

**Semifinal**  
**2017-03-11**

**Olimpíadas de**  
**Química+**

**Duração 1h 30min**

**Escola:** \_\_\_\_\_

**Nomes:**

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Questão	1	2	3	4	5	Total
Cotação	20	10	20	20	30	100
Classificação						

**Nota: Apresente todos os cálculos que efetuar**

**Dados:**

$$A_r(\text{C}) = 12,01$$

$$A_r(\text{O}) = 16,00$$

$$A_r(\text{H}) = 1,01$$

$$A_r(\text{Na}) = 22,99$$

$$\rho_{\text{metanol}} = 0,79 \text{ g/mL}$$

$$\rho_{\text{trioleína}} = 0,95 \text{ g/mL}$$

$$\rho_{\text{gasóleo}} = 0,853 \text{ g/mL}$$

$$1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$$

$$\text{Constante de Avogadro } N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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

$$\text{Velocidade da luz no vazio } c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$Z(\text{K}) = 19$$

$$Z(\text{N}) = 7$$

$$Z(\text{O}) = 8$$

## Questão 1: Santuário do Bom Jesus do Monte

O Santuário do Bom Jesus do Monte, em Braga, é um conjunto arquitetónico com uma vista fenomenal sobre a cidade e é composto por um escadório, com mais de 500 degraus em granito através de uma mata frondosa, que sobe até à Basílica do Bom Jesus, integrando ainda um parque densamente arborizado, um lago, um funicular e alguns hotéis.



O funicular – mais conhecido por Elevador do Bom Jesus - foi inaugurado em 1882 e é único na península ibérica e o mais antigo do mundo em atividade. O funicular é movido a água, por contrapeso, sendo uma atração turística que faz as delícias de todos os visitantes.

Duas cabines, ambas com depósitos de água, estão ligadas por um cabo. Quando uma cabine se encontra no topo, o depósito dessa cabine é enchido com água (cujo volume depende do número de passageiros), enquanto o depósito da cabine do fundo é esvaziado. Essa ação torna a cabine superior mais pesada e, quando o maquinista solta os travões, a diferença de pesos faz com que a cabine inferior suba.



**1.1.** O funcionamento do Elevador do Bom Jesus pode ser considerado um exemplo de um processo “verde” pois não faz uso de combustíveis fósseis para o seu funcionamento.

a) Estima-se que o funcionamento do elevador à base de um motor de combustão a gasóleo gastaria cerca de 80 L de combustível para realizar a subida da encosta (muito inclinada) de uma cabine com 40 passageiros. Considerando que a combustão completa deste combustível liberta 36 MJ por cada kg de combustível, qual seria a energia total usada nessa subida?

$$m_{\text{gasóleo}} = 80 \times 0,853 = 68,24 \text{ kg}$$

$$E_{\text{libertada}} = 36 \times 10^6 \times 68,24 = 2,456 \times 10^9 \text{ J}$$

(cotação total: 1,5 pontos)

Mas caso não queira usar o elevador e preferir subir os 500 degraus até à Basílica, o melhor será ganhar energia comendo uma deliciosa Frigideira do Cantinho, um pastel de massa folhada e carne picada, típico de Braga.

Uma frigideira apresenta, em média, a seguinte composição: 42,5 g de hidratos de carbono, 28,0 g de lípidos e 13,0 g de proteína.



b) Sabendo que 1 g de proteína ou de hidratos de carbono fornece 4 kcal e 1 g de lípidos fornece 9 kcal, calcule a quantidade de energia fornecida por uma frigideira em calorias e em joule.

$$E_{\text{total}} = 42,5 \times 4 + 28,0 \times 9 + 13,0 \times 4 = 478 \text{ kcal} = 478 \times 10^3 \text{ cal}$$

$$\text{Em joule} \quad E_{\text{total}} = 478 \times 4,184 = 2000 \text{ kJ} = 2 \times 10^6 \text{ J}$$

(cotação total: 1,5 pontos)

c) Se o gasto médio energético para subir 1 degrau for de 0,6 kcal e para descer 1 degrau for de 0,17 kcal, será que comer uma frigideira fornece energia suficiente para a subida e descida do escadório do Bom Jesus?

$$E_{\text{gasta na subida e descida}} = 500 \times 0,6 + 500 \times 0,17 = 385 \text{ kcal}$$

Sim, uma frigideira fornece mais energia do que a que é gasta na subida e descida do escadório.

