



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA



Olimpíadas de Química⁺ 2021

ONLINE/ESCOLA

Dados:

Ar (H) = 1,01; Ar (C) = 12,01; Ar (O) = 16,00; Ar (N) = 14,01

V_m (Volume molar de um gás nas condições PTN) = $22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

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

$E = h\nu$; $c = \lambda\nu$

h (Constante de Planck) = $6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

c (Velocidade da luz no vácuo) = $3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Os níveis de energia no átomo de hidrogénio são calculados por: $E_n = \frac{-2,18 \times 10^{-18}}{n^2} \text{ (J)}$

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$; $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ com $[\text{H}^+]$ e $[\text{OH}^-]$ em $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

$\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$



Questão 1

No último ano fomos habituados a usar frequentemente soluções antissépticas de base alcoólica (SABA) como forma de desinfecção da pele e de superfícies. Uma formulação possível para a preparação de 1 dm³ de uma solução SABA consiste na seguinte mistura homogénea e respetivas proporções:

833,3 cm³ de solução de etanol, C₂H₅OH (96% em volume)

41,7 cm³ de solução de peróxido de hidrogénio, H₂O₂ (3% em massa)

14,5 cm³ de glicerina

Água destilada até perfazer 1000 cm³

A Mafalda tendo sentido curiosidade sobre a aparente simplicidade da preparação de uma solução SABA decidiu aprofundar as informações sobre as substâncias envolvidas e surgiram-lhe as seguintes questões.

1.1 Sabendo que o etanol puro possui massa volúmica de 0,79 g.cm⁻³, qual é a massa de etanol contida em 1 dm³ de solução SABA?

- ☐ 658 g
- ☐ 686 g
- ☒ 632 g
- ☐ 1013 g

1.2 O valor da concentração de etanol na solução SABA (em mol.dm⁻³) será:

- ☒ 13,7 mol.dm⁻³
- ☐ 21,8 mol.dm⁻³
- ☐ 14,3 mol.dm⁻³
- ☐ 22,7 mol.dm⁻³

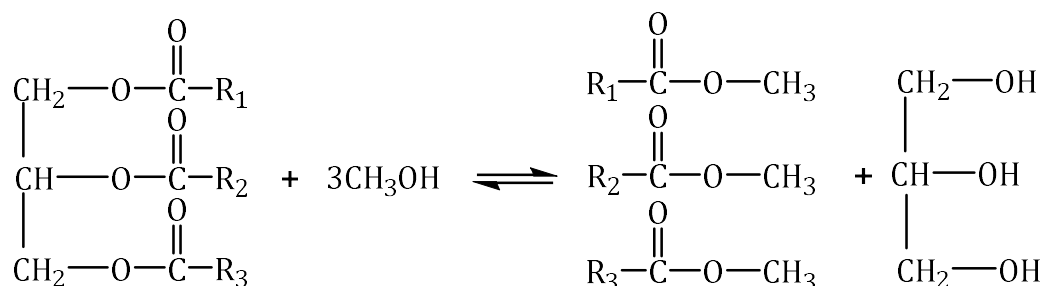
1.3 Qual das seguintes equações químicas traduz a reação de decomposição do peróxido de hidrogénio?

- ☐ $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$
- ☐ $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{OH} + \text{O}_2$
- ☐ $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- ☒ $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

1.4 Que tipo de reação caracteriza a decomposição do peróxido de hidrogénio?

- ☐ Ácido-base
- ☐ Precipitação
- ☒ Oxidação-redução
- ☐ Combustão

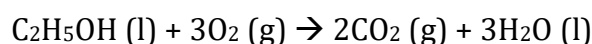
1.5 O glicerol (um tri-álcool) é a principal substância presente na glicerina. Pode ser produzido, por exemplo, a partir da reação de transesterificação de triglicerídeos com metanol, de acordo com a seguinte equação química:



Qual é a massa de metanol que reage para produzir 18,3 g de glicerol?

- ☒ 19,1 g
☐ 158 g
☐ 6,37 g
☐ $1,86 \times 10^{-2}$ g

1.6 A reação de combustão do etanol é traduzida pela seguinte equação química:



Sabendo que por cada mol de etanol que reage libertam-se 1360 kJ de energia, qual é a quantidade de energia libertada na combustão de 316 g de etanol?

