH^-
- (B) H_3O^+ e CO_2
- (C) CO_3^{2-} e OH^-
- (D) H_3O^+ e CO_3^{2-}

5. Nas imediações de um lago, um vulcão entra em erupção, com libertação de grandes quantidades de dióxido de enxofre, SO_2 . Este gás reage com o dioxigénio atmosférico, O_2 , transformando-se em trióxido de enxofre, SO_3 .

Em sistema fechado, esta reação pode ser traduzida por



- 5.1. O gráfico da Figura 4 representa o rendimento da reação de formação do SO_3 , a diferentes temperaturas, θ , em equilíbrio, à pressão de 1 atmosfera, em sistema fechado.

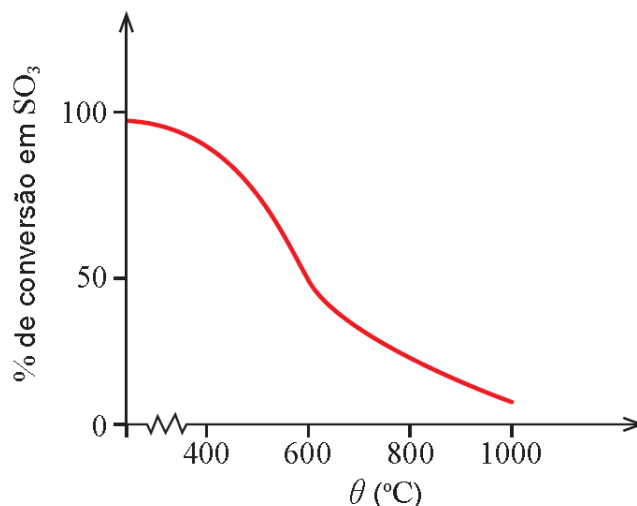
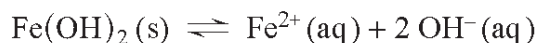


Figura 4

- * 5.1.1. A reação considerada, no sentido direto, é _____, e a constante de equilíbrio à temperatura de 800 °C é _____ à constante de equilíbrio à temperatura de 400 °C.
- (A) exotérmica ... inferior
(B) endotérmica ... inferior
(C) exotérmica ... superior
(D) endotérmica ... superior
- * 5.1.2. Preveja, de acordo com o princípio de Le Châtelier, o que aconteceria ao rendimento de formação de SO_3 se, a uma temperatura constante, a pressão aumentasse.

5.3. A cinza vulcânica é responsável pela adição de iões metálicos à água, em lagos e cursos de água.

O hidróxido de ferro(II) é um sal pouco solúvel em água. O seu equilíbrio de solubilidade é expresso por



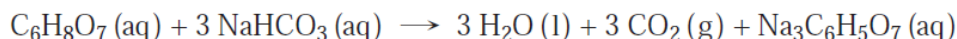
O produto de solubilidade, K_s , é $4,10 \times 10^{-15}$, à temperatura T .

A solubilidade do hidróxido de ferro(II), em água, à temperatura considerada, é

- (A) $1,27 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$.
- (B) $6,40 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$.
- (C) $1,01 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$.
- (D) $3,20 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$.

Exame Nacional de 2021 - Época Especial

* 1.3. A reação entre o ácido cítrico e o hidrogenocarbonato de sódio, $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$, pode ser traduzida por



Considere que se adicionam 80 mL de $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$, de concentração $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$, a 30 mL de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7(\text{aq})$, com a mesma concentração, e se recolhem $3,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de $\text{CO}_2(\text{g})$.

O rendimento da reação é

- (A) 65%
- (B) 90%
- (C) 80%
- (D) 30%

1.4. O ácido fosfórico, $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, é um ácido que, tal como o ácido cítrico, sofre em água ionizações sucessivas.

* 1.4.1. Considere uma solução aquosa de ácido fosfórico e uma solução aquosa de ácido cítrico com a mesma concentração, a uma dada temperatura, T .

A constante de acidez definida para a primeira ionização de $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$ é cerca de dez vezes maior do que a constante de acidez definida para a primeira ionização de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7(\text{aq})$, à temperatura T .

Conclua, fundamentando, em qual das soluções será maior a concentração de $\text{OH}^{-}(\text{aq})$, considerando apenas a contribuição da primeira ionização daqueles ácidos em água.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

- * 1.4.2. A primeira ionização do ácido fosfórico em água pode ser traduzida por



Escreva as fórmulas químicas das duas espécies que resultam da segunda ionização do ácido fosfórico em água.

11. Os metais podem sofrer corrosão.

- * 11.1. Em canalizações que contenham chumbo pode, a partir de PbCl_2 , formar-se um óxido de chumbo de fórmula química PbO_2 .

Nesta transformação, a variação do número de oxidação do chumbo é

- (A) -2
- (B) -1
- (C) +1
- (D) +2

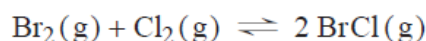
- 11.2. Uma placa de cobre, $\text{Cu}(\text{s})$, e uma placa de zinco, $\text{Zn}(\text{s})$, foram mergulhadas numa solução contendo iões $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$, tendo-se verificado que, passado algum tempo, apenas a placa de zinco tinha sofrido corrosão.

Pode concluir-se que

- (A) o poder redutor do $\text{Pb}(\text{s})$ é inferior ao do $\text{Cu}(\text{s})$.
- (B) o poder redutor do $\text{Zn}(\text{s})$ é inferior ao do $\text{Pb}(\text{s})$.
- (C) o poder oxidante do $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ é inferior ao do $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.
- (D) o poder oxidante do $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ é inferior ao do $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$.

Exame Nacional de 2021 - 2.ª Fase

- 1.3. Num reator com a capacidade de 1,0 L, contendo uma mistura gasosa de bromo, $\text{Br}_2(\text{g})$, cloro, $\text{Cl}_2(\text{g})$, e cloreto de bromo, $\text{BrCl}(\text{g})$, à temperatura T , ocorre a reação exotérmica traduzida por



A constante de equilíbrio, K_c , da reação é 7,7, à temperatura T .

- * 1.3.1. Admita que a quantidade inicial de $\text{BrCl}(\text{g})$, na mistura gasosa existente no reator, é 1,11 mol.

Quando o sistema atinge um estado de equilíbrio, à temperatura T , as quantidades de $\text{Cl}_2(\text{g})$ e de $\text{BrCl}(\text{g})$ na mistura gasosa são, respetivamente, 0,25 mol e 0,80 mol.

Determine a quantidade inicial de $\text{Br}_2(\text{g})$ na mistura gasosa.

Apresente todos os cálculos efetuados.

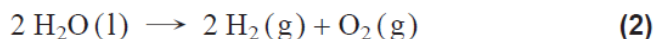
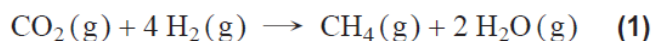
- * 1.3.2. Admita que, uma vez atingido o estado de equilíbrio, à temperatura T , ocorre um aumento de temperatura.