(cotação total: 1 ponto)

**1.2.** Recentemente, na sequência da candidatura a Património da Humanidade da UNESCO em 2015, o conjunto arquitetónico do Bom Jesus foi alvo de obras de conservação e restauro devido ao estado de degradação de algumas das estruturas em granito, como consequência do grande volume de visitantes e automóveis que visitam o Santuário e que contribuem para o aumento da poluição atmosférica.

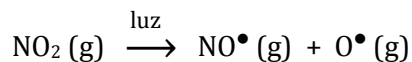
a) Como se designa o fenómeno que causa a degradação das estruturas de granito e a que se deve?

Chuvas ácidas.

Devem-se à libertação de óxidos de nitrogénio e enxofre para a atmosfera pela ação humana (por exemplo, escapes de automóveis) que, por reação com o oxigénio e a água atmosférica, resultam na formação de ácidos tais como ácido nítrico ou sulfúrico, respetivamente.

(cotação total: 1,5 pontos)

- b) Os óxidos de nitrogénio que são libertados para a atmosfera pelos automóveis podem sofrer reações por ação da luz, como por exemplo no caso do dióxido de nitrogénio:



Como se designa este tipo de reação?

Fotodissociação

(cotação total: 1 ponto)

- c) O dióxido de nitrogénio pode sofrer outro tipo de reação fotoquímica na atmosfera. Escreva a equação química que traduz essa reação e diga como se designa este tipo de reação.

Fotoionização



(cotação total: 1,5 pontos)

- d) A variação da entalpia associada com a reação da alínea b) é  $\Delta H = 305 \text{ kJ/mol}$ . Calcule a energia associada com a fotodissociação de uma molécula de dióxido de nitrogénio.

$$E = 305 \times 10^3 / 6,022 \times 10^{23} = 5,065 \times 10^{-19} \text{ J}$$

(cotação total: 1,5 pontos)

- e) Considerando a tabela, o processo da alínea anterior pode ser desencadeado com que tipo de radiação e em que parte da atmosfera pode ocorrer?

<b>Radiação</b>	<b>Intervalo de energia</b>
visível	$2,7 \times 10^{-19} - 5,0 \times 10^{-19} \text{ J}$
UVA	$5,0 \times 10^{-19} - 6,2 \times 10^{-19} \text{ J}$
UVB	$6,2 \times 10^{-19} - 7,1 \times 10^{-19} \text{ J}$
UVC	$7,1 \times 10^{-19} - 2,0 \times 10^{-18} \text{ J}$

Pode ser desencadeado com radiação UVA ao nível da troposfera.

(cotação total: 1,5 pontos)

- f) A reação da alínea c) requer radiação com comprimento de onda inferior a 180 nm. Calcule a energia mínima necessária para que ocorra essa reação para uma mole de moléculas de dióxido de nitrogénio.

$$v = c/\lambda = 3,00 \times 10^8 / 180 \times 10^{-9} = 1,67 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

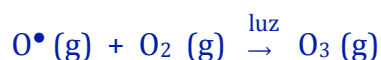
$$\text{Para fotoionizar uma molécula } E = hv = 6,63 \times 10^{-34} \times 1,67 \times 10^{15} = 1,105 \times 10^{-18} \text{ J}$$

Para uma mole de moléculas

$$E = 1,105 \times 10^{-18} \times 6,022 \times 10^{23} = 665431 \text{ J} = 665,431 \text{ kJ}$$

(cotação total: 2,5 pontos)

- g) O dióxido de nitrogénio pode contribuir, tal como os clorofluorcarbonetos (CFC), para a destruição do ozono estratosférico mas também é responsável pela formação de ozono troposférico. Escreva as equações que representam a formação de ozono ao nível da troposfera pelo dióxido de nitrogénio.



(cotação total: 2 pontos)

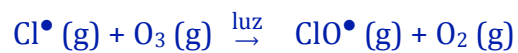
- h) A destruição do ozono estratosférico pelos CFC está relacionada com reações fotoquímicas de acordo com as afirmações seguintes. Ordene as afirmações de modo a formarem a sequência correta para a destruição do ozono.