- ☐ 8,4 MJ
☒ 9,3 MJ
☐ 5,2 MJ
☐ 7,8 MJ

1.7 Considerando ainda a reação de combustão do etanol, apresentada na alínea 1.6, qual é o volume de CO_2 libertado, em condições PTN, por kg de etanol consumido?

- ☐ 940 dm³
☐ 967 dm³
☒ 972 dm³
☐ 985 dm³

Questão 2

No decorrer das suas pesquisas acerca da estrutura da matéria, radiação e energia, o João encontrou uma lista de 15 afirmações que não o convenceram totalmente. A lista é reproduzida de seguida, e como é relativamente extensa, o João organizou-a em 5 blocos (A, B, C, D e E), contendo cada bloco 3 afirmações:

A	1	O modelo atômico de Bohr estipula que os eletrões descrevem órbitas fixas em torno do núcleo.
	2	O espectro de emissão do hidrogénio é um espectro contínuo.
	3	A energia (E) de um fotão relaciona-se com a sua frequência (ν) através de $E=h\nu$, em que h corresponde à constante de Planck.
B	4	No átomo de hidrogénio, a série de Balmer corresponde a todas as transições eletrónicas de desexcitação para o segundo nível de energia ($n=2$).
	5	As orbitais atômicas são caracterizadas e distinguidas pela definição de números quânticos.
	6	No átomo de hidrogénio, o número quântico principal (n) está associado a um determinado nível de energia fixa.
C	7	O modelo atômico de Rutherford define que os eletrões de carga positiva orbitam um núcleo de carga negativa, onde a quase totalidade da massa do átomo se encontra concentrada.
	8	Num átomo de hidrogénio, o valor de energia que o eletrão assume no segundo estado excitado é de $-5,45 \times 10^{-19}$ J.
	9	A série espectral de Lyman encontra-se na zona do visível.
D	10	O modelo atômico de Thomson foi proposto após a descoberta do eletrão.
	11	Os raios gama são uma forma de radiação menos energética do que a radiação visível.
	12	A energia total transportada por segundo num laser de luz monocromática de frequência $6,67 \times 10^{14}$ Hz, com um ritmo de $1,15 \times 10^{20}$ fotões por segundo, é de 5,08 J.
E	13	O eletrão do hidrogénio no estado fundamental absorve um fotão de energia $1,9378 \times 10^{-18}$ J transitando para o nível energético $n=3$.
	14	Por convenção, uma orbital é representada de modo a englobar todo o espaço onde a probabilidade de encontrar um eletrão que a ocupe seja de cerca de 90%.
	15	Pela aplicação do Princípio de Aufbau para distribuição de eletrões de um átomo polieletrónico, a orbital 4s só é ocupada por eletrões após as orbitais 3d se encontrarem totalmente preenchidas.

Considerando a lista de afirmações, ajude o João a responder às questões seguintes.
2.1 Qual é o bloco onde todas as afirmações são verdadeiras?

- ☐ Bloco A
- ☒ Bloco B
- ☐ Bloco C
- ☐ Nenhum

2.2 Qual é o bloco onde todas as afirmações são falsas?

- ☐ Bloco E
- ☐ Bloco B
- ☒ Bloco C
- ☐ Nenhum

2.3 Qual é o bloco com 2 afirmações falsas e 1 afirmação verdadeira?

- ☒ Bloco D
- ☐ Bloco B
- ☐ Bloco C
- ☐ Nenhum

2.4 O fóton associado ao laser referido na afirmação 12 apresenta um comprimento de onda de:

- ☐ $4,498 \times 10^{-10}$ m
- ☐ 4,498 nm
- ☒ $4,498 \times 10^{-10}$ km
- ☐ 4498 nm

2.5 A afirmação 2...

- ☒ É falsa porque os espectros de emissão e de absorção do hidrogénio são descontínuos.
- ☐ É falsa porque só o espectro de absorção do hidrogénio é que é contínuo.
- ☐ É verdadeira porque só o espectro de absorção do hidrogénio é que é descontínuo.
- ☐ É verdadeira porque os espectros de emissão e de absorção do hidrogénio são contínuos.

2.6 Num átomo de hidrogénio, um eletrão no segundo estado excitado absorve a energia de um fóton de comprimento de onda 434,2 nm. Qual das afirmações seguintes é verdadeira?

