



# Proposta de Resolução do Exame 1<sup>a</sup> fase de 2022

Associação Portuguesa de Professores de Física e de Química

Prova de Exame Final Nacional do Ensino Secundário

Prova Escrita de Física e Química A — 715

11.º ano de escolaridade

1.ª Fase

Instituto de Avaliação Educativa, IAVE

27/junho/2022

[https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/06/EX-FQA715-F1-2022-V1\\_n.et.pdf](https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/06/EX-FQA715-F1-2022-V1_n.et.pdf)

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

Nos itens de escolha múltipla é aqui apresentada a opção referente à versão 1.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Item 1</b>	<b>2</b>
1.1	.....	2
1.1.1	.....	2
1.1.2	.....	3
1.1.3	.....	3
1.2	.....	4
1.3	.....	4
<b>2</b>	<b>Item 2</b>	<b>7</b>
2.1	.....	7
2.2	.....	8
<b>3</b>	<b>item 3</b>	<b>9</b>
3.1	.....	9
3.2	.....	9
3.3	.....	10
3.4	.....	11
<b>4</b>	<b>Item 4</b>	<b>12</b>
4.1	.....	12
4.2	.....	12
4.2.1	.....	12
4.2.2	.....	13
<b>5</b>	<b>Item 5</b>	<b>14</b>
5.1	.....	14
5.1.1	.....	14
5.1.2	.....	14
5.2	.....	15
5.3	.....	15
5.4	.....	16
<b>6</b>	<b>Item 6</b>	<b>17</b>
6.1	.....	17
6.2	.....	19
<b>7</b>	<b>Item 7</b>	<b>20</b>
7.1	.....	20
7.2	.....	20
7.3	.....	21

# 1 Item 1

Em 2020, foi enviada mais uma sonda espacial ao planeta Marte, integrada na missão *Mars 2020*. Essa sonda transportou, pela primeira vez na história da exploração espacial, um pequeno helicóptero. Fazer voar um helicóptero em Marte foi um desafio. Os engenheiros sabiam que a aceleração gravítica de Marte, aproximadamente  $\frac{1}{3}$  da terrestre, ajudaria na descolagem, mas a sua atmosfera rarefeita iria tornar mais difícil a sustentação. Assim, o pequeno helicóptero, de 1,8 kg de massa, foi construído com duas hélices de 1,2 m de diâmetro, que rodam, em direções opostas, a 2400 rotações por minuto.

<https://mars.nasa.gov> (consultado em 18/10/2021). (Texto adaptado)

## 1.1

Com os dados do altímetro, os engenheiros confirmaram o sucesso do primeiro voo de teste, em que o helicóptero apenas efetuou uma trajetória vertical.

Na Figura 1, encontra-se representado o gráfico da altitude do helicóptero,  $y$ , em função do tempo,  $t$ .

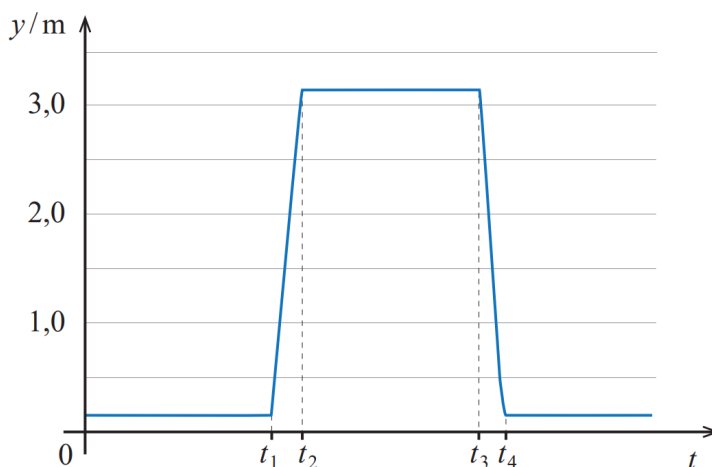


Figura 1:

<https://mars.nasa.gov/resources/25820/altimeter-chart-for-ingenuitys-first-flight>  
(consultado em 01/05/2021). (Adaptado)

Considere que o helicóptero pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

### 1.1.1

O gráfico da Figura 1 permite concluir que,

- (A) entre 0 e  $t_1$ , o helicóptero se afastou do ponto de partida.
- (B) entre  $t_1$  e  $t_2$ , o movimento do helicóptero foi uniformemente acelerado.
- (C) entre  $t_2$  e  $t_3$ , o helicóptero descreveu uma trajetória retilínea.
- (D) entre 0 e  $t_4$ , ocorreu uma inversão no sentido do movimento do helicóptero.