- Reação do radical cloro com a molécula de ozono.
- Reação da espécie  $\text{ClO}^\bullet$ , libertando oxigénio molecular e o radical cloro.
- Dissociação da molécula de  $\text{CFCl}_3$  originando o radical cloro.

**C-A-B**

(cotação total: 1 ponto)

- i) Escreva as equações químicas que representam as afirmações da questão anterior, pela ordem correta que indicou.



(aceitam-se ambas as hipóteses nesta última resposta)

(cotação total: 3,5 pontos)

## Questão 2: Palavras ocultas

Preenche os espaços de acordo com as afirmações e descobre as palavras ocultas.

- 2.1. **A** - O que dá uma indicação sobre o pH de qualquer solução aquosa. **B** - Partícula subatômica. **C** - As reações de combustão também o são. **D** - Corpúsculos que existem na matéria (pl.). **E** - Camada onde se encontra a maior parte da massa atmosférica. **F** - Elementos químicos do período 6, cujo número atômico vai de 57 a 71. **G** - Substância cuja presença baixa a energia de ativação de uma reação química. **H** - Grandeza que avalia se uma reação é rápida ou lenta. **I** - Substâncias iniciais de qualquer reação química. **J** - Diz-se de um sal que não se dissolve em água.

Palavra oculta: **Olimpíadas** (0,7 ponto)

(0,5 pontos cada)

<b>A</b>	I	N	D	I	C	A	D	O	R		Á	C	I	D	O		B	A	S	E	
<b>B</b>							E	L	E	T	R	Ã	O								
<b>C</b>					O	X	I	D	A	Ç	Ã	O			R	E	D	U	Ç	Ã	O
<b>D</b>					Á	T	O	M	O	S											
<b>E</b>					T	R	O	P	O	S	F	E	R	A							
<b>F</b>	L	A	N	T	A	N	I	D	E	O	S										
<b>G</b>					C	A	T	A	L	I	S	A	D	O	R						
<b>H</b>	V	E	L	O	C	I	D	A	D	E											
<b>I</b>					R	E	A	G	E	N	T	E	S								
<b>J</b>					I	N	S	O	L	Ú	V	E	L								

- 2.2. **A** - Nome de quem tentava produzir em laboratório a pedra filosofal. **B** - Fator indispensável à realização da fotossíntese. **C** - Elementos químicos do período 7, cujo número atômico vai de 89 a 103. **D** - Fator que afeta a velocidade de uma reação. **E** - Catalisador negativo. **F** - Solução em que o pH é igual a 3. **G** - Elemento químico cujo nome latino é argentum.

Palavra oculta: **Química** (0,8 pontos)

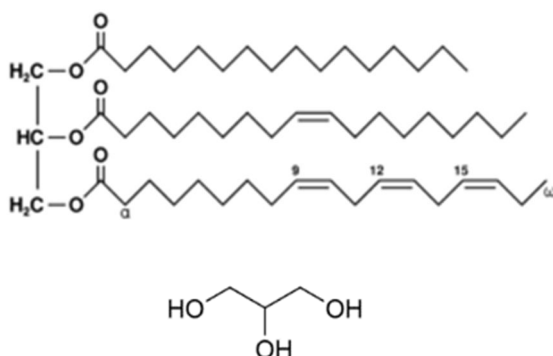
(0,5 pontos cada)

<b>A</b>		A	L	Q	U	I	M	I	S	T	A		
<b>B</b>			L	U	Z								
<b>C</b>	A	C	T	I	N	I	D	E	O	S			
<b>D</b>			T	E	M	P	E	R	A	T	U	R	A
<b>E</b>		I	N	I	B	I	D	O	R				
<b>F</b>				A	C	I	D	A					
<b>G</b>			P	R	A	T	A						