- ☐ O eletrão é excitado para o nível de energia $n=5$.
- ☐ O eletrão é desexcitado para o nível fundamental de energia.
- ☒ O eletrão é ejetado do átomo através do efeito fotoelétrico com uma energia cinética de $2,1559 \times 10^{-19}$ J.
- ☐ O eletrão no referido estado excitado não pode absorver aquele valor de energia.

2.7 A afirmação 15...

- ☐ É verdadeira.
- ☐ É falsa porque o princípio de Aufbau não é usado para determinar as configurações eletrónicas dos átomos.
- ☒ É falsa porque a distribuição referida contraria o princípio de Aufbau.
- ☐ É falsa porque as orbitais 3s e 4d pertencem a camadas diferentes da distribuição eletrónica.

Questão 3

A Tabela Periódica permite-nos organizar informação crucial sobre os elementos químicos, o que é determinante para conhecer as suas propriedades. Por sua vez, quando estudamos moléculas e materiais, vemos que as suas propriedades dependem do tipo de átomos, ligações químicas e geometria molecular.

Para as questões seguintes, escolha as respostas mais adequadas sobre estes temas fundamentais na área da Química.

3.1 Os elementos químicos estão ordenados na Tabela Periódica:

- ☐ Por ordem cronológica da sua descoberta.
- ☒ Por ordem crescente de número atómico.
- ☐ Por ordem crescente de tamanho dos átomos.
- ☐ Por ordem crescente de massa atómica relativa.

3.2 As seguintes afirmações referem-se à constituição do átomo. Indique a **verdadeira**:

- ☐ O número de neutrões de um núcleo é característico dos átomos de um mesmo elemento.
- ☒ O átomo apresenta predominantemente espaços vazios.
- ☐ A carga nuclear dos átomos de um elemento corresponde à diferença entre o número de massa e o número atómico.
- ☐ Num átomo o número de neutrões é sempre igual ao número de protões.

3.3 Três elementos químicos, designados como A, B e C, apresentam números atómicos consecutivos. Sabendo que os números de massa de A e B são, respetivamente 19 e 20, e que C possui carga nuclear +11 e 12 neutrões, indique qual a afirmação **falsa**:

- ☐ O elemento A tem 9 protões.
- ☒ O elemento C tem tendência a formar iões C^- .
- ☐ Os elementos A e B possuem ambos 10 neutrões.
- ☐ O elemento B pertence à família dos Gases nobres.

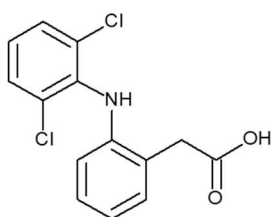
3.4 Considere a organização dos elementos químicos na Tabela Periódica. Indique a afirmação **falsa**:

- ☐ A seguinte configuração eletrónica $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ representa um elemento que pertence ao grupo 13, 3º período e bloco p.
- ☒ O sódio e o flúor pertencem ao grupo 1 e 17, respetivamente, apresentando os seus iões (Na^+ e F^-) a mesma configuração eletrónica no estado fundamental. Assim, é expectável que o ião Na^+ apresente maior raio iónico do que o ião F^- .
- ☐ A seguinte configuração eletrónica $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2$ representa um elemento que pertence ao grupo 1, 3º período e bloco s.
- ☐ Em geral, a primeira energia de ionização aumenta da esquerda para a direita ao longo do mesmo período.

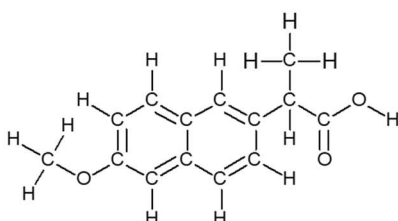
3.5 Considere as seguintes estruturas de três compostos usados como anti-inflamatórios. Indique qual é a afirmação **verdadeira**:

- ☐ Todos os compostos apresentam pelo menos um grupo carboxilo.
- ☐ Todos os compostos apresentam pelo menos um grupo hidroxilo.
- ☐ Na estrutura do diclofenac estão presentes os grupos característicos de aminas e ácidos carboxílicos. E na estrutura do naproxeno os grupos de cetonas e álcoois.
- ☒ Na estrutura do diclofenac estão presentes os grupos característicos de aminas e ácido carboxílicos. E na estrutura da prednisolona os grupos de cetonas e álcoois.