Até ser atingido um novo estado de equilíbrio, prevê-se que a concentração de $\text{Br}_2(\text{g})$ _____ e que a variação das concentrações de $\text{Br}_2(\text{g})$ e de $\text{Cl}_2(\text{g})$ seja _____.

- (A) diminua ... diferente
- (B) aumente ... diferente
- (C) diminua ... igual
- (D) aumente ... igual

- 2.3. Na EEI é possível, a partir do dióxido de carbono, $\text{CO}_2(\text{g})$, expirado, obter oxigénio, $\text{O}_2(\text{g})$, que é utilizado na zona habitável da estação.

A formação de $\text{O}_2(\text{g})$ pode ser traduzida por



- * 2.3.1. O hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, produzido na reação (2) é reutilizado na reação (1).

Que quantidade de H_2 pode ser reutilizada, no máximo, por cada mole de H_2 consumida?

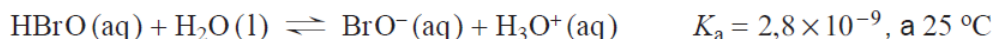
- * 2.3.2. Considere que, na zona habitável da EEI, existem $4,1 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de moléculas por cada dm^3 de ar, sendo $7,0 \times 10^{-3}$ a fração molar de CO_2 .

Admita que se consegue recuperar uma quantidade de O_2 igual a $\frac{2}{5}$ da quantidade de CO_2 .

Determine o volume de ar necessário para se conseguir recuperar 1,0 g de O_2 .

Apresente todos os cálculos efetuados.

3. O ácido hipobromoso, $\text{HBrO}(\text{aq})$, usado como antimicrobiano, é um ácido cuja ionização em água se pode traduzir por



- * 3.1. A espécie $\text{HBrO}(\text{aq})$ tem uma ação antimicrobiana mais eficaz do que a espécie $\text{BrO}^-(\text{aq})$.

Um aumento de pH favorece a reação

- (A) direta, aumentando a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.
- (B) inversa, aumentando a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.
- (C) direta, diminuindo a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.
- (D) inversa, diminuindo a eficácia antimicrobiana do ácido hipobromoso.

- * 3.2. Adicionando algumas gotas de uma solução concentrada de uma base forte a uma solução aquosa de HBrO , obteve-se uma solução cujo pH, a 25°C , é 8,25.

Verifique que, na solução resultante, $\frac{1}{3}$ do ácido hipobromoso está ionizado.

Explícite o seu raciocínio.

10. O ião ClO_3^- pode transformar-se na espécie ClO_2 em reações que envolvem transferência de eletrões.

Numa reação em que o ião ClO_3^- origina a espécie ClO_2 , a variação do número de oxidação do Cl é

- (A) +1, prevendo-se que o ião ClO_3^- atue como oxidante.
 (B) -1, prevendo-se que o ião ClO_3^- atue como oxidante.
 (C) +1, prevendo-se que o ião ClO_3^- atue como redutor.
 (D) -1, prevendo-se que o ião ClO_3^- atue como redutor.

Exame Nacional de 2021 - 1.ª Fase

5. O pentacloreto de fósforo, PCl_5 , pode decompor-se, em fase gasosa, originando tricloreto de fósforo, PCl_3 , e cloro, Cl_2 . Esta reação pode ser traduzida por



- 5.2. Um reator de volume variável contém, inicialmente, apenas 3,00 mol de $\text{PCl}_5(\text{g})$ e 0,80 mol de $\text{PCl}_3(\text{g})$.

O sistema atinge o equilíbrio à temperatura T . Considere que o volume do reator é $2,5 \text{ dm}^3$ e que não reagiu 90% da quantidade inicial de $\text{PCl}_5(\text{g})$.

- * 5.2.1. Determine a constante de equilíbrio, K_c , da reação de decomposição considerada, à temperatura T .

Apresente todos os cálculos efetuados.

- * 5.2.2. Considere que, estando o sistema em equilíbrio, se provoca uma diminuição do volume do reator, à temperatura T .

Preveja, fundamentando, como variará a quantidade de PCl_5 .

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

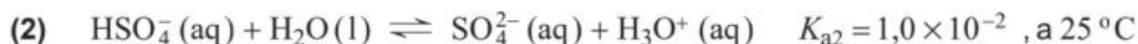
- * 6.2. O amoníaco, $\text{NH}_3(\text{aq})$, é uma base fraca, cuja ionização em água pode ser traduzida por



Adicionando algumas gotas de um ácido forte concentrado a um dado volume da solução de amoníaco, a concentração de $\text{OH}^-(\text{aq})$

- (A) diminui e a concentração de $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ aumenta.
 (B) aumenta e a concentração de $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ diminui.
 (C) aumenta e a concentração de $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ aumenta.
 (D) diminui e a concentração de $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ diminui.

7. O ácido sulfúrico, H_2SO_4 (aq), ioniza-se de acordo com as reações traduzidas por



* 7.1. Numa solução de H_2SO_4 (aq) $1,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$, a 25°C , a concentração de H_3O^+ (aq) é

- (A) superior à concentração de SO_4^{2-} (aq), sendo o pH da solução 2,0.
- (B) superior à concentração de SO_4^{2-} (aq), sendo o pH da solução inferior a 2,0.
- (C) igual à concentração de SO_4^{2-} (aq), sendo o pH da solução 2,0.
- (D) igual à concentração de SO_4^{2-} (aq), sendo o pH da solução inferior a 2,0.

7.2. O ácido conjugado da espécie SO_4^{2-} (aq) é a espécie

- (A) HSO_4^- (aq), comportando-se a água como base apenas na reação (1).
- (B) HSO_4^- (aq), comportando-se a água como base nas reações (1) e (2).
- (C) H_2SO_4 (aq), comportando-se a água como base nas reações (1) e (2).
- (D) H_2SO_4 (aq), comportando-se a água como base apenas na reação (1).

7.3. A reação do ácido sulfúrico com o magnésio pode ser traduzida por



Nesta reação, o ião H^+

- (A) oxida-se, sendo o magnésio a espécie redutora.
- (B) reduz-se, sendo o magnésio a espécie oxidante.
- (C) oxida-se, sendo o magnésio a espécie oxidante.
- (D) reduz-se, sendo o magnésio a espécie redutora.

Exame Nacional de 2020 - Época Especial

GRUPO IV

- 3.3. O etanol pode ser obtido a partir da sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$ ($M = 342,34 \text{ g mol}^{-1}$), extraída da beterraba sacarina, num processo que pode ser, globalmente, traduzido por



Determine a massa de etanol que se poderá obter, no máximo, a partir de 3,0 toneladas de beterraba sacarina, que têm, em média, um teor de sacarose de 20% (m/m).