### Questão 3: Fontes de bioenergia

Nos últimos 30 anos observa-se um grande interesse no aproveitamento de fontes renováveis de energia, que possibilitem a substituição total ou parcial de materiais ou combustíveis derivados do petróleo. Neste contexto, uma das soluções comercialmente mais importantes consiste num biocombustível líquido aplicável em motores de compressão/ignição (vulgarmente conhecidos como motores diesel), produzido a partir de biomassa rica em gorduras e óleos. Este biocombustível é genericamente conhecido como biodiesel e consiste essencialmente numa mistura de ésteres metílicos de ácidos gordos, sintetizados a partir dos triglicerídeos que constituem os óleos através de uma reação de transesterificação. Os triglicerídeos ou triacilglicerois são uma classe de compostos orgânicos cujas moléculas são constituídas por um núcleo central derivado de glicerol, em que os três carbonos desse núcleo estão ligados através de grupos éster a 3 cadeias derivadas de ácidos gordos. Em seguida apresenta-se um exemplo de um triglicerídeo constituído por três cadeias diferentes de ácidos gordos:

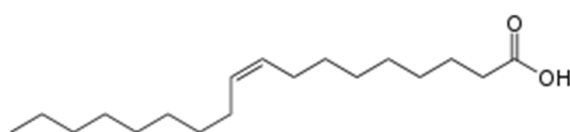


**Exemplo de um triglicerídeo composto por três cadeias diferentes: uma cadeia saturada (apenas com ligações simples entre carbonos), a segunda monoinsaturada (com uma ligação dupla) e a terceira poliinsaturada (com mais do que uma ligação dupla).**

**Glicerol**

Fórmula molecular -  $C_3H_8O_3$

**3.1** Considera agora um triglicerídeo particular designado por trioleína (que **não é** o triglicerídeo apresentado no esquema acima), e que é constituído por **três cadeias iguais** derivadas de um ácido gordo monoinsaturado chamado de ácido oleico:



**Ácido oleico**

Fórmula molecular  
 $C_{18}H_{34}O_2$

Demonstra que a fórmula molecular da trioleína é  $C_{57}H_{104}O_6$  e calcula a sua massa molar.

A fórmula molecular da trioleína pode ser construída adicionando uma molécula de glicerol a 3 moléculas de ácido oleico, e removendo 2 átomos de hidrogénio e 1 átomo de oxigénio (uma molécula de água) por cada uma das moléculas de ácido oleico adicionadas. Assim,

$$n_C \text{ trioleína} = n_C \text{ glicerol} + 3n_C \text{ ácido oleico} = 3 + 3 \times 18 = 57$$

$$n_H \text{ trioleína} = n_H \text{ glicerol} + 3n_H \text{ ácido oleico} - 3 \times 2 = 8 + 3 \times 34 - 6 = 104$$

$$n_{O \text{ trioleína}} = n_{O \text{ glicerol}} + 3n_{O \text{ ácido oleico}} - 3 \times 1 = 3 + 3 \times 2 - 3 = 6$$

Assim, a fórmula molecular é  $C_{57}H_{104}O_6$  e a massa molar é dada por:

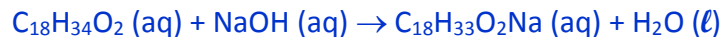
$$MM_{\text{trioleína}} = 57 \times 12,01 + 104 \times 1,01 + 6 \times 16,00 = 885,61 \text{ g/mol}$$

(cotação total: 3,5 pontos)

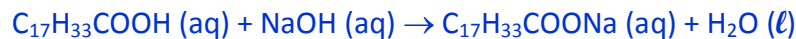
**3.2** Uma das propriedades mais importantes que caracterizam a qualidade de um óleo é a sua acidez, que depende da quantidade de ácidos gordos livres presentes na sua composição. A acidez pode ser estimada através da titulação de uma amostra de óleo com uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH). Assim:

**3.2.1** Escreve a equação química que representa a reação ácido-base que ocorre durante a titulação referida anteriormente (considera que todos os ácidos livres presentes no óleo são ácido oleico).

A reação de neutralização do ácido orgânico monoprótico pode ser representada pela equação química:



ou,



(cotação total: 2 pontos)

**3.2.2** Calcula a acidez de um óleo (definida em fração mássica de ácido oleico), sabendo que uma amostra de 2,00 g desse óleo, dissolvida em 20,0 mL de isopropanol, foi titulada com 2,55 mL de uma solução de NaOH 1,00 g/L, na presença do indicador fenolftaleína.