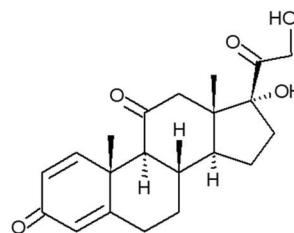
Diclofenac



Naproxeno

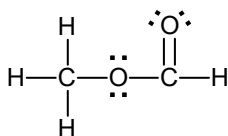


Prednisolona

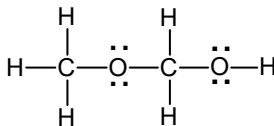


3.6 Qual das seguintes representações corresponde à estrutura de Lewis do ácido acético ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$)?

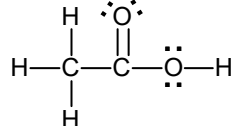
A



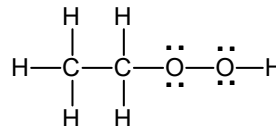
B



C



D

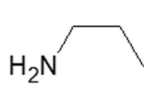


- ☐ Estrutura A
- ☐ Estrutura B
- ☒ Estrutura C
- ☐ Estrutura D

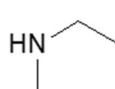
3.7 Considere as aminas A, B e C, com fórmula molecular $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$, apresentadas na figura seguinte. Uma dessas aminas apresenta uma temperatura de ebulição bastante inferior às restantes. Indique qual, considerando as ligações intermoleculares que se poderão estabelecer em cada uma das substâncias.



A



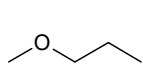
B



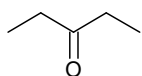
C

- ☒ Amina A
- ☐ Amina B
- ☐ Amina C
- ☐ Todas as aminas são capazes de estabelecer ligações de hidrogénio e, por essa razão, apresentam igual temperatura de ebulição.

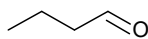
3.8 Quais dos seguintes compostos são capazes de formar ligações de hidrogénio com a água, mas não são capazes de estabelecer ligações de hidrogénio entre as suas próprias moléculas?



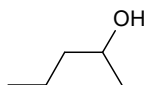
A



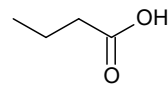
B



C



D



E

☒ Compostos A, B e C

☐ Compostos B, C e E

☐ Compostos D e E

☐ Compostos A e D

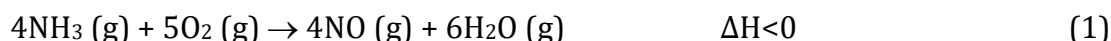
Questão 4

O ácido nítrico (HNO_3), também designado por “água forte”, é um dos ácidos inorgânicos mais importantes para a humanidade. Extremamente corrosivo, é um líquido viscoso e incolor, embora com o decorrer do tempo possa adquirir uma cor amarelada devido à decomposição em óxidos de nitrogénio (NO_x) e água. Anualmente produzem-se, a nível mundial, milhões de toneladas de ácido nítrico para diversas aplicações industriais, entre as quais produção de fertilizantes, explosivos, fibras sintéticas e corantes. O ácido nítrico é também usado frequentemente como agente oxidante.

Atualmente, a produção industrial do ácido nítrico é feita através de uma via designada por “Processo de Ostwald”. A química deste processo foi inicialmente demonstrada pelo francês Kuhlmann, tendo o processo industrial sido desenvolvido posteriormente pelo germânico Ostwald, por volta de 1900. O “Processo de Ostwald” envolve três fases:

Fase 1 – Oxidação do amoníaco

Nesta fase ocorre a oxidação catalítica do amoníaco (NH_3) usando o oxigénio do ar como oxidante (equação 1). O catalisador utilizado é constituído por platina-ródio (Pt-Rh) numa proporção mássica de 90:10. A reação ocorre a temperatura e pressão elevadas.



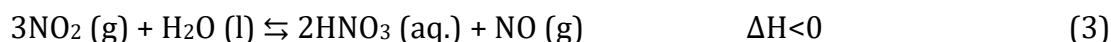
Fase 2 – Oxidação do óxido nítrico

O óxido nítrico (NO) produzido na reação de oxidação do amoníaco é arrefecido até cerca de 20°C - 30°C e posteriormente oxidado para obtenção de dióxido de nitrogénio (NO_2) (equação 2).



Fase 3 – Absorção do dióxido de nitrogénio pela água

Nesta fase o dióxido de nitrogénio é absorvido pela água para produzir o ácido nítrico (equação 3). Para maximizar a produção de ácido nítrico a temperatura na torre de absorção é mantida relativamente baixa (50°C) e a pressão elevada (9-10 atm).