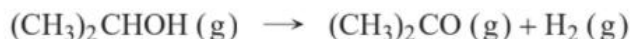
Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

4. O acetato de etilo, $CH_3COOCH_2CH_3(\text{aq})$, o ácido acético, $CH_3COOH(\text{aq})$, e o etanol, $CH_3CH_2OH(\text{aq})$, participam, em meio ácido, numa reação que pode ser traduzida por



Quando um sistema químico no qual ocorre esta reação atinge um estado de equilíbrio, a concentração de etanol

- (A) tem de ser igual à concentração de acetato de etilo.
(B) tem de ser igual à concentração de ácido acético.
(C) pode ser maior do que a concentração de ácido acético.
(D) é necessariamente maior do que a concentração de acetato de etilo.
5. O propan-2-ol, $(CH_3)_2CHOH$, pode ser convertido em propanona, $(CH_3)_2CO$, através de uma reação que pode ser traduzida por



A conversão de 1 mol de propan-2-ol nos produtos da reação, de acordo com a equação química anterior, envolve a absorção de 56 kJ, em determinadas condições de pressão e de temperatura.

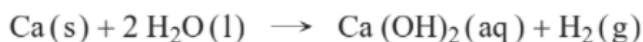
Considere que, nas mesmas condições de pressão e de temperatura, para uma variação de entalpia de reação de 33 kJ, se isolou 0,50 mol de propanona.

Qual terá sido o rendimento da reação?

- (A) 59% (B) 85% (C) 41% (D) 29%

GRUPO V

1.3. O cálcio reage com a água de acordo com a reação traduzida por

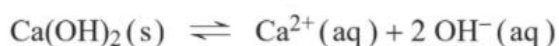


Nesta reação, a variação do número de oxidação do hidrogénio é _____, atuando _____ como redutor.

- (A) +1 ... o cálcio
- (B) +1 ... a água
- (C) -1 ... o cálcio
- (D) -1 ... a água

2. O hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , é utilizado no tratamento de águas e na indústria.

O equilíbrio de solubilidade do Ca(OH)_2 em água pode ser traduzido por



2.1. Considere águas de diferentes durezas, contendo concentrações apreciáveis de ião $\text{Ca}^{2+}\text{(aq)}$.

A solubilidade do Ca(OH)_2 é _____ numa água mais dura, _____ com a adição de um ácido forte.

- (A) maior ... diminuindo
- (B) maior ... aumentando
- (C) menor ... diminuindo
- (D) menor ... aumentando

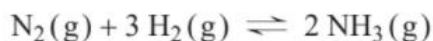
2.2. A 25 °C, dissolveu-se Ca(OH)_2 em água até se obter uma solução saturada e mediu-se o pH da solução, tendo-se obtido 12,4.

Determine, a partir da medição efetuada, o produto de solubilidade do hidróxido de cálcio, a 25 °C.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

GRUPO V

O nitrogénio, $N_2(g)$, e o hidrogénio, $H_2(g)$, são utilizados na síntese do amoníaco, $NH_3(g)$, traduzida por



Considere um sistema químico de volume variável que contém apenas estas três substâncias.

Na Figura 5, apresenta-se o gráfico da quantidade, n , de cada uma das substâncias em função do tempo, t , a uma temperatura constante, T .

O sistema químico foi perturbado num instante entre t_1 e t_2 , tendo-se alterado a quantidade de uma das substâncias, a pressão constante. O sistema químico foi novamente perturbado num instante entre t_3 e t_4 .

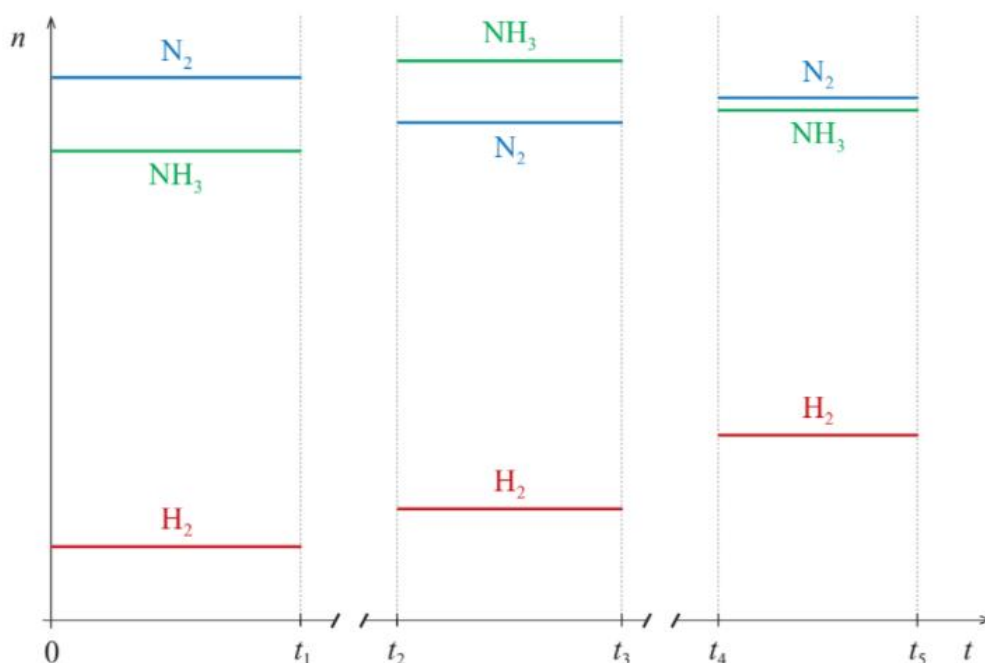


Figura 5

1. Identifique a perturbação aplicada ao sistema químico considerado, no intervalo de tempo $[t_1, t_2]$, indicando a substância cuja quantidade foi alterada e se essa substância foi introduzida ou removida do sistema.
2. Conclua, fundamentando, se o quociente da reação no intervalo de tempo $[t_2, t_3]$ é superior, inferior ou igual ao quociente da reação no intervalo de tempo $[t_4, t_5]$.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

3. A reação de síntese do amoníaco, sendo uma reação de
- (A) ácido-base, ocorre com transferência de eletrões.
 - (B) oxidação-redução, ocorre com transferência de eletrões.
 - (C) ácido-base, ocorre com transferência de protões.
 - (D) oxidação-redução, ocorre com transferência de protões.

GRUPO VI

A emissão de óxidos de enxofre para a atmosfera, entre os quais o dióxido de enxofre, $\text{SO}_2(\text{g})$, dá origem ao ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, presente nas chuvas ácidas.

1. A formação de $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ a partir de $\text{SO}_2(\text{g})$ pode ser globalmente traduzida por



Nesta reação, o enxofre

- (A) oxida-se, e o seu número de oxidação aumenta.
 - (B) oxida-se, e o seu número de oxidação diminui.
 - (C) reduz-se, e o seu número de oxidação aumenta.
 - (D) reduz-se, e o seu número de oxidação diminui.
2. O ácido sulfúrico é um ácido diprótico que se ioniza em água em duas etapas sucessivas, traduzidas por



O ião HSO_4^- , ao _____ um protão, transforma-se na sua base conjugada, a espécie _____.