Dada a relação estequiométrica de 1:1 da reação ácido-base anterior, no ponto de equivalência:

$$\begin{aligned} MM_{NaOH} &= 22,99 + 16,00 + 1,01 = 40,00 \text{ g/mol} \\ n_{\text{ácido oleico}} &= n_{NaOH} = C_{NaOH} V_{NaOH} \\ &= \frac{1,00 \text{ g/L}}{40,00 \text{ g/mol}} \times 2,55 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 6,375 \times 10^{-5} \text{ mol} \end{aligned}$$

Assim, a massa de ácido oleico na amostra de óleo é:

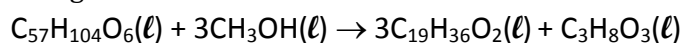
$$\begin{aligned} MM_{\text{ácido oleico}} &= 18 \times 12,01 + 34 \times 1,01 + 2 \times 16,00 \\ &= 282,52 \text{ g/mol} \\ m_{\text{ácido oleico}} &= n_{\text{ácido oleico}} \times MM_{\text{ácido oleico}} \\ &= 6,375 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 282,52 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,01801 \text{ g} \end{aligned}$$

que corresponde a uma fração mássica de:

$$x_{\text{ácido oleico}} = \frac{m_{\text{ácido oleico}}}{m_{\text{óleo}}} = \frac{0,01801 \text{ g}}{2,00 \text{ g}} = 0,00901$$

(cotação total: 5 pontos)

**3.3** A reação de transesterificação da trioleína com metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), para a produção do respetivo éster metílico (oleato de metilo:  $\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$ ), é representada pela equação química seguinte:



**3.3.1** Calcula o volume de metanol que é necessário para converter 500 mL de trioleína, considerando uma relação molar trioleína/metanol de 1:6.

A massa de trioleína é:

$$m_{\text{trioleína}} = V_{\text{trioleína}} \times \rho_{\text{trioleína}} = 500 \text{ mL} \times 0,95 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 475 \text{ g}$$

então,

$$n_{\text{trioleína}} = \frac{m_{\text{trioleína}}}{MM_{\text{trioleína}}} = \frac{475 \text{ g}}{885,61 \text{ g/mol}} = 0,536 \text{ mol}$$

Considerando uma relação molar trioleína/metanol 1:6,

$$n_{\text{metanol}} = 6 \times n_{\text{trioleína}} = 6 \times 0,536 = 3,218 \text{ mol}$$

e o volume de metanol é:

$$MM_{\text{metanol}} = 1 \times 12,01 + 4 \times 1,01 + 1 \times 16,00 = 32,05 \text{ g/mol}$$

$$V_{\text{metanol}} = \frac{m_{\text{metanol}}}{\rho_{\text{metanol}}} = \frac{n_{\text{metanol}} \times MM_{\text{metanol}}}{\rho_{\text{metanol}}} \\ = \frac{3,218 \text{ mol} \times 32,05 \text{ g/mol}}{0,79 \text{ g/mL}} = 130,6 \text{ mL}$$

(cotação total: 5 pontos)

**3.3.2** Nas condições da alínea anterior, estima a massa de oleato de metilo produzida, admitindo um rendimento de reação de 98%.

Considerando a relação estequiométrica trioleína/oleato de metilo 1:3, o máximo de oleato de metilo que pode ser produzido é:

$$n_{\text{oleato de metilo max}} = 3 \times n_{\text{trioleína}} = 3 \times 0,536 = 1,609 \text{ mol}$$

que corresponde à massa:

$$MM_{\text{oleato de metilo}} = 19 \times 12,01 + 36 \times 1,01 + 2 \times 16,00 \\ = 296,55 \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{oleato de metilo max}} = n_{\text{oleato de metilo max}} \times MM_{\text{oleato de metilo}} \\ = 1,609 \text{ mol} \times 296,55 \text{ g/mol} = 477,2 \text{ g}$$

Então, para um rendimento de reação de 98%:

$$m_{\text{oleato de metilo}} = \frac{98}{100} \times 477,2 \text{ g} = 467,6 \text{ g}$$

