



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

ITEM 1.	3
1.1.	3
1.2.	4
1.3.	5
1.4.	6
ITEM 2.	7
2.1.	7
2.2.	7
2.3.	8
2.4.	10
ITEM 3.	10
ITEM 4.	12
4.1.	12
4.2.	13
ITEM 5.	13
5.1	13
5.2	14
ITEM 6.	15
6.1	15
6.2	15
ITEM 7.	16
7.1	16
7.2	16
7.3	17
ITEM 8.	18
8.1	18
8.2	20
8.3	20
8.4	21
8.5	22

Item 1.

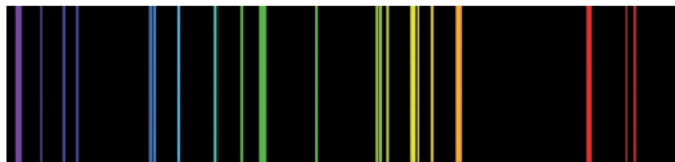
1.1.

(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.

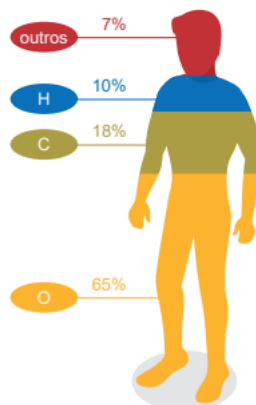


Figura 2

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:

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

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

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

Conciliando (2) e (1), obtém-se

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

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

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

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

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}O	(1) Isótopo mais abundante na natureza.
(b) ^{17}O	(2) Isótopo com 9 neutrões.
(c) ^{18}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_ZX :

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

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

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

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

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

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.

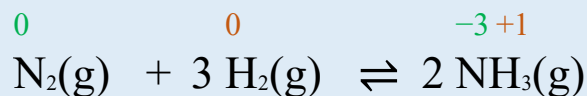
A carga nuclear de um átomo corresponde ao valor positivo do seu número atómico; assim, todos os átomos de oxigénio, cujo número atómico é 8, apresentam carga nuclear +8, e não +17.

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 N₂ o oxidante

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

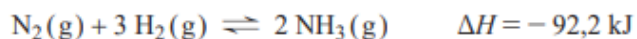


O nitrogénio apresenta uma diminuição do número de oxidação de 0 para -3 ($\Delta n.o. = -3 - 0 = -3$), pelo que sofre uma redução e sendo N₂ o agente oxidante.

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 H₂ o agente redutor.

2.2.**(A)**

A temperatura diminui



A reação direta é exotérmica, como indica o valor negativo de ΔH .

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 NH₃ (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 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 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 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:

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

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

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 $a^3 b$:

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

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

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

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

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

pois a solução negativa não apresenta significado químico.

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, 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_{NH_3} , do amoníaco na mistura, teremos

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

Resolução alternativa:

Pretende-se calcular a fração molar, x_{NH_3} , de amoníaco na mistura:

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_{\text{NH}_3} + n_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (1)$$

Pode-se substituir a quantidade de soluto, n_{NH_3} , para um volume, V , de solução por $n_{\text{NH}_3} = c \times V$ (2).

Já para se obter a quantidade de solvente, a água, é necessário conhecer a sua massa. Dado que

$$m_{\text{solução}} = \rho_{\text{solução}} \times V$$

para a massa de solvente, que será igual à massa da solução subtraída da massa do soluto, teremos

$$m_{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \rho_{\text{solução}} \times V - n_{\text{NH}_3} \times M(\text{NH}_3)$$

$$m_{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \rho_{\text{solução}} \times V - c \times V \times M(\text{NH}_3)$$

$$m_{n_{\text{H}_2\text{O}}} = V \times (\rho_{\text{solução}} - c \times M(\text{NH}_3))$$

Pelo que a quantidade de água será

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{n_{\text{H}_2\text{O}}}}{M(\text{H}_2\text{O})}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V \times (\rho_{\text{solução}} - c \times M(\text{NH}_3))}{M(\text{H}_2\text{O})} \quad (3)$$

Substituindo-se (2) e (3) em (1) obtém-se

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{c \times V}{c \times V + \frac{V \times (\rho_{\text{solução}} - c \times M(\text{NH}_3))}{M(\text{H}_2\text{O})}}$$

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{c \times V}{V \times (c + \frac{\rho_{\text{solução}} - c \times M(\text{NH}_3)}{M(\text{H}_2\text{O})})}$$

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{c}{c + \frac{\rho_{\text{solução}} - c \times M(\text{NH}_3)}{M(\text{H}_2\text{O})}} \quad (4)$$

Como a concentração encontra-se expressa em mol dm^{-3} , ter-se á que converter a massa volúmica da solução para g dm^{-3} , ficando:

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{0,8980 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{0,8980 \text{ g}}{10^{-3} \text{ dm}^3}$$

$$\rho_{\text{solução}} = 898,0 \text{ g dm}^{-3}$$

A expressão (4) ficará, então:

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{14,8}{14,8 + \frac{898,0 - 14,8 \times 17,04}{18,02}}$$
$$x_{\text{NH}_3} = \frac{14,8}{50,65}$$
$$x_{\text{NH}_3} = 0,292$$

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°C , a relação

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

fica

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

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

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

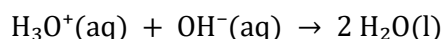
pelo que conseguimos calcular a concentração de iões hidróxido na água alcalina

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-4,50}$$

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

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 pH=8,50. Como este valor é superior a 7, a 25 °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 pH=0,01

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

Item 6.