- (A) receber ... H_2SO_4
- (B) receber ... SO_4^{2-}
- (C) ceder ... H_2SO_4
- (D) ceder ... SO_4^{2-}

3. A Figura 6 apresenta a curva da titulação de $10,00 \text{ cm}^3$ de uma solução de ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, com uma solução padrão de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$, de concentração $5,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$.

A reação que ocorre pode ser traduzida por

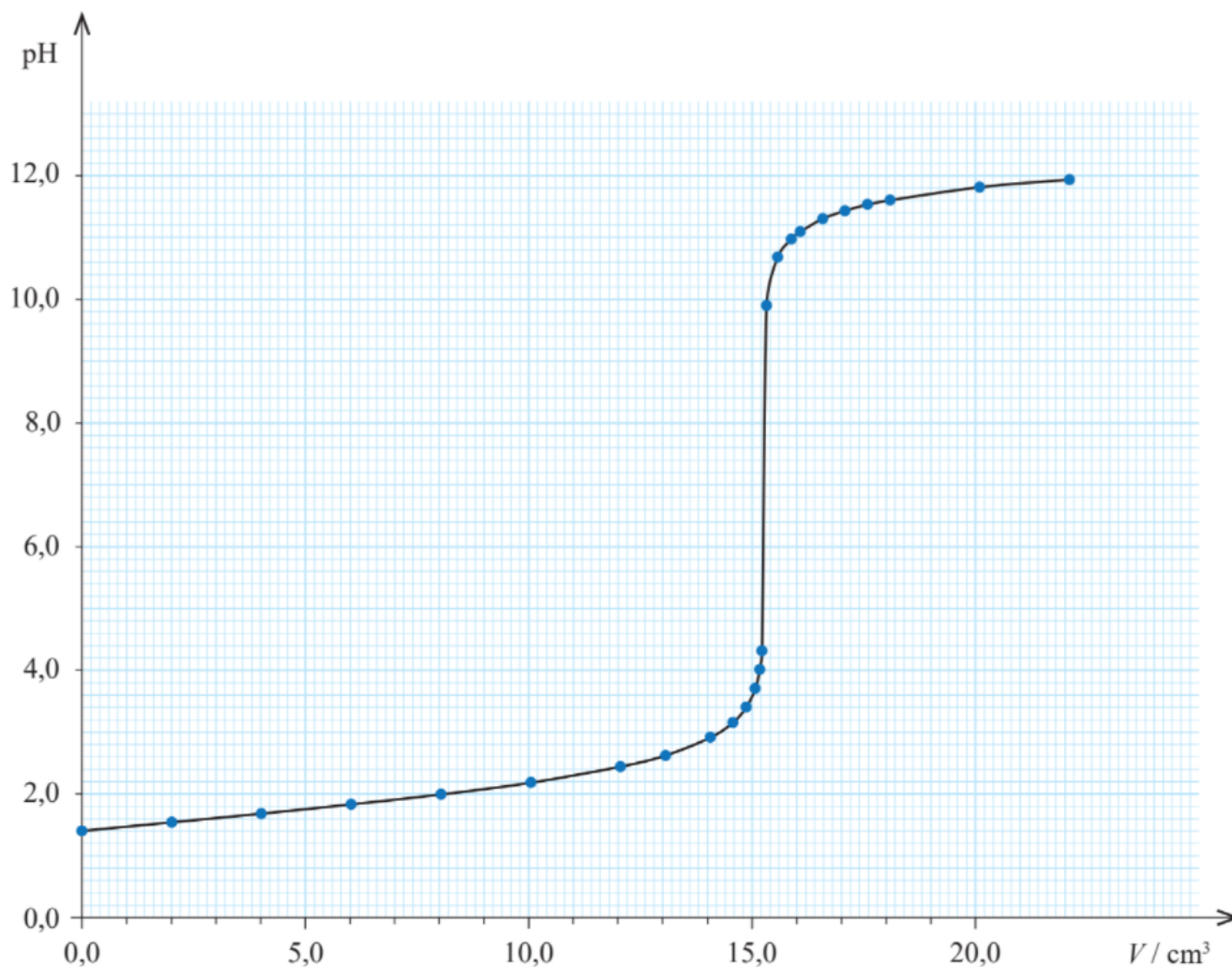


Figura 6

Determine a concentração da solução de ácido sulfúrico.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2020 - 1.ª fase

GRUPO I

3. Os tempos de descida da esfera sobre o plano inclinado foram medidos indiretamente a partir dos volumes de água vertidos por uma bureta. Assim, em cada ensaio realizado, abriu-se a torneira da bureta no instante em que a esfera foi largada sobre o plano inclinado e fechou-se a torneira da bureta no instante em que a esfera atingiu a base do plano.

- 3.1. Na Figura 2, reproduzem-se duas fotografias (I e II) de parte da bureta, graduada em cm^3 , nas quais se observa o nível da água no início (I) e no final (II) de um dos ensaios.

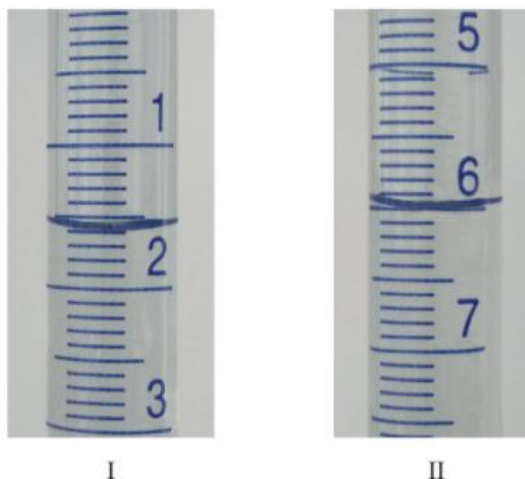


Figura 2

Qual foi o volume de água escoado nesse ensaio?

Apresente o valor solicitado com o número correto de algarismos significativos.

GRUPO IV

4. A combustão do metano, $\text{CH}_4(\text{g})$, pode ser traduzida por



- 4.1. Qual é a variação do número de oxidação do carbono na reação considerada?

(A) +8

(B) -8

(C) +4

(D) -4

- 4.2. Em muitas reações de combustão, que ocorrem em sistemas reais, o combustível não reage completamente, mesmo existindo $O_2(g)$ em excesso.

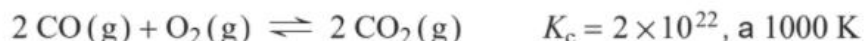
Considere que, numa reação de combustão de metano, por cada mole de $CH_4(g)$, 0,016 mol não reagiram, apesar de existir um excesso de 5,0% de $O_2(g)$.

Admita que, além da reação considerada, não ocorrem outras reações.