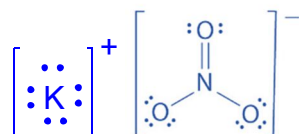
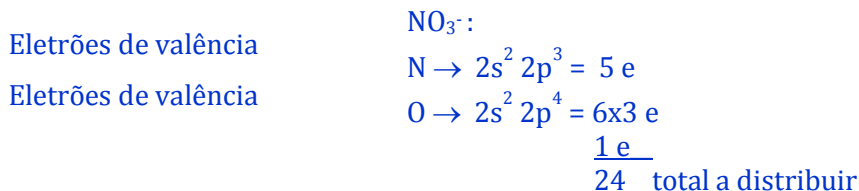
(cotação total: 4,5 pontos)

#### Questão 4: Culturas agrícolas

As plantas são caracterizadas pela capacidade de produzir o seu próprio alimento, o autotrofismo. Porém, em alguns casos, não dispõem de bons recursos nutritivos para isso, sendo necessário o uso de fertilizantes. A aplicação de todo e qualquer fertilizante requer uma avaliação prévia das condições do solo. Para isso, pode ser feita uma análise de solo, um teste que verifica, entre outros aspectos, o nível de fertilidade, a capacidade de armazenamento de água e as propriedades físicas da terra a ser cultivada. Através da análise de solo e de possíveis sintomas de má nutrição vegetal, é possível determinar o tipo de fertilizante necessário, bem como a quantidade a aplicar. O excesso de adubo pode ser tão nocivo à planta quanto a sua carência. Um dos nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas é o azoto (N) que pode ser administrado sob a forma de sais como o nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ). Na cultura de citrinos, por exemplo, a carência de azoto origina quebras de produção, frutos pequenos e de casca fina, e o excesso de azoto, além dos atrasos de maturação, poderá originar frutos de pequeno calibre, de casca grossa e rugosa, com menor teor de sumo e vitamina C e sumo mais ácido.



4.1. Considerando a fórmula química do nitrato de potássio faça a representação da estrutura de Lewis deste sal.



(para este efeito aceita-se a apresentação de apenas um híbrido de ressonância)

(cotação total: 4 pontos)

4.2. Diga que tipo de ligações químicas existem na forma sólida desta substância e que ligações são quebradas quando um agricultor dissolve o sal em água para irrigação de um pomar.

Entre o átomo de azoto e os átomos de oxigénio são estabelecidas ligações covalentes.

Entre o ião potássio e o ião nitrato é estabelecida ligação iónica.

Quando o sal é dissolvido em água são quebradas as ligações iónicas.

(cotação total: 3 pontos)

4.3. Considerando que a solução nutritiva para irrigação deve ter um teor em N de 0,2 g/L, calcule a massa de adubo necessária para irrigar 1000 m<sup>2</sup> de terreno, sabendo que a percentagem de azoto no adubo comercial é de 10% (m/m) e que o volume de água necessário por ha de terreno é de 250 m<sup>3</sup>.

$$250 \text{ m}^3 = 250000 \text{ L (ou dm}^3\text{)}$$

$$1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$$

$$250000/10 = 25000 \text{ L (ou dm}^3\text{)}$$

$$0,2 \text{ g de N} / 0,10 = 2 \text{ g de adubo/L}$$

$$2 \text{ g de adubo/L} \times 25000 \text{ L} = 50000 \text{ g de adubo, ou seja, 50 kg.}$$

(cotação total: 4 pontos)

4.3.1 Que tipo de balança utilizaria para medir a massa calculada? Assinale a opção que melhor se ajusta à situação.

Balança analítica   
(±0,0001g)

Balança de precisão   
(±0,01g)

Balança de precisão   
(±0,1g)

Balança comercial   
(±1g)

(cotação total: 3 pontos)

4.4. Suponha que preparou 1 L de uma solução com concentração idêntica em azoto (0,20 g/L), para efeitos de um estudo laboratorial. Diga como procederia para preparar, a partir desta solução, 500 mL de uma solução aquosa 25 vezes menos concentrada. (apresente os cálculos realizados para efetuar a diluição e refira o material a utilizar)