### Solução: Opção (D)

- De  $t_0$  a  $t_1$ , a coordenada da posição do helicóptero não se alterou no tempo (repouso);
- De  $t_1$  a  $t_2$ , a coordenada da posição do helicóptero aumentou (o que significa que o helicóptero se moveu no sentido positivo do referencial);
- De  $t_2$  a  $t_3$ , a coordenada da posição do helicóptero não se alterou no tempo (repouso);

- De  $t_3$  a  $t_4$ , a coordenada da posição do helicóptero diminui (o que significa que o helicóptero se moveu no sentido negativo do referencial);
- A partir de  $t_4$  a coordenada da posição do helicóptero não se alterou no tempo (repouso).

Assim, de  $t_0$  a  $t_4$  ocorre uma inversão no sentido do movimento.

### 1.1.2

Em Marte, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no helicóptero, no deslocamento entre a posição inicial e a altitude máxima, é

- (A) 54 J.
- (B) 18 J.
- (C) -18 J.
- (D) - 54 J.

**Solução: Opção (C)**

- $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{Pg} \rightarrow W_{\vec{F}_g} = -(E_{Pg_{final}} - E_{Pg_{inicial}})$
- $W_{\vec{F}_g} = -[m \times g_{marte} \times h_{final} - m \times g_{marte} \times h_{inicial}] \rightarrow W_{\vec{F}_g} = -m \times \frac{g_{Terra}}{3} \times \Delta h$
- $W_{\vec{F}_g} = -1,8 \times \frac{10}{3} \times 3 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -18 \text{ J}$

### 1.1.3

Considere uma parte do percurso em que o helicóptero se move com velocidade constante. Qual das opções pode representar, na mesma escala, as forças que atuam no helicóptero: a força de sustentação gerada pela rotação das hélices,  $\vec{F}_s$ , e a força gravítica,  $\vec{F}_g$ ?

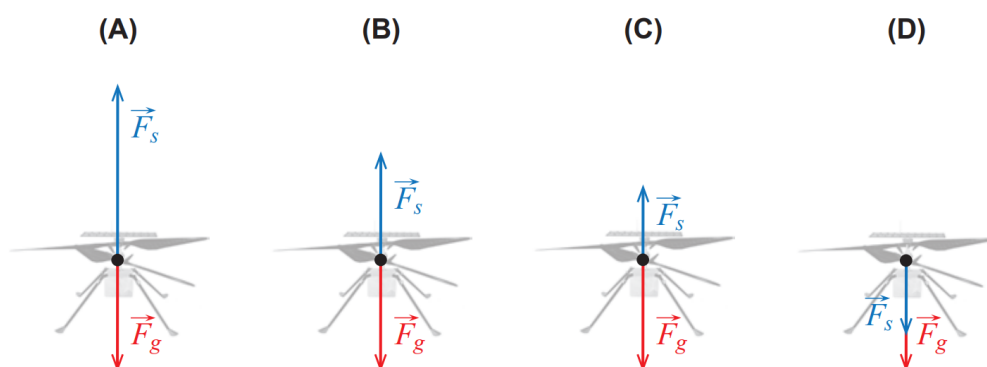


Figura 2:

**Solução: Opção (B)**

- Aplicação direta da 1ª Lei da Dinâmica (Lei da Inércia) - Se a resultante das forças que atuam num corpo (que corresponde à soma vetorial de todas as forças atuantes) é nula, então o corpo está em movimento retilíneo e uniforme ou em repouso. Como o movimento do helicóptero é retilíneo e uniforme (a sua velocidade é constante), as duas forças que atuam terão de ser simétricas para a sua resultante ser nula.

OU, em alternativa

- A velocidade é uma grandeza vetorial. A referência a uma "velocidade constante" implica, necessariamente, um vetor constante (não varia nem em direção, nem em módulo). Como o vetor velocidade é constante, a sua variação temporal é nula e, conseqüentemente, o movimento é retilíneo e uniforme, sendo a aceleração nula. Pela Lei Fundamental da Dinâmica (Segunda Lei de Newton)  $\vec{F}_r = m \times \vec{a}$ , a resultante das forças que atuam será nula. Assim, a soma vetorial das forças atuantes no helicóptero terá de ser nula.

## 1.2

Qual das expressões seguintes permite calcular, em  $\text{m s}^{-1}$ , o módulo da velocidade de um ponto na extremidade de uma hélice do helicóptero?