Determine, por cada mole de $CH_4(g)$, a quantidade de $O_2(g)$ que não reagiu.

Explicita o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

6. Considere a reação traduzida por



A ordem de grandeza da constante de equilíbrio, K_c , à temperatura considerada, indica que

- (A) a formação dos produtos da reação é favorecida.
- (B) o produto da reação se forma muito rapidamente.
- (C) a reação tem rendimento muito elevado.
- (D) ambos os reagentes se esgotam.

GRUPO V

O dióxido de carbono reage com a água, dando origem ao ácido carbónico, $H_2CO_3(aq)$.

O ácido carbónico é um ácido diprótico que se ioniza em água em duas etapas sucessivas, traduzidas por

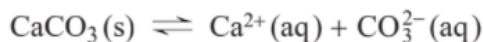


1. Apresente a expressão que traduz a constante de acidez, K_a , do ácido carbónico, definida para a reação (1).
2. A espécie $HCO_3^-(aq)$ é a base conjugada de _____ e o ácido conjugado de _____.

- (A) $H_2CO_3(aq) \dots H_2O(l)$
- (B) $H_2O(l) \dots H_2CO_3(aq)$
- (C) $H_2CO_3(aq) \dots CO_3^{2-}(aq)$
- (D) $CO_3^{2-}(aq) \dots H_2CO_3(aq)$

3. A preservação de estruturas vitais de alguns organismos marinhos, como as conchas, cujo principal componente é o carbonato de cálcio, CaCO_3 , depende do equilíbrio que se estabelece entre este sal sólido e os iões resultantes da sua dissolução em água.

Esta reação pode ser traduzida por



Preveja, fundamentando, se a diminuição do pH das águas dos oceanos contribui para a preservação das conchas ou, pelo contrário, para a sua dissolução.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

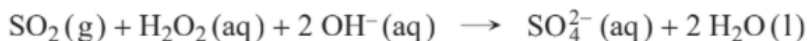
Exame Nacional de 2019 - Época Especial

GRUPO IV

4. O enxofre, S, pode existir em pequenas quantidades no aço.

Numa análise de controlo de qualidade, converteu-se todo o enxofre existente numa amostra de aço, de massa 8,30 g, em dióxido de enxofre, $\text{SO}_2(\text{g})$.

Admita que todo o dióxido de enxofre formado reagiu com uma solução de peróxido de hidrogénio, $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$, à qual se tinha adicionado uma solução de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$. A reação que ocorre pode ser traduzida por



- 4.1. Nesta reação, o número de oxidação do enxofre _____, sendo o SO_2 a espécie que se _____.

- (A) aumenta ... oxida
- (B) aumenta ... reduz
- (C) diminui ... oxida
- (D) diminui ... reduz

- 4.2. Considere que à solução de peróxido de hidrogénio se tinha adicionado $2,000 \times 10^{-2} \text{ dm}^3$ de $\text{NaOH}(\text{aq})$, de concentração $5,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$.

Após todo o $\text{SO}_2(\text{g})$ ter reagido, verificou-se que a quantidade de $\text{OH}^-(\text{aq})$ na solução era $7,065 \times 10^{-4} \text{ mol}$.

Determine a percentagem, em massa, de enxofre, S ($M = 32,06 \text{ g mol}^{-1}$), na amostra de aço.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

GRUPO V

2. Em qual das seguintes reações a água se comporta como um ácido de Brønsted-Lowry?

- (A) $\text{HS}^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{S}^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 (B) $\text{HS}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{S}^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
 (C) $\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HS}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
 (D) $\text{S}^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

3. A dureza é um parâmetro que condiciona a utilização de uma água e que está relacionado com a concentração de determinados iões, entre os quais o ião $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$.

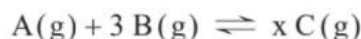
A adição de uma solução aquosa de sulfato de sódio, $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, a uma água contendo iões $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ não altera significativamente a dureza dessa água. No entanto, nas mesmas condições de temperatura, a adição de uma solução aquosa de carbonato de sódio, $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$, à mesma água provoca uma diminuição da sua dureza.

Conclua qual dos sais, CaSO_4 ou CaCO_3 , será menos solúvel em água, a uma mesma temperatura.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

GRUPO VI

Considere que, num reator de volume variável, existem apenas as substâncias A, B e C, todas em fase gasosa, que reagem entre si de acordo com



sendo x o coeficiente estequiométrico de C.

1. Numa reação química, em sistema fechado, poderá ocorrer variação

- (A) da massa do sistema.
 (B) da carga elétrica total.
 (C) do número total de eletrões.
 (D) do número total de moléculas.

2. O gráfico da Figura 7 representa, à temperatura de 327 °C, as quantidades de equilíbrio de A (g), B (g) e C (g) existentes no reator, em função da pressão, P .

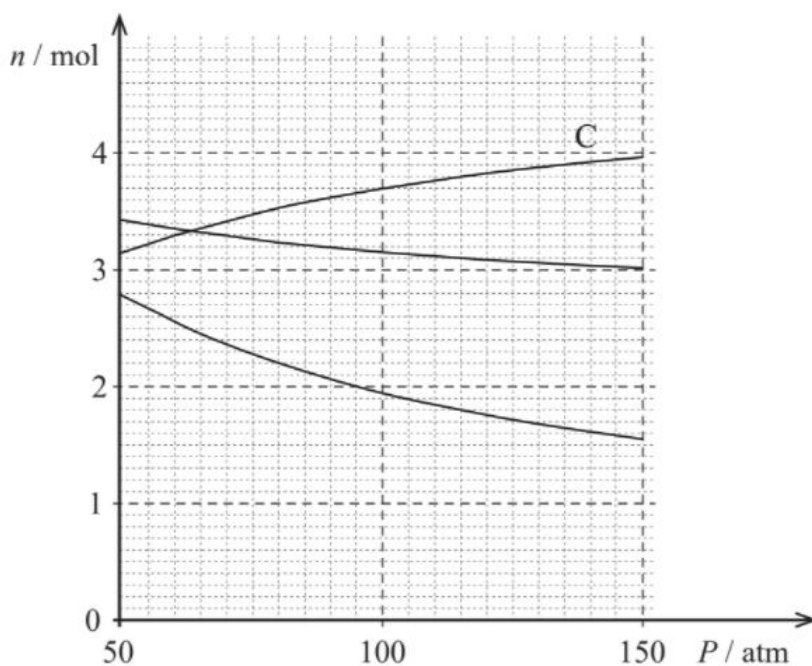


Figura 7

- 2.1. Aumentando o volume do reator, a quantidade de equilíbrio de C (g) _____, o que significa que a reação _____ é favorecida.

- (A) diminui ... direta
- (B) aumenta ... direta
- (C) diminui ... inversa
- (D) aumenta ... inversa

- 2.2. Admita que, a 327 °C e à pressão de 100 atm, o volume molar dos gases A, B e C é $0,49 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Determine a constante de equilíbrio, K_c , da reação considerada, a 327 °C.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

GRUPO I

Considere a hexametilenediamina (substância A) e o ácido adípico (substância B).

