



*Associação Portuguesa de  
Professores de Física e de Química*

## **Proposta de resolução**

Exame Final Nacional do Ensino Secundário

Prova de Física e Química A – 715

11.º ano de escolaridade

1.ª fase

2026

Resolução comentada e explicada, dedicada a todos os alunos que se preparam para o  
Exame.

**Versão 1**

---

## Índice

<b><u>ITEM 1.</u></b> .....	<b>3</b>
1.1. ....	3
1.2. ....	4
1.3. ....	5
1.4. ....	6
<b><u>ITEM 2.</u></b> .....	<b>7</b>
2.1. ....	7
2.2. ....	7
2.3. ....	8
2.4. ....	12
<b><u>ITEM 3.</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>ITEM 4.</u></b> .....	<b>14</b>
4.1. ....	14
4.2. ....	14
<b><u>ITEM 5.</u></b> .....	<b>15</b>
5.1. ....	15
5.2. ....	16
<b><u>ITEM 6.</u></b> .....	<b>17</b>
6.1. ....	17
6.2. ....	17
<b><u>ITEM 7.</u></b> .....	<b>18</b>
7.1. ....	18
7.2. ....	18
7.3. ....	19
<b><u>ITEM 8.</u></b> .....	<b>20</b>
8.1. ....	20
8.2. ....	22
8.3. ....	22
8.4. ....	23
8.5. ....	24

Item 1.

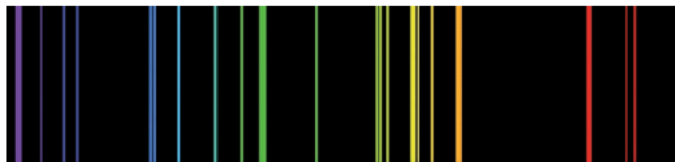
1.1.

(C)

*emissão e  
descontínuo*

O átomo de carbono pode ser identificado, em amostras gasosas, por espectroscopia.

Considere o espectro atômico do carbono, na região do visível, apresentado na Figura 1.



Trata-se de um espectro de emissão, uma vez que se observam linhas luminosas sobre um fundo escuro. Essas linhas correspondem à radiação emitida pelos átomos de carbono quando os seus eletrões, previamente excitados, transitam de níveis de energia mais elevados para níveis de energia inferiores.

O espectro é descontínuo porque não inclui todas as radiações da região visível, apresentando apenas linhas associadas a comprimentos de onda específicos. Este fenómeno é explicado por modelos atômicos que consideram que os eletrões apenas podem possuir determinados valores de energia, correspondentes a níveis de energia discretos. Assim, apenas são possíveis determinadas transições eletrónicas, com emissão de fótons de energias e frequências bem definidas. Essas radiações são interpretadas pelo sistema visual como cores específicas.

1.2.

(B)  
2,4

A Figura 2 apresenta valores típicos das percentagens em massa dos elementos químicos mais abundantes no corpo humano.

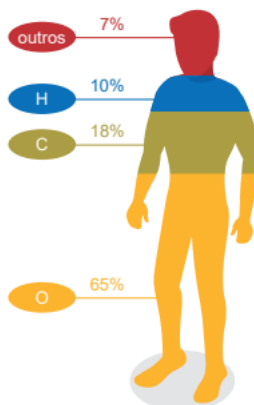


Figura 2

A razão entre o número de átomos de hidrogénio e o número de átomos de oxigénio,  $\frac{N_H}{N_O}$ , no corpo humano, é

- (A) 6,5      (B) 2,4      (C) 0,41      (D) 0,15

O número de átomos é dado por  $N = n \times N_A$  e a quantidade de cada elemento pode ser obtida pelo quociente da sua massa pela sua massa molar,  $n = \frac{m}{M}$ , obtendo-se

$$N = \frac{m_{\text{elemento}}}{M(\text{elemento})} \times N_A \quad (1)$$

A massa de cada elemento pode ser expressa em função da fração no total da massa corporal total do corpo humano:

$$\%(m/m) = \frac{m_{\text{elemento}}}{m_{\text{corpo humano}}} \times 10^2$$

$$m_{\text{elemento}} = \frac{\%(m/m)}{10^2} \times m_{\text{corpo humano}} ;$$

$$\text{logo, } m_H = \frac{10\%}{10^2} \times m_{\text{corpo humano}} \text{ e } m_O = \frac{65\%}{10^2} \times m_{\text{corpo humano}} \cdot (2)$$

Conciliando (2) e (1), obtém-se

$$\frac{N_H}{N_O} = \frac{\frac{m_H}{M(H)} \times N_A}{\frac{m_O}{M(O)} \times N_A}$$

$$\frac{N_H}{N_O} = \frac{0,10 \times m_{\text{corpo humano}}}{M(H)} \cdot \frac{M(O)}{0,65 \times m_{\text{corpo humano}}}$$

$$\frac{N_H}{N_O} = \frac{\frac{0,10}{1,01}}{\frac{0,65}{16,00}}$$

$$\frac{N_H}{N_O} = 2,4$$

1.3.