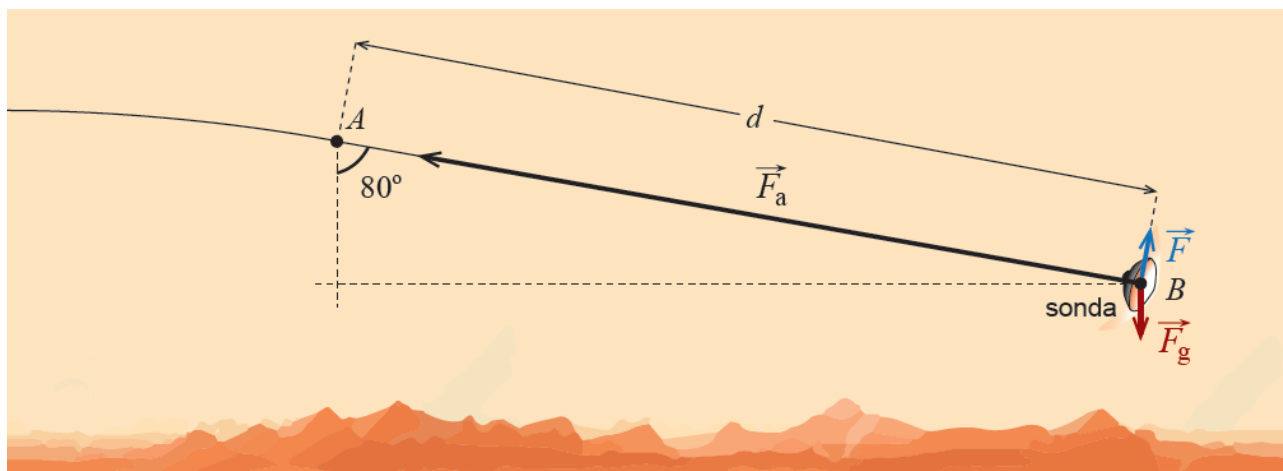
- (A)  $\frac{2\pi \times 0,6 \times 60}{2400} \text{m s}^{-1}$   
 (B)  $\frac{2\pi \times 1,2 \times 60}{2400} \text{m s}^{-1}$   
 (C)  $\frac{2\pi \times 0,6 \times 2400}{60} \text{m s}^{-1}$   
 (D)  $\frac{2\pi \times 1,2 \times 2400}{60} \text{m s}^{-1}$

### Solução: Opção (C)

- Sendo 1,2 m o diâmetro da trajetória de um ponto da extremidade de uma hélice, o raio da trajetória descrita será de 0,6 m.
- Como as hélices descrevem 2400 rotações por minuto, o seu período, em segundos, é de  $T = \frac{60}{2400}$  ou a sua frequência é de  $f = \frac{2400}{60}$  Hz.
- Dado que  $v = \omega \times r \rightarrow v = \frac{2\pi}{T} \times r \rightarrow v = \frac{2\pi \times 0,6}{\frac{60}{2400}} \Leftrightarrow v = \frac{2\pi \times 0,6 \times 2400}{60} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

## 1.3

A entrada da sonda na atmosfera de Marte foi uma das fases críticas da missão. A interação da sonda com a atmosfera provocou um aumento significativo da temperatura do seu revestimento. Numa aproximação à situação real, esquematiza-se na Figura 2, que não está à escala, uma parte de um percurso retilíneo da sonda ao entrar na atmosfera marciana, entre a posição A e a posição B. Admita que, sobre a sonda, atuam três forças constantes: a força gravítica,  $\vec{F}_g$ , uma força perpendicular à trajetória,  $\vec{F}$ , e a força de arrasto (força de atrito aerodinâmico),  $\vec{F}_a$ .



Admita que a sonda, de massa 1050 kg, passa pela posição A com uma velocidade de  $16\,500 \text{ km h}^{-1}$  e descreve uma trajetória que faz um ângulo de  $80^\circ$  com a vertical.

Considere que, no percurso entre A e B:

- a sonda perde 55% da sua energia cinética inicial;
- a intensidade da força de arrasto é, em média, 30 vezes superior à da força gravítica.

Determine a distância percorrida,  $d$ .

Apresente todos os cálculos efetuados.

### Resolução:

- **Resolução por aplicação do Teorema da Energia Cinética (ou Teorema do Trabalho-Energia)**

$$W_{\vec{F}_{\text{resultante}}} = \Delta E_c$$

$$W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}} + W_{\vec{F}_a} = E_{c_{\text{final}}} - E_{c_{\text{inicial}}} \quad (1)$$