A Figura 1 representa um modelo tridimensional da molécula da substância A, na qual todas as ligações são covalentes simples.

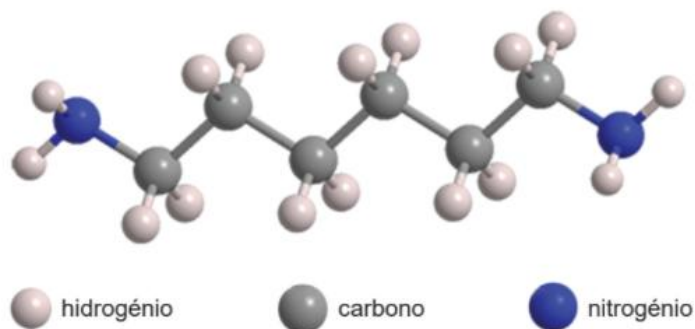


Figura 1

2. As soluções aquosas da substância A são básicas.

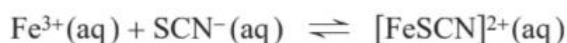
Numa solução aquosa da substância A, a uma qualquer temperatura T , a concentração de $\text{OH}^-(\text{aq})$ será

- (A) superior à de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, sendo o pH da solução sempre maior do que 7.
- (B) superior à de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, podendo o pH da solução ser maior, menor ou igual a 7.
- (C) inferior à de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, podendo o pH da solução ser maior, menor ou igual a 7.
- (D) inferior à de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, sendo o pH da solução sempre maior do que 7.

GRUPO II

1. As soluções aquosas que contêm o ião $[\text{FeSCN}]^{2+}$ têm uma cor vermelha característica.

Misturando uma solução contendo iões $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ com uma solução contendo iões tiocianato, $\text{SCN}^-(\text{aq})$, obtém-se uma solução de cor vermelha, uma vez que ocorre a reação traduzida por



1.1. Adicionaram-se $12,5 \text{ cm}^3$ de uma solução de $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$, de concentração $4,0 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$, a $10,0 \text{ cm}^3$ de uma solução de $\text{SCN}^-(\text{aq})$, de concentração $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$.

Verificou-se que a concentração de equilíbrio do ião $[\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$ na solução resultante daquela adição era $4,6 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$, à temperatura T .

Admita que o volume da solução resultante é a soma dos volumes adicionados.

Determine a constante de equilíbrio, K_c , da reação considerada, à temperatura T .

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

- 1.2. Arrefecendo uma solução contendo iões $[\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$, observa-se que a cor vermelha da solução vai ficando menos intensa.

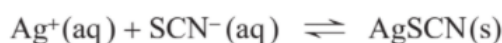
Conclua se a variação de entalpia associada à reação de formação do ião $[\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$ considerada é positiva ou negativa.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

- 1.3. A reação acima considerada não envolve transferência de eletrões.

Qual é o número de oxidação do ferro no ião $[\text{FeSCN}]^{2+}$?

2. Adicionando uma solução de $\text{Ag}^+(\text{aq})$ a uma solução de $\text{SCN}^-(\text{aq})$, precipita tiocianato de prata, $\text{AgSCN}(\text{s})$, um sal muito pouco solúvel cujo produto de solubilidade é $1,0 \times 10^{-12}$, a 25°C . Esta reação pode ser traduzida por



- 2.1. Se, na solução que fica em equilíbrio com o precipitado, a 25°C , a concentração de ião $\text{Ag}^+(\text{aq})$ for $4,64 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$, a concentração de ião $\text{SCN}^-(\text{aq})$ será

- (A) $4,6 \times 10^{-16} \text{ mol dm}^{-3}$
 (B) $1,0 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$
 (C) $2,2 \times 10^{-9} \text{ mol dm}^{-3}$
 (D) $4,6 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$

- 2.2. Verificou-se que, adicionando $4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de ião $\text{Ag}^+(\text{aq})$ a $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ de ião $\text{SCN}^-(\text{aq})$, se obteve $0,66 \text{ g}$ de AgSCN ($M = 165,95 \text{ g mol}^{-1}$) sólido.

Qual terá sido o rendimento do processo?

Mostre como chegou ao valor solicitado.

Exame Nacional de 2019 - 1.ª fase

GRUPO III

Considere a reação traduzida por



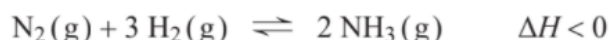
1. Na reação anterior, moléculas de água cedem

- (A) protões a iões $\text{OH}^-(\text{aq})$.
 (B) protões a moléculas de água.
 (C) eletrões a iões $\text{OH}^-(\text{aq})$.
 (D) eletrões a moléculas de água.

2. O produto iónico da água é $3,80 \times 10^{-14}$, a uma temperatura T .
Se, à temperatura T , o pH de uma água engarrafada for 6,90, essa água
- (A) será neutra, uma vez que as concentrações de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ e de $\text{OH}^-(\text{aq})$ serão iguais.
(B) não será neutra, uma vez que o seu pH será diferente de 7.
(C) não será neutra, uma vez que a concentração de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ será inferior à de $\text{OH}^-(\text{aq})$.
(D) será neutra, uma vez que o seu pH será próximo de 7.
3. Dissolvendo em água, a temperatura constante, uma certa quantidade de uma base, a concentração de $\text{OH}^-(\text{aq})$
- (A) diminui, e o produto iónico da água mantém-se constante.
(B) aumenta, e o produto iónico da água não se mantém constante.
(C) diminui, e o produto iónico da água não se mantém constante.
(D) aumenta, e o produto iónico da água mantém-se constante.

GRUPO IV

A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por



1. Nesta reação, a variação do número de oxidação do elemento que se reduz é
- (A) +3 (B) +1 (C) -3 (D) -1
2. Que volume de $\text{H}_2(\text{g})$ terá de reagir, no mínimo, para se obter $35,0 \text{ dm}^3$ de $\text{NH}_3(\text{g})$, em condições de pressão e de temperatura constantes?
- (A) $52,5 \text{ dm}^3$ (B) $35,0 \text{ dm}^3$ (C) $23,3 \text{ dm}^3$ (D) 105 dm^3

3. Considere um sistema fechado onde se encontram, em equilíbrio, as espécies envolvidas na reação considerada.

Na Figura 2, apresentam-se os esboços dos gráficos da quantidade de equilíbrio, n , de uma daquelas espécies, em função da pressão, P , para duas temperaturas, T_A e T_B .