(B)

O nosso organismo contém outros elementos químicos que estão presentes em quantidades muito reduzidas, habitualmente expressas em partes por milhão em massa, ppm.

O iodo, componente essencial das hormonas da tiroide, existe no corpo humano em, aproximadamente, 0,25 ppm.

A percentagem, em massa, correspondente a 0,25 ppm é

- (A)  $2,5 \times 10^{-3} \%$ .
- (B)  $2,5 \times 10^{-5} \%$ .
- (C)  $2,5 \times 10^{-7} \%$ .
- (D)  $2,5 \times 10^{-9} \%$ .

Este item mobiliza a expressão de frações em percentagem e em partes por milhão.

$$\text{ppm}(m/m) = \frac{m_{\text{iodo}}}{m_{\text{corpo humano}}} \times 10^6$$

$$\frac{m_{\text{iodo}}}{m_{\text{corpo humano}}} = \frac{\text{ppm}(m/m)}{10^6} \quad (1)$$

Como

$$\%(m/m) = \frac{m_{\text{iodo}}}{m_{\text{corpo humano}}} \times 10^2 \quad (2)$$

A substituição da fração  $\frac{m_{\text{iodo}}}{m_{\text{corpo humano}}}$  por (1) em (2) conduz a

$$\%(m/m) = \frac{\text{ppm}(m/m)}{10^6} \times 10^2$$

$$\%(m/m) = \text{ppm}(m/m) \times 10^{-4}$$

$$\%(m/m) = 0,25 \times 10^{-4}$$

$$\%(m/m) = 2,5 \times 10^{-5}$$

**1.4.**
**(a) – (1)**
**(b) – (2)**
**(c) – (5)**

COLUNA I	COLUNA II
(a) $^{16}\text{O}$	(1) Isótopo mais abundante na natureza.
(b) $^{17}\text{O}$	(2) Isótopo com 9 neutrões.
(c) $^{18}\text{O}$	(3) Isótopo cuja configuração eletrónica é $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ .
	(4) Isótopo de carga nuclear +17.
	(5) Isótopo com maior massa.

Na notação simbólica de um átomo,  $^A_Z\text{X}$ :

- X representa o símbolo químico do elemento, constituído por uma ou duas letras identificativas;

- Z, o número atómico, corresponde ao número de prótons existentes no núcleo.

- A, o número de massa, corresponde ao número total de nucleões, isto é, à soma do número de prótons e de neutrões.

Decorre destas definições que o número de neutrões se calcula por  $A - Z$ .

A carga do núcleo corresponderá ao número de prótons,  $+Z$ .

A massa do isótopo será tanto maior quanto maior for o seu valor de A, o número de massa.

Assim:

(c)  $^{18}_8\text{O}$ , será o (5) isótopo com maior massa.

(b)  $^{17}_8\text{O}$ , será o (2) isótopo com  $N = 17 - 8 = 9$  neutrões

Por outro lado, a massa atómica relativa corresponde à média das massas isotópicas relativas, ponderada pela abundância dos isótopos na natureza. Como o elemento oxigénio apresenta a massa atómica relativa de  $A_r(\text{O}) = 16,00$ , conclui-se que (a)  $^{16}_8\text{O}$ , cujo número de massa é 16, terá de ser o (1) isótopo mais abundante.

Por último, as opções (3) e (4) estão incorretas para qualquer um dos isótopos apresentados.

A carga nuclear de um átomo corresponde ao valor positivo do seu número atómico; assim, todos os átomos de oxigénio, cujo número atómico é 8, apresentam carga nuclear +8, e não +17.

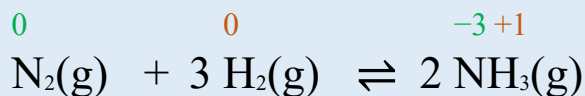
Por sua vez, a configuração eletrónica apresentada corresponde a um átomo com 16 eletrões, isto é, ao elemento enxofre, e não ao oxigénio, que possui apenas 8 eletrões.

**Item 2.**

**2.1.**

(C)  
-3, sendo o N<sub>2</sub> o oxidante

Analisando-se a equação química com os números de oxidação de cada elemento assinalados, temos:

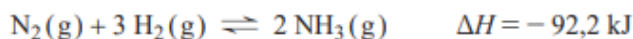


O nitrogénio apresenta uma diminuição do número de oxidação de 0 para -3 ( $\Delta n.o. = -3 - 0 = -3$ ), pelo que sofre uma redução e sendo N<sub>2</sub> o agente oxidante.

Por sua vez, o hidrogénio apresenta um aumento do número de oxidação de 0 para +1 ( $\Delta n.o. = +1 - 0 = +1$ ), pelo que sofre uma oxidação e sendo H<sub>2</sub> o agente oxidante.