$$C1 = 0,20 \text{ g/L}$$

$$V1 = ?$$

$$C2 = 0,20 \text{ g/L} / 25 = 0,0080 \text{ g/L}$$

$$V2 = 500 \text{ mL} = 0,500 \text{ L}$$

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

$$V1 = C2/C1 \times V2 = 0,020 \text{ L (20 mL)}$$

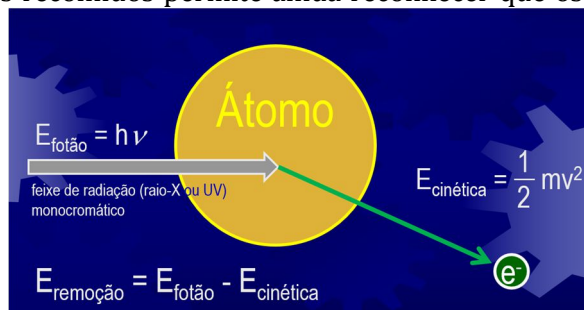
Pipetar 20 mL de solução inicial com pipeta volumétrica de 20 mL e transferir para um balão volumétrico de 500 mL. Adicionar o solvente até início do colo do balão, homogeneizar e ajustar à marca com o solvente se não for observada alteração de temperatura da solução.

[cotação total: 6 pontos (cálculo 3 + descrição 3)]

## Questão 5: Espectroscopia fotoeletrónica e a estrutura atómica

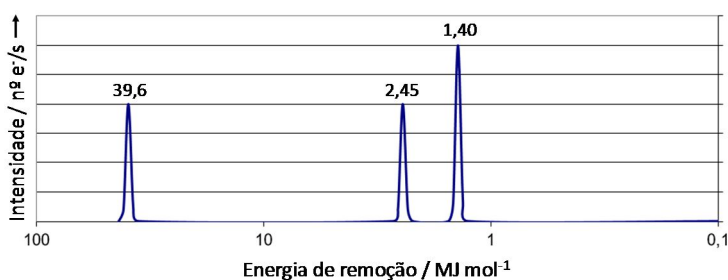
A aplicação da espectroscopia fotoeletrónica a átomos isolados de um mesmo elemento permite obter informação relevante acerca da energia dos diferentes eletrões nesses átomos. A análise e interpretação dos dados recolhidos permite ainda reconhecer que os eletrões nos átomos se distribuem por níveis e subníveis de energia.

O modo de funcionamento desta técnica consiste em fazer incidir, sobre os átomos do elemento, radiação de energia suficiente para remover um qualquer dos seus eletrões. A energia do fóton incidente deve ser superior à energia mínima de remoção de um qualquer eletrão, sendo o excesso de energia do fóton transferido para o eletrão removido sob a forma de energia cinética.



O resultado obtido por espectroscopia fotoeletrónica é, em geral, apresentado sob a forma de um espectro fotoeletrónico, que é uma representação gráfica do número de eletrões ejetados por unidade de tempo, habitualmente designado por intensidade, em função da energia necessária à sua remoção.

Na Figura abaixo encontra-se representado o espectro fotoeletrónico de um dado elemento.



**5.1** Escreva, justificando, a configuração eletrónica do átomo do elemento a que se refere o espectro fotoeletrónico. Identifique o elemento.

4 unidades de intensidade equivalem a 2 eletrões, pelo que o n.º total de eletrões é 7.

$1s^2 2s^2 2p^3$ .  $Z=7$ . Nitrogénio

(cotação total: 3,5 pontos)

**5.2** Quais são os eletrões que deverão ser removidos quando se faz incidir sobre os átomos uma radiação com comprimento de onda de 57,6 nm?

$$E_{\text{fóton}} = h\nu$$

$$E_{\text{fóton}} = h \frac{c}{\lambda}$$

$$E_{\text{fóton}} = 6,626 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{57,6 \times 10^{-9}}$$

$$E_{\text{fóton}} = 3,45 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_{r(1s)} = \frac{39,6 \times 10^6}{6,022 \times 10^{23}} \quad E_{r(2s)} = \frac{2,45 \times 10^6}{6,022 \times 10^{23}} \quad E_{r(2p)} = \frac{1,40 \times 10^6}{6,022 \times 10^{23}}$$

$$E_{r(1s)} = 6,58 \times 10^{-17} \text{ J} \quad E_{r(2s)} = 4,07 \times 10^{-18} \text{ J} \quad E_{r(2p)} = 2,32 \times 10^{-18} \text{ J}$$

Como  $E_{r(2p)} < E_{\text{fotão}} < E_{r(2s)} < E_{r(1s)}$ , então a radiação tem energia suficiente para remover apenas os eletrões do subnível 2p.