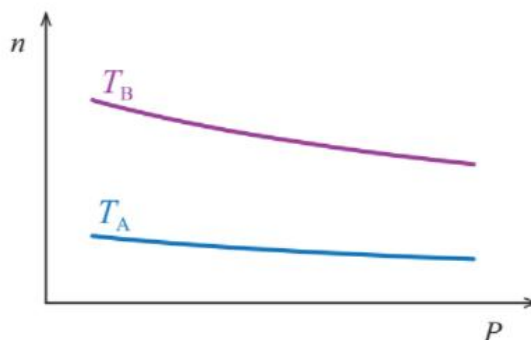


Figura 2

Conclua qual das temperaturas, T_A ou T_B , é menor, começando por verificar se a espécie a que o gráfico se refere é um reagente ou um produto da reação.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

4. Num reator com a capacidade de 0,50 L, foram introduzidas 6,00 mol de NH_3 (g). Quando o sistema químico atingiu o estado de equilíbrio, à temperatura T , verificou-se que existia no reator 86,6% da quantidade inicial daquele gás.

Calcule a constante de equilíbrio, K_c , da reação de decomposição do amoníaco, à temperatura T .

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2018 - Época especial

GRUPO IV

2. As primeiras experiências que conduziram à obtenção do fósforo, sob a forma de P_4 (s), foram realizadas a partir da urina humana.

Duas das reações que ocorrem podem ser traduzidas por



- 2.1. Considere que se utilizou $1,1 \times 10^2 \text{ dm}^3$ de urina na qual a concentração em massa de $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ ($M = 137,02 \text{ g mol}^{-1}$) era $1,6 \text{ g dm}^{-3}$, tendo-se obtido 4,5 g de P_4 (s) ($M = 123,90 \text{ g mol}^{-1}$).

Determine o rendimento global do processo de síntese do P_4 (s).

Apresente todas as etapas de resolução.

2.2. Na reação (II), o carbono é _____, sendo a variação do seu número de oxidação _____.

- (A) oxidado ... +2 (B) oxidado ... -2
(C) reduzido ... +2 (D) reduzido ... -2

3. O ácido fosfórico, $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, é um ácido que se ioniza em água em três etapas sucessivas, traduzidas por



3.1. Qual das expressões seguintes traduz a constante de acidez da espécie $\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq})$?

(A) $K_a = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$

(B) $K_a = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$

(C) $K_a = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$

(D) $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$

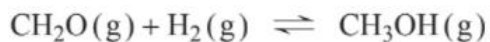
3.2. Na tabela seguinte, estão registadas as constantes de acidez, K_a , a 25 °C, das espécies $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, $\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq})$ e $\text{HPO}_4^{2-}(\text{aq})$.

Espécie	K_a (a 25 °C)
$\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$	$7,5 \times 10^{-3}$
$\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq})$	$6,2 \times 10^{-8}$
$\text{HPO}_4^{2-}(\text{aq})$	$4,2 \times 10^{-13}$

Qual é a fórmula química da base conjugada da espécie ácida mais fraca?

GRUPO V

A reação entre o metanal, $\text{CH}_2\text{O}(\text{g})$, e o hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$, para formar metanol, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$, pode ser traduzida por



Num recipiente fechado, introduziram-se inicialmente 3,94 mol de metanal e 3,94 mol de hidrogénio. Ao fim de um determinado intervalo de tempo, o sistema atingiu um estado de equilíbrio, existindo, no total, 4,72 mol de moléculas no recipiente.

1. No intervalo de tempo considerado, o número total de átomos no recipiente _____, tendo a quantidade de metanal diminuído _____.

(A) manteve-se constante ... 0,78 mol
(B) manteve-se constante ... 3,16 mol
(C) não se manteve constante ... 3,16 mol
(D) não se manteve constante ... 0,78 mol

2. Conclua como varia a quantidade de metanol, CH_3OH , se, a temperatura constante, ocorrer um aumento do volume do sistema em equilíbrio.

Apresente, num texto estruturado e utilizando linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

GRUPO VI

- 3.2.** Colocaram-se algumas gotas de uma solução aquosa de nitrato de cobre(II) de cor azul em cada uma de três cavidades de uma placa de microanálise. Em seguida, em cada uma das cavidades, colocou-se um pequeno pedaço de um metal – chumbo (Pb), zinco (Zn) e prata (Ag) – imerso na solução de nitrato de cobre(II).

Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

Catão metálico \ Metal	Pb	Zn	Ag
Cu^{2+}	Formou-se um depósito avermelhado sobre o metal. A cor azul da solução ficou menos intensa.	Formou-se um depósito avermelhado sobre o metal. A cor azul da solução ficou menos intensa.	Não se observou qualquer alteração.

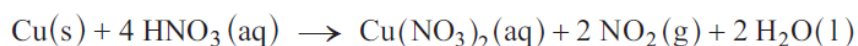
Estes resultados permitem concluir que

- (A) o poder redutor do zinco (Zn) é maior do que o poder redutor do chumbo (Pb).
 (B) o poder redutor da prata (Ag) é maior do que o poder redutor do cobre (Cu).
 (C) o poder oxidante do ião $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ é maior do que o poder oxidante do ião $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$.
 (D) o poder oxidante do ião $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ é maior do que o poder oxidante do ião $\text{Ag}^{+}(\text{aq})$.

Exame Nacional de 2018 - 2.ª fase**GRUPO V**

O ácido nítrico é um ácido forte, segundo a teoria de Brönsted-Lowry.

- 1.** O cobre metálico reage com soluções concentradas de ácido nítrico, podendo a reação que ocorre ser traduzida por



- 1.1.** Na reação considerada, o número de oxidação do nitrogénio varia

- (A) de +5 para +4, atuando o ião nitrato como oxidante.
 (B) de +1 para +2, atuando o ião nitrato como oxidante.
 (C) de +5 para +4, atuando o ião nitrato como redutor.
 (D) de +1 para +2, atuando o ião nitrato como redutor.

- 1.2. Que massa de cobre é necessária para reagir completamente com 500 cm^3 de uma solução de ácido nítrico de concentração $14,0 \text{ mol dm}^{-3}$?
- (A) 445 g (B) 222 g (C) 111 g (D) 890 g
2. Considere uma solução de ácido nítrico cuja concentração é $3,94 \text{ mol dm}^{-3}$, contendo 22,0 %, em massa, de HNO_3 ($M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$).
- 2.2. A partir daquela solução, preparou-se uma solução mais diluída, de concentração $7,88 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$.
- 2.2.2. Qual é a concentração do ião $\text{OH}^-(\text{aq})$ nessa solução, a 25°C ?
- Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

GRUPO VI

1. O ácido fluorídrico, $\text{HF}(\text{aq})$, é um ácido fraco cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por



Considere uma solução de ácido fluorídrico, de concentração $0,080 \text{ mol dm}^{-3}$.

A 25°C , o pH dessa solução é 2,14.

- 1.1. Determine a constante de acidez do ácido fluorídrico, a 25°C .

Apresente todas as etapas de resolução.