**2.2.**

(A)  
A temperatura diminui



A reação direta é exotérmica, como indica o valor negativo de  $\Delta H$ . Segundo o Princípio de Le Châtelier, uma diminuição da temperatura constitui uma perturbação do estado de equilíbrio. Em resposta a essa perturbação, é favorecido o sentido exotérmico da reação, isto é, o sentido em que ocorre libertação de energia. Como a reação direta de síntese do amoníaco é exotérmica ( $\Delta H < 0$ ), o sistema evolui no sentido da formação de NH<sub>3</sub> (g) até ser estabelecido um novo estado de equilíbrio, no qual a concentração de amoníaco é superior à existente antes da perturbação.

Notas:

A opção (B) está incorreta porque o aumento do volume do reator provoca uma diminuição da pressão. De acordo com o Princípio de Le Châtelier, essa perturbação favorece o sentido da reação em que existe

maior quantidade de espécies gasosas. Como, na reação em causa, a quantidade total de espécies gasosas é de 4 mol nos reagentes e de apenas 2 mol nos produtos, a reação inversa torna-se predominante e o sistema evolui nesse sentido até ser estabelecido um novo estado de equilíbrio. Consequentemente, a concentração de  $\text{NH}_3$  (g) diminui.

A opção (C) está incorreta porque a presença de um catalisador afeta a velocidade com que um estado de equilíbrio é atingido, mas não a sua composição.

opção (D) está incorreta porque a diminuição da concentração de  $\text{H}_2$  (g) constitui uma perturbação do estado de equilíbrio. De acordo com o Princípio de Le Châtelier, essa perturbação favorece a reação inversa. Assim, a reação inversa torna-se predominante e o sistema evolui nesse sentido até ser estabelecido um novo estado de equilíbrio. Consequentemente, a concentração de  $\text{NH}_3$  (g) diminui.

### 2.3.

O item analisa uma situação em que o equilíbrio químico  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$  é perturbado mantendo-se a temperatura constante.

A sua constante de equilíbrio,

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3(\text{g})]_e^2}{[\text{N}_2(\text{g})]_e \times [\text{H}_2(\text{g})]_e^3}$$

apresentará, então, o mesmo valor, antes e depois da perturbação efetuada.

No equilíbrio inicial:

$$[\text{NH}_3]_{e,1} = 1,6 \text{ mol dm}^{-3}$$

Sejam:

$$[\text{H}_2]_{e,1} = a$$

$$[\text{H}_2]_{e,1} = b$$

Então:

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]_{e,1}^2}{[\text{H}_2]_{e,1}^3 [\text{N}_2]_{e,1}}$$

Para o equilíbrio inicial:

$$K_c = \frac{1,6^2}{a^3 b}$$

No novo equilíbrio:

$$[\text{H}_2]_{e,2} = \frac{a}{2}$$

$$[\text{N}_2]_{e,2} = \frac{b}{2}$$

$$[\text{NH}_3]_{e,2} = x$$

Logo:

$$K_c = \frac{x^2}{\left(\frac{a}{2}\right)^3 \left(\frac{b}{2}\right)}$$

$$K_c = \frac{x^2}{\frac{a^3 b}{16}}$$

$$K_c = \frac{16x^2}{a^3 b}$$

Como a temperatura se mantém,  $K_c$  é constante:

$$\frac{1,6^2}{a^3 b} = \frac{16x^2}{a^3 b}$$

Eliminando  $a^3 b$ :

$$1,6^2 = 16x^2$$

$$x^2 = \frac{1,6^2}{16}$$

$$x = \frac{1,6}{4}$$

$$x = 0,40 \text{ mol dm}^{-3}$$

**Resolução alternativa**

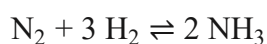
O item analisa uma situação em que o equilíbrio químico  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$  é perturbado mantendo-se a temperatura constante.

A sua constante de equilíbrio,

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3(\text{g})]_e^2}{[\text{N}_2(\text{g})]_e \times [\text{H}_2(\text{g})]_e^3}$$

apresentará, então, o mesmo valor, antes e depois da perturbação efetuada.

A situação original corresponde a uma primeira situação de equilíbrio onde sabemos a concentração de amoníaco sendo as restantes desconhecidas. Iremos construir uma tabela que parte desta situação inicial, referentes às quantidades presentes por litro de solução:



	$\text{N}_2$	$+ 3 \text{H}_2$	$\rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$
Início (E.Q. 1)	$x$	$y$	1,6
$\Delta$			
E.Q. 2			

No novo estado de equilíbrio as quantidades de dinitrogénio e di-hidrogénio reduzem-se a metade:

	$\text{N}_2$	$+ 3 \text{H}_2$	$\rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$
Início (E.Q. 1)	$x$	$y$	1,6
$\Delta$			
E.Q. 2	$\frac{x}{2}$	$\frac{y}{2}$	

Pelo que se obtém a variação " $\Delta$ " sofrida por estas duas espécies química:

	$N_2 +$	$3 H_2$	$\rightleftharpoons 2 NH_3$
Início (E.Q. 1)	$x$	$y$	1,6
$\Delta$	$-\frac{x}{2}$	$-\frac{y}{2}$	
E.Q. 2	$\frac{x}{2}$	$\frac{y}{2}$	