4.1 A reação de oxidação do óxido nítrico (equação 2) é um equilíbrio químico. Selecione a única alternativa **correta** relativamente a um equilíbrio químico:

- ☐ A velocidade da reação direta é superior à velocidade da reação inversa.
- ☐ O equilíbrio químico é atingido a partir do momento em que deixa de ocorrer conversão de reagentes em produtos.
- ☐ O equilíbrio químico diz-se ser um equilíbrio dinâmico pelo facto de as reações direta e inversa continuarem a ocorrer, a nível microscópico, a igual velocidade.
- ☐ A partir do momento em que se atinge o equilíbrio químico, as concentrações de todos os componentes da mistura reacional igualam-se.

4.2 A expressão que permite calcular o valor da constante de equilíbrio, K_c , para a reação de oxidação do óxido nítrico (equação 2) é:

☐ $K_c = \frac{[NO_2]_e^2}{[NO]_e^2 \times [O_2]_e}$

☐ $K_c = \frac{[NO_2]_e^2}{[NO]_e^2 + [O_2]_e}$

☐ $K_c = \frac{[NO]_e^2 \times [O_2]_e}{[NO_2]_e^2}$

☐ $K_c = \frac{[NO_2]_e}{[NO]_e \times [O_2]_e}$

4.3 Imagine que o(a) engenheiro(a) químico(a) responsável por uma unidade de produção de ácido nítrico pedia a sua opinião no sentido de aumentar o rendimento. Considerando apenas a Fase 3, absorção do dióxido de nitrogénio pela água (equação 3), e recorrendo ao princípio de Le Châtelier, qual seria a sua sugestão?

☐ Aumentar a temperatura à qual ocorre a reação.

☐ Introduzir NO no sistema reacional.

☒ Aumentar o valor da pressão do sistema.

☐ Aumentar o volume do reator.

4.4 O amoníaco utilizado na reação 1 pode ser produzido pelo método de Haber-Bosch de acordo com a seguinte equação:



Em laboratório procedeu-se, a uma temperatura T, à síntese de amoníaco, num reator com a capacidade de 1,00 dm³, tendo-se colocado inicialmente dentro do reator 0,200 mol de nitrogénio e 0,500 mol de hidrogénio. Quando o sistema atingiu o equilíbrio químico verificou-se que a fração molar do N₂ era 0,245. Relativamente à informação disponível, selecione a única afirmação **verdadeira**:

☐ A constante de equilíbrio, à temperatura T, é 0,420

☐ Até se atingir o equilíbrio químico reagem 0,200 mol de nitrogénio

☒ A fração molar do amoníaco no estado de equilíbrio é 0,190

☐ No equilíbrio existem 0,400 mol de amoníaco

4.5 Num determinado processo de Ostwald produziu-se ácido nítrico a 60% (aproximadamente 13,01 mol.dm⁻³). Num Laboratório de Química utilizou-se esta solução de ácido nítrico para preparar 500,00 cm³ de outra solução 25 vezes mais diluída. Selecione a única alternativa **correta**:

☐ A concentração da solução diluída é 2,5 mol.dm⁻³.

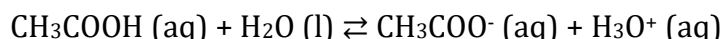
☒ Na solução diluída existem $1,566 \times 10^{23}$ iões nitrato.

☐ Na solução diluída existem 0,5204 mol de HNO₃.

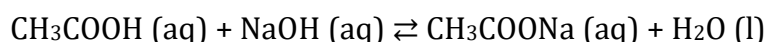
☐ Na solução diluída existem 0,2602 g de soluto.