(cotação total: 6,5 pontos)

5.3 Identifique o comprimento de onda da radiação que se deveria usar para ejetar completamente os eletrões de menor energia de remoção com uma velocidade de  $1,57 \times 10^6$  m/s.

$$E_{\text{fotão}} = E_{\text{remoção}} + E_{\text{cinética}}$$

$$E_{\text{fotão}} = \frac{1,40 \times 10^6}{6,022 \times 10^{23}} + \frac{1}{2} \times 9,109 \times 10^{-31} \times (1,57 \times 10^6)^2$$

$$E_{\text{fotão}} = 2,32 \times 10^{-18} + 1,12 \times 10^{-18}$$

$$E_{\text{fotão}} = 3,44 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E_{\text{fotão}}}$$

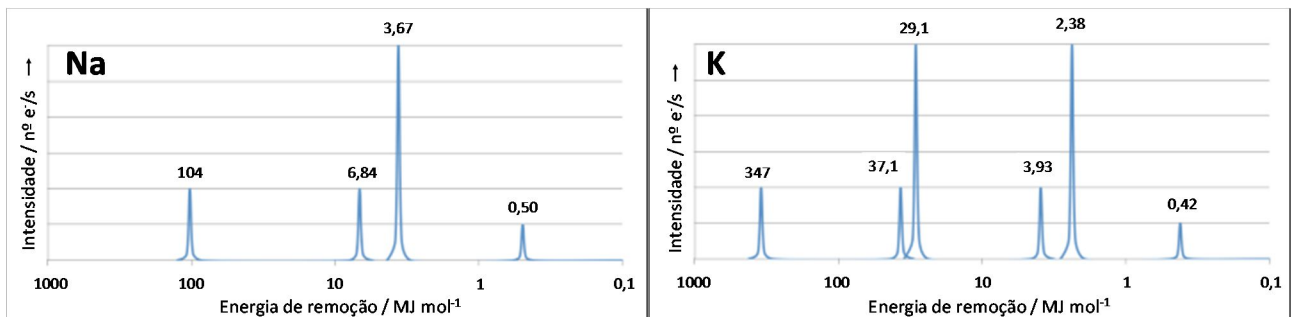
$$\lambda = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{3,44 \times 10^{-18}}$$

$$\lambda = 5,78 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$\lambda = 57,8 \text{ nm}$$

(cotação total: 6,5 pontos)

5.4 Na Figura abaixo estão representados os espectros fotoeletrónicos do sódio e do potássio.



Sugira uma explicação para o facto do sódio e do potássio apresentarem energias de remoção dos eletrões do subnível 3s significativamente diferentes.

Deve-se à diferença entre as cargas nucleares dos dois elementos. O potássio é o que tem maior carga nuclear, então é o elemento que apresenta maiores energias de remoção para os eletrões do subnível 3s.

(cotação total: 3,5 pontos)

5.5 Explique a diferença observada entre as intensidades dos subníveis 3s dos elementos sódio e potássio.

O subnível 3s do potássio tem 2 eletrões, enquanto o mesmo subnível do sódio tem um só eletrão, o que faz com que a intensidade referente ao subnível 3s do potássio seja superior (dobro) à do sódio para o mesmo subnível.

(cotação total: 3,5 pontos)

**5.6** Preveja, justificando, as semelhanças e as diferenças que deverão ser observadas nos espectros fotoeletrônicos de  $\text{Mg}^{2+}$  e Ne.

$\text{Mg}^{2+}$  e Ne são espécies isoeletrônicas, pelo que têm a mesma distribuição eletrônica:  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Porém, o catião  $\text{Mg}^{2+}$  tem 12 prótons, enquanto o Ne tem apenas 10, o que vai introduzir diferentes níveis de interação entre cada um dos núcleos e os respectivos elétrons.

Os espectros fotoeletrônicos têm de comum: (i) o mesmo número de níveis e subníveis eletrônicos e (ii) igual intensidade relativa para o mesmo nível e subnível eletrônico.

As diferenças entre os espectros fotoeletrônicos vão ser observadas nas energias de remoção dos elétrons distribuídos pelos diferentes níveis e subníveis, sendo sempre maiores para o catião  $\text{Mg}^{2+}$  em consequência da sua maior carga nuclear.

(cotação total: 6,5 pontos)