Como 1 mol  $N_2$  reage com 3 mol  $H_2$ , temos como relacionar estas duas quantidades:

$$\frac{x}{2} \times 3 = \frac{y}{2}$$

$$y = 3x,$$

tal como podemos expressar em função de  $x$  variação sofrida pelo amoníaco, cuja quantidade obtida é dupla da quantidade de  $N_2$  que reage:

O quadro pode então ser reescrito como:

	$N_2 +$	$3H_2$	$\rightleftharpoons 2NH_3$
Início (E.Q. 1)	$x$	$3x$	1,6
$\Delta$	$-\frac{x}{2}$	$-\frac{3x}{2}$	$2 \times \left(\frac{x}{2}\right) = x$
E.Q. 2	$\frac{x}{2}$	$\frac{3x}{2}$	$1,6 + x$

Dado que o valor da constante de equilíbrio é a mesma nos dois equilíbrios, teremos

$$\frac{1,6^2}{x \times (3x)^3} = \frac{(1,6 + x)^2}{\left(\frac{x}{2}\right) \times \left(\frac{3x}{2}\right)^3}$$

Resolvendo esta equação, como a variável  $x$  surge no denominador, é necessário considerar a condição  $x \neq 0$ , como seria previsível quimicamente:

$$\frac{1,6^2}{x \times 27x^3} = \frac{(1,6 + x)^2}{\left(\frac{x}{2}\right) \times \frac{27x^3}{8}}$$

$$\frac{2,56}{27x^4} = \frac{(1,6 + x)^2}{\frac{27x^4}{16}}$$

$$\frac{2,56}{27x^4} = \frac{16(1,6 + x)^2}{27x^4}$$

Multiplicando ambos os membros por  $27x^4$ :

$$2,56 = 16(1,6 + x)^2$$

$$(1,6 + x)^2 = \frac{2,56}{16}$$

$$(1,6 + x)^2 = 0,16$$

$$1,6 + x = \pm\sqrt{0,16}$$

$$1,6 + x = \pm 0,4$$

$$1,6 + x = 0,4 \quad \vee \quad 1,6 + x = -0,4$$

$$x = -1,2 \quad \vee \quad x = -2,0$$

Dado que a quantidade inicial de  $\text{NH}_3$ , por litro de solução, é de 1,6 mol, tal implica que a solução  $x = -2,0$  mol não tem significado químico, pois tal implicaria uma quantidade final negativa.

A concentração final do  $\text{NH}_3$  será então:

$$[\text{NH}_3(\text{g})]_{\text{e.q.2}}^{\square} = 1,6 - 1,2$$

$$[\text{NH}_3(\text{g})]_{\text{e.q.2}}^{\square} = 0,4 \text{ mol dm}^{-3}$$

#### 2.4.

Dado que os dois recipientes se encontram nas mesmas condições de pressão e temperatura, podemos aplicar a Lei de Advogado e o volume ocupado será diretamente proporcional à quantidade do gás que contém,  $V_{\text{gas}} = n \times V_{\text{molar}}$ .

Como foram introduzidas iguais massas de ambos os gases, retira-se que a quantidade de di-hidrogénio ( $M_{\text{H}_2} = 2,0 \text{ g mol}^{-1}$ ) terá de ser superior à quantidade de dinitrogénio ( $M_{\text{N}_2} = 28,0 \text{ g mol}^{-1}$ ), dado que a sua massa molar é inferior,  $n = \frac{m}{M}$ .

Conclui-se então que o volume ocupado pelo di-hidrogénio,  $\text{H}_2$ , será superior.

**Item 3.**

Dado que a solução apresenta a concentração de  $14,8 \text{ mol dm}^{-3}$ , temos que em cada litro da solução existirá a massa de soluto de

$$\begin{aligned}m_{\text{NH}_3} &= n_{\text{NH}_3} \times M_{\text{NH}_3} \\m_{\text{NH}_3} &= 14,8 \text{ mol} \times 17,04 \text{ g mol}^{-1} \\m_{\text{NH}_3} &= 252,2 \text{ g}\end{aligned}$$

Por outro lado, a massa volúmica da solução,  $\rho_{\text{solução}} = 0,8980 \text{ g cm}^{-3}$ , permite concluir que um litro de solução terá a massa de:

$$\begin{aligned}m_{\text{solução}} &= \rho_{\text{solução}} \times V_{\text{solução}} \\m_{\text{solução}} &= 0,8980 \text{ g cm}^{-3} \times 1000 \text{ cm}^3 \\m_{\text{solução}} &= 898,0 \text{ g}\end{aligned}$$