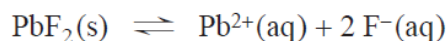
- 1.2. Conclua como variará a quantidade de ácido ionizado em solução se, à solução de ácido fluorídrico, a temperatura constante, forem adicionadas algumas gotas de uma solução concentrada de uma base forte.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

- 1.3. Escreva a equação química que traduz a reação da base conjugada do ácido fluorídrico com a água.

2. O fluoreto de chumbo, PbF_2 , é um sal cujo produto de solubilidade é $4,1 \times 10^{-8}$, a 25°C .

O equilíbrio que se estabelece entre o sal sólido e os iões resultantes da dissolução do sal em água pode ser traduzido por



Qual é a solubilidade deste sal em água, a 25°C ?

- (A) $5,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$
 (B) $2,2 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$
 (C) $3,4 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$
 (D) $2,0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$

Exame Nacional de 2018 - 1.ª fase

GRUPO V

A formação de $\text{SO}_3(\text{g})$, um dos reagentes utilizados na última etapa da preparação industrial do ácido sulfúrico, pode ser traduzida por



1. Na Figura 6, apresenta-se parte de um gráfico das concentrações, c , das três espécies envolvidas na reação considerada, a volume constante, em função do tempo, t .

O sistema, inicialmente em equilíbrio, sofre uma perturbação no instante t_1 , atingindo um novo estado de equilíbrio no instante t_2 .

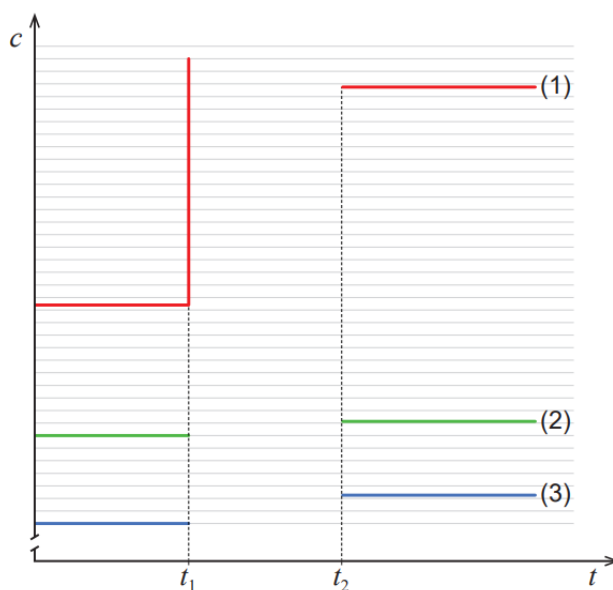


Figura 6

1.1. O gráfico permite concluir que, no instante t_1 ,

- (A) se removeu uma certa quantidade de um dos componentes do sistema.
- (B) se introduziu uma certa quantidade de um dos componentes do sistema.
- (C) se provocou um aumento da temperatura do sistema.
- (D) se provocou uma diminuição da pressão do sistema.

1.2. O gráfico permite concluir que a curva _____ corresponde ao $\text{SO}_2(\text{g})$ e que, no intervalo de tempo $[t_1, t_2]$, é favorecida a reação _____.

- (A) (2) ... direta
- (B) (2) ... inversa
- (C) (3) ... direta
- (D) (3) ... inversa

2. Uma mistura de $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{O}_2(\text{g})$ e $\text{SO}_3(\text{g})$, em equilíbrio, está contida num recipiente fechado de volume variável, a uma temperatura T .

2.1. Introduziram-se inicialmente nesse recipiente 160,15 g de $\text{SO}_2(\text{g})$ ($M = 64,06 \text{ g mol}^{-1}$) e uma certa massa de $\text{O}_2(\text{g})$. Verificou-se que, mantendo o volume do recipiente igual a $2,00 \text{ dm}^3$, a concentração de $\text{SO}_3(\text{g})$, na mistura em equilíbrio, era $0,909 \text{ mol dm}^{-3}$.

Determine a percentagem de $\text{SO}_2(\text{g})$ que não se converteu em $\text{SO}_3(\text{g})$.

Apresente todas as etapas de resolução.

2.2. Para alterar a percentagem de conversão de $\text{SO}_2(\text{g})$ em $\text{SO}_3(\text{g})$, pode-se variar a temperatura do sistema, a pressão constante, ou variar o volume do recipiente, a temperatura constante.

Para aumentar a percentagem de conversão de $\text{SO}_2(\text{g})$ em $\text{SO}_3(\text{g})$, dever-se-á, naquelas condições, _____ a temperatura do sistema ou _____ o volume do recipiente.

- (A) aumentar ... aumentar
- (B) aumentar ... diminuir
- (C) diminuir ... aumentar
- (D) diminuir ... diminuir

GRUPO VI

O ácido clorídrico, $\text{HCl}(\text{aq})$, é um ácido forte e o ácido acético, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, é um ácido fraco.

1. Considere duas soluções, uma de ácido clorídrico e outra de ácido acético, com o mesmo pH, a 25 °C.

Pode-se concluir que

- (A) as duas soluções têm a mesma concentração.
- (B) a concentração da solução de ácido clorídrico é inferior à concentração da solução de ácido acético.
- (C) a concentração da solução de ácido clorídrico é superior à concentração da solução de ácido acético.
- (D) as duas soluções têm a mesma quantidade de ácido dissolvido.

2. Uma solução I de $\text{HCl}(\text{aq})$ tem uma concentração que é o dobro da concentração de uma solução II, do mesmo ácido.

Uma amostra da solução I e uma amostra da solução II, de igual volume, foram tituladas com $\text{NaOH}(\text{aq})$, de concentrações, respetivamente, c_B e $4c_B$.

Considere que V_{BI} e V_{BII} são os volumes de titulante gastos, respetivamente, até ao ponto de equivalência da titulação da amostra da solução I e até ao ponto de equivalência da titulação da amostra da solução II.

Qual é a relação entre V_{BI} e V_{BII} ?

- (A) $V_{\text{BI}} = \frac{V_{\text{BII}}}{2}$
- (B) $V_{\text{BI}} = \frac{V_{\text{BII}}}{8}$
- (C) $V_{\text{BI}} = 8 V_{\text{BII}}$
- (D) $V_{\text{BI}} = 2 V_{\text{BII}}$

5. O acetato de prata é um sal que pode ser sintetizado através da reação de ácido acético puro com uma solução aquosa de nitrato de prata.

Na tabela seguinte, estão registados os valores da solubilidade do acetato de prata, em gramas de sal por 100 g de água, a diferentes temperaturas.

Temperatura / °C	Solubilidade / g por 100 g de água
0	0,73
10	0,89
20	1,05
30	1,23
40	1,43

Dissolveram-se 12,0 g de acetato de prata em 1,0 kg de água, a 40 °C. Esta solução foi depois aquecida até se evaporar metade do solvente (admita que o acetato de prata não é volátil) e, em seguida, a solução foi arrefecida até à temperatura de 20 °C.

Calcule a massa de sal que terá precipitado.

Apresente todas as etapas de resolução.