Questão 5

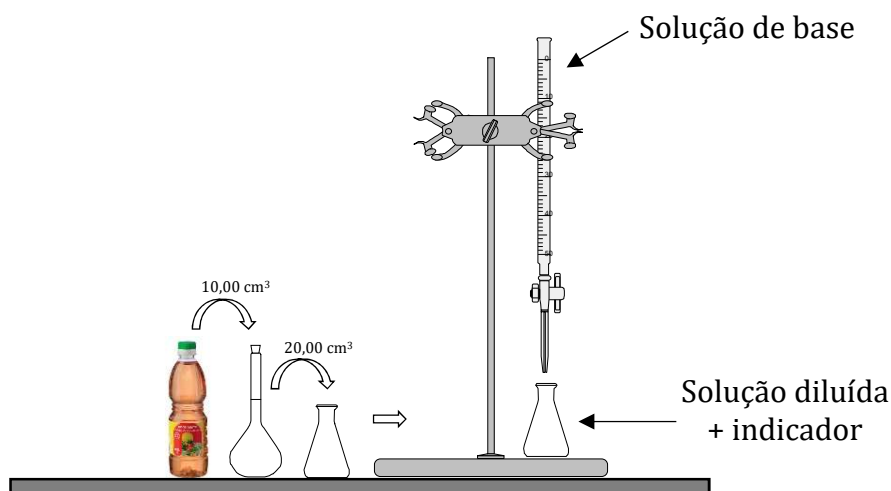
O vinagre comercial contém ácido acético, resultante da oxidação do álcool contido no vinho ou no malte de cereais. Uma vez que é obtido a partir de produtos naturais, é de esperar que o vinagre contenha outras substâncias ácidas; contudo, pode-se admitir que toda a acidez se deve ao ácido acético, que de resto é o mais abundante de todos os ácidos presentes no vinagre. No doseamento deste ácido monoprotónico fraco pode-se utilizar uma base forte, como o hidróxido de sódio e uma solução alcoólica de fenolftaleína como indicador visual. A dissociação em solução aquosa deste ácido fraco, cuja constante de acidez a 25°C é $K_a = 1,86 \times 10^{-5}$, pode ser representada pela seguinte equação:



Na titulação, a sua reação de neutralização com o hidróxido de sódio é traduzida por:



Experimentalmente, considere que se utiliza uma solução de NaOH, previamente preparada, de concentração rigorosamente conhecida e igual a $0,1097 \text{ mol.dm}^{-3}$. A solução de base é colocada numa bureta de $25,00 \text{ cm}^3$ de capacidade. Prepara-se, de seguida, uma solução diluída do vinagre comercial, transferindo rigorosamente $10,00 \text{ cm}^3$ de vinagre para um balão volumétrico de $100,00 \text{ cm}^3$. Depois de completado o volume do balão com água destilada até ao menisco agita-se a solução diluída. De seguida, transfere-se para um matraz de 250 cm^3 o volume de $20,00 \text{ cm}^3$ da solução diluída e adiciona-se ao matraz 3 gotas de solução de fenolftaleína. Finalmente, adiciona-se gota a gota a solução de NaOH contida na bureta ao matraz, sob agitação contínua, até se observar uma mudança de cor da solução de incolor para rosa. Numa atividade laboratorial, verificou-se que um estudante necessita, em média, do volume de $18,50 \text{ cm}^3$ de NaOH até ocorrer mudança de cor.



5.1 Nesta titulação ácido-base a solução de ácido acético e a solução de hidróxido de sódio, respetivamente:

- ☐ Indicador e titulante
- ☒ Titulado e titulante
- ☐ Titulante e indicador
- ☐ Titulante e titulado

5.2 O valor da concentração de ácido acético na solução diluída é:

- ☐ 0,1186 mol.dm⁻³
- ☐ $1,186 \times 10^{-2}$ mol.dm⁻³
- ☐ $10,15 \times 10^{-3}$ mol.dm⁻³
- ☒ 0,1015 mol.dm⁻³

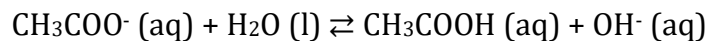
5.3 No caso de não se ter feito a diluição, o volume médio da solução de hidróxido de sódio gasto, seria:

- ☐ 18,50 cm³
- ☐ 1,85 cm³
- ☒ 185,00 cm³
- ☐ $18,50 \times 10^{-3}$ cm³

5.4 A acidez do vinagre comercial, em g de ácido por 100 cm³ de vinagre, é:

- ☐ 2,64
- ☒ 6,09
- ☐ 5,12
- ☐ 4,53

5.5 Após neutralização completa do ácido, a sua base conjugada (ião acetato) sofre hidrólise de acordo com a equação química seguinte:



Admitindo que após a hidrólise do ião acetato, a concentração do ião hidróxido no equilíbrio é $5,32 \times 10^{-6} \text{ mol. dm}^{-3}$, o valor do pH da solução é:

- ☐ 5,27
- ☐ 9,87
- ☐ 7,00
- ☒ 8,73