Conclui-se então que a massa de água corresponde a

$$\begin{aligned}m_{\text{H}_2\text{O}} &= m_{\text{solução}} - m_{\text{NH}_3} \\m_{\text{H}_2\text{O}} &= 898,0 \text{ g} - 252,2 \text{ g} \\m_{\text{H}_2\text{O}} &= 645,8 \text{ g},\end{aligned}$$

pelo que a sua quantidade será de

$$\begin{aligned}n_{\text{H}_2\text{O}} &= \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \\n_{\text{H}_2\text{O}} &= \frac{645,8 \text{ g}}{18,0 \text{ g mol}^{-1}} \\n_{\text{H}_2\text{O}} &= 35,9 \text{ mol}\end{aligned}$$

Calculando-se, por fim, a fração molar,  $x_{\text{NH}_3}$ , do amoníaco na mistura, teremos

$$\begin{aligned}x_{\text{NH}_3} &= \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_{\text{NH}_3} + n_{\text{H}_2\text{O}}} \\x_{\text{NH}_3} &= \frac{14,8}{14,8 + 35,9} \\x_{\text{NH}_3} &= 0,292\end{aligned}$$

**Item 4.****4.1.****(C)**  
*difração*

A imagem ilustra a difração de ondas marítimas ao atravessarem uma abertura estreita entre dois promontórios.

No mar aberto, à esquerda na imagem, as frentes de onda são aproximadamente retilíneas e paralelas. Ao atingirem a abertura estreita, apenas uma parte de cada frente de onda consegue passar para o interior da baía. A partir desse ponto, a onda deixa de se propagar apenas na direção inicial e espalha-se por várias direções.

Por isso, no interior da enseada, as frentes de onda passam a apresentar uma forma aproximadamente circular, centrada na abertura, como mostram as linhas curvas na imagem. Este encurvamento e alastramento da onda após atravessar uma abertura constitui o fenómeno da difração.

A difração é mais evidente quando a largura da abertura é de uma ordem de grandeza comparável à do comprimento de onda. Neste caso, as ondas conseguem “contornar” os obstáculos e atingir zonas da praia que ficariam protegidas se as ondas se propagassem apenas em linha reta.

**4.2.**

A velocidade de propagação de uma onda relaciona-se com o comprimento de onda e com o período através da expressão:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

O que permite calcular o seu valor para o caso considerado

$$v = \frac{9,0 \text{ m}}{6,0 \text{ s}} = 1,5 \text{ m s}^{-1}$$

O valor da velocidade pode ser utilizado para determinar o intervalo de tempo necessário para a frente de onda percorrer a distância indicada,

$$\Delta t = \frac{d}{v}$$
$$\Delta t = \frac{800 \text{ m}}{1,5 \text{ m s}^{-1}}$$
$$\Delta t = 5,3 \times 10^2 \text{ s},$$

o que corresponde, aproximadamente, a 9 minutos.

## Item 5.

### 5.1

A concentração de iões oxónio no estômago é obtida a partir do pH:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,00}$$
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

pelo que a sua quantidade presente em  $3,0 \text{ dm}^{-3}$  de suco gástrico é

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+] \times V$$
$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 1,00 \times 10^{-2} \times 3,0 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$
$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

A  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , a relação

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_w$$

fica

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

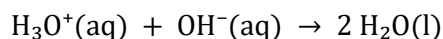
$$\text{pOH} = 14,00 - 9,50$$

$$\text{pOH} = 4,50$$

pelo que conseguimos calcular a concentração de iões hidróxido na água alcalina

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$
$$[\text{OH}^-] = 10^{-4,50}$$
$$[\text{OH}^-] = 3,16 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

A reação de neutralização entre os iões oxónio e hidróxido é:



pelo que a proporção estequiométrica entre os iões oxónio e hidróxido é de 1 : 1. Assim:

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$n(\text{OH}^-) = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

O volume de água alcalina necessário é dado por:

$$V = \frac{n(\text{OH}^-)}{[\text{OH}^-]} = \frac{3,0 \times 10^{-2} \text{ mol}}{3,16 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$V = \frac{n(\text{OH}^-)}{[\text{OH}^-]} = 9,5 \times 10^2 \text{ dm}^3$$

O Dr. Carlos Corrêa, saudoso professor e divulgador de ciência, chamava assim a atenção que era impossível neutralizar a acidez do estômago pela ingestão de uma água alcalina, pois nenhum ser humano consegue ingerir 950 litros de água!

## 5.2

**(D)**

*Básico, e a incerteza de leitura do pH é de 0,01*

O pH de uma solução aquosa foi medido com um aparelho cujo visor se apresenta na Figura 4.



Figura 4

O carácter químico da solução é

- (A) ácido, e a incerteza de leitura do pH é 0,005.
- (B) ácido, e a incerteza de leitura do pH é 0,01.
- (C) básico, e a incerteza de leitura do pH é 0,005.
- (D) básico, e a incerteza de leitura do pH é 0,01.

O valor indicado pelo medidor é  $\text{pH}=8,50$ . Como este valor é superior a 7, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , a solução apresenta carácter básico.