6.1

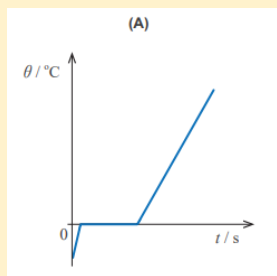
(B)

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.

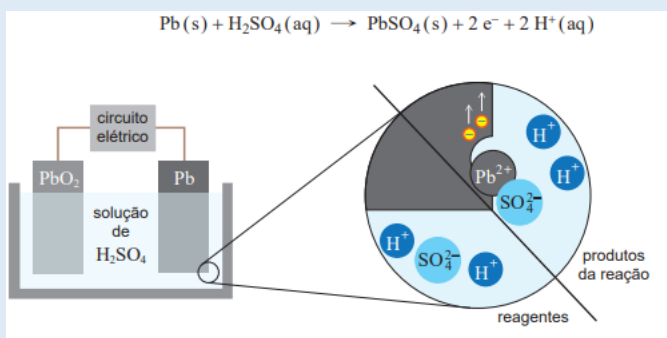
A mesma conclusão pode ser obtida pela análise da expressão que relaciona o declive do gráfico temperatura (T)–tempo (t) com as grandezas físicas envolvidas:

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

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 H^+ e 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

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

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

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

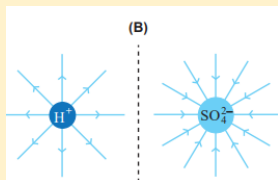
pelo que a massa de chumbo que reagiu é de

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

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

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

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:

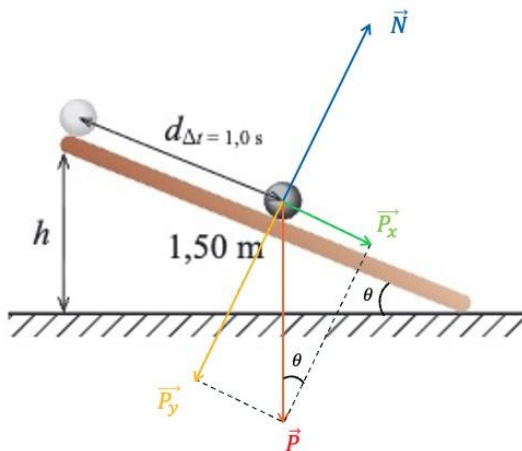
$$N_{\text{linhas}} \propto \text{módulo}(q)$$

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:



$$\begin{aligned}\vec{F}_r &= m \times \vec{a} \\ \vec{P} + \vec{N} &= m \times \vec{a} \\ \vec{P}_x + \vec{P}_y + \vec{N} &= m \times \vec{a}\end{aligned}$$

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

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

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

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

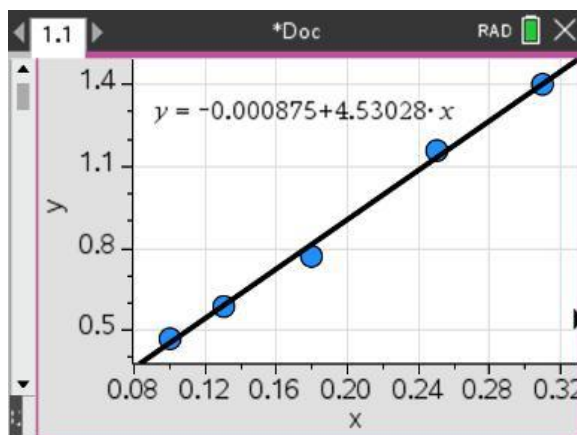
$$x = x_0 + 0 \times t + \frac{1}{2} a \times 1^2$$

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

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

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

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:



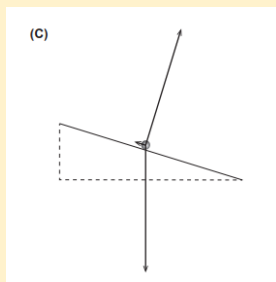
$$d_{\Delta t=1,0 \text{ s}} = 4,53 \times \frac{h}{1,50} \text{ (SI)}$$

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.

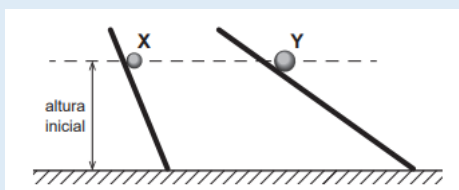
8.4

(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.