O aparelho apresenta o valor de pH com duas casas decimais; assim, a menor variação que o visor permite distinguir é 0,01. Sendo um aparelho digital, a incerteza de leitura corresponde a uma unidade da última casa decimal apresentada:

incerteza de leitura do  $\text{pH}=0,01$

Logo, a solução é alcalina e a incerteza de leitura do pH é 0,01.

**Item 6.**

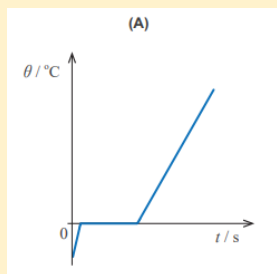
**6.1**

**(B)**  
*condução...cede energia*

A transferência de energia através das paredes da chávena ocorre por condução, pois há transferência de energia, por calor, através de um material sólido.

Como o chá está inicialmente a uma temperatura superior à do meio envolvente, cede energia à chávena e ao ar, diminuindo a sua temperatura até atingir um estado de equilíbrio térmico com a vizinhança.

**6.2**



Os gráficos (C) e (D) estão incorretos pois não apresentam o patamar de fusão do gelo em água líquida. Durante a fusão, a água iria receber energia do exterior e aumentaria a sua energia interna, mas sem ocorrer um aumento de temperatura. Isto acontece porque a energia recebida está a ser integrada na componente potencial da energia interna (associada às ligações entre as moléculas) e não como energia cinética média das partículas (traduzida macroscopicamente pela temperatura).

A capacidade térmica mássica do gelo é inferior à capacidade térmica mássica da água líquida. Assim, é necessário fornecer à água líquida um maior valor de energia para que sofra uma mesma variação de temperatura que o gelo. Admitindo que a potência de aquecimento é a mesma, o fornecimento de uma maior energia implicará um maior tempo de aquecimento.

Consequentemente, o gráfico (A) é o correto, pois o declive do segmento correspondente ao aquecimento da água líquida é inferior ao do segmento correspondente ao aquecimento do gelo.

A mesma conclusão pode ser obtida pela análise da expressão que relaciona o declive do gráfico temperatura ( $T$ )–tempo ( $t$ ) com as grandezas físicas envolvidas:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{P}{mc}$$

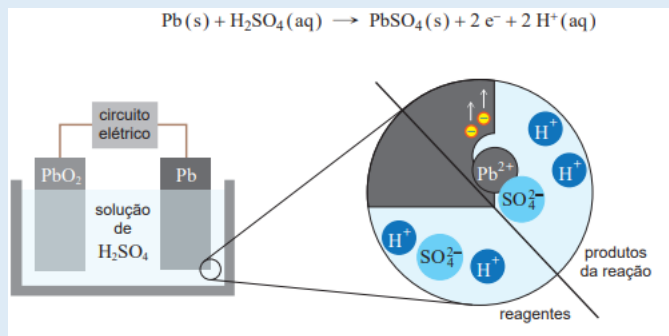
Como a potência de aquecimento e a massa são iguais nas duas situações, o declive é inversamente proporcional à capacidade térmica mássica. Assim, sendo a capacidade térmica mássica da água líquida superior à do gelo, o segmento correspondente ao aquecimento da água líquida apresenta um menor declive.

**Item 7.**

**7.1**

**(D)**

*eletrões...iões*



Nas placas de chumbo, que são materiais condutores metálicos, a corrente elétrica é assegurada pelo movimento de eletrões (na placa de chumbo ocorre uma oxidação e os eletrões libertados deslocam-se através das placas e do circuito elétrico externo, permitindo a circulação de corrente elétrica nesse percurso).

Na solução aquosa de ácido sulfúrico, a condução elétrica é assegurada pelo movimento de iões. Entre as espécies químicas, carregadas e móveis, presentes na solução, encontram-se iões  $\text{H}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , e é o seu movimento orientado, em sentidos opostos, que permite manter o equilíbrio de cargas e completar o circuito elétrico.

**7.2**

Com base na definição de resistência elétrica, é possível a determinação do valor da corrente elétrica que percorre o circuito

$$R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{12 \text{ V}}{800 \Omega} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ A}$$

$$I = 1,5 \times 10^{-2} \text{ A}$$

O que permite o cálculo da carga que atravessa uma secção reta do circuito em 30 minutos (1800 s):

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$Q = I \Delta t$$

$$Q = 1,5 \times 10^{-2} \text{ A} \times 1,80 \times 10^3 \text{ s}$$

$$Q = 27 \text{ C}$$

Como o módulo da carga elétrica de um eletrão é de  $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ , retira-se que são a quantidade  $N_{e^-}$  de eletrões transferidos é de

$$\frac{1 \text{ eletrão}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ C}} = \frac{N_{e^-}}{27 \text{ C}}$$

$$N_{e^-} = \frac{27 \text{ C}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$N_{e^-} = 1,69 \times 10^{20} \text{ eletrões}$$

A quantidade de eletrões é obtida a partir do número de eletrões transferidos

$$n_{e^-} = \frac{N_{e^-}}{N_A}$$

$$n_{e^-} = \frac{1,69 \times 10^{20}}{6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$

$$n_{e^-} = 2,80 \times 10^{-4} \text{ mol},$$

e, como 1 mol de Pb liberta 2,0 mol de eletrões, então

$$n_{\text{Pb}} = \frac{n_{e^-}}{2}$$

$$n_{\text{Pb}} = \frac{2,80 \times 10^{-4} \text{ mol}}{2}$$

$$n_{\text{Pb}} = 1,40 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

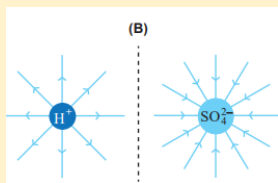
pelo que a massa de chumbo que reagiu é de

$$m_{\text{Pb}} = n_{\text{Pb}} \times M_{\text{Pb}}$$

$$m_{\text{Pb}} = 1,40 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 207,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$m_{\text{Pb}} = 2,9 \times 10^{-2} \text{ g}$$

### 7.3



A opção (B) é a única que apresenta simultaneamente o sentido correto das linhas de campo e uma representação coerente com os módulos das cargas dos iões.

As linhas de campo elétrico indicam o sentido da força que atuaria sobre uma carga de prova positiva. Por convenção, as linhas “saem” das cargas positivas e “entram” nas cargas negativas. Ora o ião hidrogénio tem carga positiva, enquanto o ião sulfato tem carga negativa:

$$q(\text{H}^+) > 0; q(\text{SO}_4^{2-}) < 0$$

Assim, no ião hidrogénio, as linhas devem afastar-se do ião; no ião sulfato, devem dirigir-se para o ião.

Além disso, o módulo da carga do ião sulfato é superior ao do ião hidrogénio:

$$q(\text{SO}_4^{2-}) = -2q(\text{H}^+)$$

Num mesmo esquema, o número de linhas de campo representado deve ser proporcional ao módulo da carga:

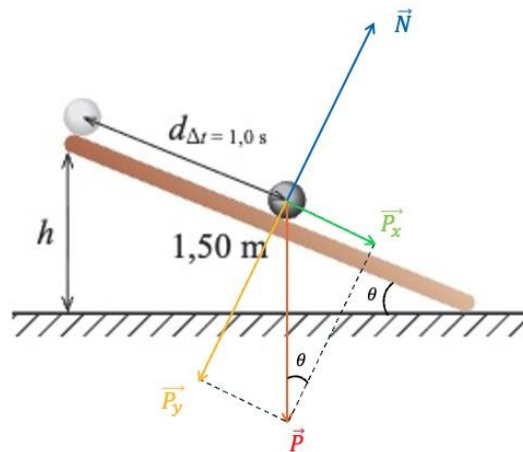
$$N_{\text{linhas}} \propto \text{módulo}(q)$$

Consequentemente, o ião sulfato deve ser representado por mais linhas de campo do que o ião hidrogénio.

**Item 8.**

**8.1**

Admitindo que não existe atrito, a força resultante, segundo a direção do movimento, e de acordo com a 2.ª Lei de Newton:



$$\vec{F}_r = m \times \vec{a}$$

$$\vec{P} + \vec{N} = m \times \vec{a}$$

$$\vec{P}_x + \vec{P}_y + \vec{N} = m \times \vec{a}$$

$$\vec{P}_x = m \times \vec{a}$$

$$P_x = m a \quad (1)$$

$$m g \sin \theta = m a \quad (2)$$

Analisando a imagem verifica-se que:

$$\sin \theta = \frac{h}{1,50} \quad (3)$$

e substituindo (3) em (2) obtemos:

$$m g \frac{h}{1,50} = m a$$

$$a = g \frac{h}{1,50}$$

Recorrendo à lei do movimento  $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  e às condições iniciais:

- o corpo foi largado (a sua velocidade inicial é nula);
- o intervalo de tempo considerado é de 1,0 s,

a expressão matemática que relaciona as variáveis pretendidas ficará

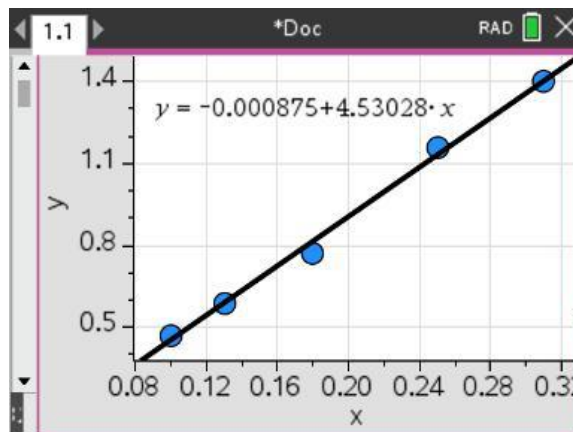
$$x = x_0 + 0 \times t + \frac{1}{2} a \times 1^2$$

$$x - x_0 = \frac{1}{2} a$$

$$d_{\Delta t=1,0\text{ s}} = \frac{1}{2} g \times \frac{h}{1,50}$$

$$d_{\Delta t=1,0\text{ s}} = \frac{g}{2} \times \frac{h}{1,50} \quad (4)$$

Representando  $d_{\Delta t=1,0\text{ s}}$  em função de  $\frac{h}{1,50}$ , obtém-se o seguinte gráfico, no qual já está efetuada a regressão linear e apresentada a respetiva reta de ajuste:



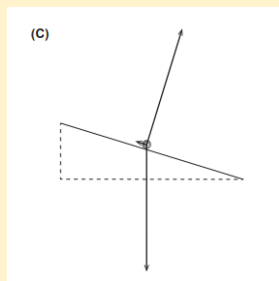
$$d_{\Delta t=1,0\text{ s}} = 4,53 \times \frac{h}{1,50} \text{ (SI)}$$

Através da expressão (4) verificamos que o declive da reta de ajuste obtida corresponde a:

$$4,53 = \frac{g}{2}$$

$$g = 2 \times 4,53 = 9,1 \text{ m s}^{-2}$$

## 8.2



O movimento é uniformemente acelerado no sentido descendente do plano. Assim, a força resultante tem de ter a direção do plano inclinado e o sentido da descida.

Como o enunciado refere que se pretendem as forças que efetivamente atuam numa das esferas, temos a considerar a interação com o planeta (força gravítica) e com o plano (a normal e o atrito), dado que já não será para ignorar o contributo das forças de atrito.

O diagrama A, neste caso, não é adequado, dado que o movimento é retilíneo e acelerado e, portanto, a resultante das forças tem de ter a mesma direção e sentido da velocidade.

## 8.3.

Mede-se a massa da esfera com a balança. Coloca-se a esfera no ponto de partida da rampa e mede-se, com a régua, a altura desse ponto relativamente à base da rampa, tomando a base como nível de referência da energia potencial gravítica. Larga-se a esfera a partir do repouso e mede-se, com o sensor de velocidade, o módulo da velocidade da esfera quando esta chega à base da rampa.

Calcula-se a energia mecânica inicial do sistema esfera + Terra:

$$E_{m,i} = E_{pg,i} + E_{c,i}$$

Como a esfera é largada do repouso:

$$E_{c,i} = 0$$

logo:

$$E_{m,i} = mgh$$

A base da rampa, tomada para nível de referência, terá  $h = 0$  e  $E_{pg,f} = 0$ , pelo que a energia mecânica final é:

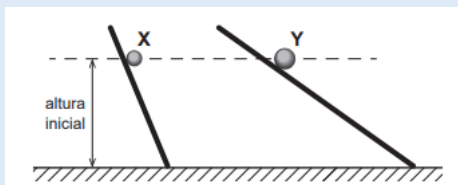
$$E_{m,f} = E_{c,f}$$

$$E_{m,f} = \frac{1}{2} m v^2$$

Comparam-se os valores de  $E_{m,i}$  e  $E_{m,f}$ . Se forem iguais, ou aproximadamente iguais dentro da incerteza experimental, conclui-se que há conservação da energia mecânica do sistema esfera + Terra. Caso contrário, conclui-se que não há conservação da energia mecânica.

8.4

- (a) (3)
- (b) (2)
- (c) (1)
- (d) (3)



(a) As duas esferas partem da mesma altura inicial, mas têm massas diferentes:  
 esfera X: massa  $m$   
 esfera Y: massa  $2m$

Energia potencial gravítica inicial

$$E_{pg} = m g h$$

Para X:

$$E_{pg,X} = m g h$$

Para Y:

$$E_{pg,Y} = 2 m g h$$

Logo:

$$E_{pg,X} < E_{pg,Y}$$

(b) Pela conservação da energia mecânica:

$$m g h = \frac{1}{2} m v^2$$

$$g h = \frac{1}{2} v^2$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

Como as duas esferas partem da mesma altura, chegam ao final com o mesmo módulo da velocidade.

(c) Num plano inclinado sem atrito:

$$a = g \sin \theta$$

Como plano onde se movimenta a esfera X é mais inclinado do que o plano da esfera Y,

$$a_X > a_Y$$

(d) Como o plano da esfera X é mais inclinado, a sua aceleração é maior ( $a = g \sin \theta$ ) e a distância que a esfera X percorre ao longo do plano é mais menor. Consequentemente, a esfera X demora menos tempo a atingir a base do plano.

## 8.5

(A)  
*uniforme... nula*

Num plano horizontal e sem atrito, as únicas forças que atuam na esfera são o peso e a força normal exercida pelo plano. Estas forças são ambas verticais, têm a mesma intensidade, sentidos opostos, pelo que se anulam. Assim, a resultante das forças é nula.

De acordo com a 2.ª lei de Newton, a aceleração da esfera é nula e a sua velocidade mantém-se constante. Por isso, a esfera desloca-se em linha reta com velocidade constante, isto é, em movimento retilíneo uniforme. Esta mesma conclusão poderia ser obtida diretamente da 1.ª lei de Newton.