Como todas as forças são constantes, o seu trabalho pode ser calculado, em cada caso, pela aplicação própria da definição, onde o  $\theta$  se refere ao ângulo formado pela força com o deslocamento,  $\vec{d}$ :

$$W_{\vec{F}_g} = F_g \times d \times \cos \theta \rightarrow W_{\vec{F}_g} = 1050 \times \frac{10}{3} \times d \times \cos 80^\circ \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = 607,7 \times d \quad (\text{SI})$$

$$W_{\vec{F}} = F \times d \times \cos \theta \rightarrow W_{\vec{F}} = F \times d \times \cos 90^\circ \Leftrightarrow W_{\vec{F}} = 0 \quad \text{J}$$

$$W_{\vec{F}_a} = F_a \times d \times \cos \theta \rightarrow W_{\vec{F}_a} = 30 \times 1050 \times \frac{10}{3} \times d \times \cos 180^\circ \Leftrightarrow W_{\vec{F}_a} = -1,05 \times 10^5 \times d$$

A variação da energia cinética necessária para ser substituída na equação 1 pode ser calculada pela definição:

$$\Delta E_c = E_{c_{\text{final}}} - E_{c_{\text{inicial}}}$$

e, como, a sonda perde 55 % da sua energia cinética inicial, a sua variação, negativa, corresponde a 55 % da energia cinética inicial:

$$\Delta E_c = -0,55 \times E_{c_{\text{inicial}}}$$

$$\Delta E_c = -0,55 \times \frac{1}{2} \times m \times v_{\text{inicial}}^2$$

$$\Delta E_c = -0,55 \times \frac{1}{2} \times 1050 \times \left(\frac{16500000}{3600}\right)^2$$

$$\Delta E_c = -6,07 \times 10^7 \text{ J} \quad (2)$$

Substituindo as expressões dos trabalhos para cada uma das forças e o valor obtido em 2 na expressão do Teorema da Energia Cinética 1, obtém-se

$$1,05 \times 10^5 \times d + 0 - 180 \times d = 6,07 \times 10^7 \quad (3)$$

$$d = 5,8 \times 10^4 \text{ m} \quad (4)$$

OU

• Resolução por aplicação da Lei Fundamental da Dinâmica e das Equações do Movimento

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

$$\vec{F}_g + \vec{F}_s + \vec{F}_a = m \times \vec{a}$$

Decompondo-se a força gravítica na direção coincidente com o movimento da sonda,  $xx$ , e na direção perpendicular à direção do movimento,  $yy$ , obtém-se:

$$\vec{F}_{g_x} + \vec{F}_{g_y} + \vec{F}_s + \vec{F}_a = m \times \vec{a} \quad (5)$$

Como a componente da aceleração  $\vec{a}_y$  é nula, dado que nessa direção a sonda não se move, os vetores  $\vec{F}_{g_y} + \vec{F}_s$  são simétricos:

$$\vec{F}_{g_y} + \vec{F}_s = m \times \vec{a}_y \Rightarrow \vec{F}_{g_y} + \vec{F}_s = m \times \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{g_y} + \vec{F}_s = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{g_y} = -\vec{F}_s$$

Substituindo esta última relação em 5, têm-se:

$$\vec{F}_{g_x} + \vec{F}_a = m \times \vec{a} \quad (6)$$

Reescrevendo 6 em função das componentes escalares dos vetores correspondentes e assumindo como sentido positivo do eixo dos  $xx$  o sentido do movimento, teremos:

$$F_{g_x} - F_a = m \times a_y \quad (7)$$

$$m \times g_{\text{marte}} \times \sin 10^\circ - 30 \times m \times g_{\text{marte}} = m \times a_y \quad (8)$$

$$a_y = g_{\text{marte}} \times \sin 10^\circ - 30 \times g_{\text{marte}} \quad (9)$$

$$a_y = \frac{g_{\text{marte}}}{3} \times (\sin 10^\circ - 30) \quad (10)$$

$$a_y = \frac{10}{3} \times (\sin 10^\circ - 30) \quad (11)$$

$$a_y = -9,94 \times 10^1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (12)$$

Utilizando-se a Lei das Posições para o movimento retilíneo uniforme retardado na direção do eixo dos  $xx$ , assumindo como nula a coordenada da posição em  $A$ , teremos:

$$x(t) = \frac{16500000}{3600} \times t + \frac{1}{2} \times (-9,94 \times 10^1) \times t^2 \quad (13)$$

Utilizando-se a Lei das Velocidades para o movimento retilíneo uniforme retardado na direção do eixo dos  $xx$ , teremos:

$$v_B(t) = \frac{16500000}{3600} - 9,94 \times 10^1 \times t \quad (14)$$

A sonda diminui 55% da sua energia cinética no trajeto de  $A$  a  $B$ , pelo que em  $B$  conserva 45% do seu valor em  $A$ , obtendo-se:

$$E_{C_B} = 0,45 \times E_{C_A} \quad (15)$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 = 0,45 \times \frac{1}{2} \times m \times v_A^2 \quad (16)$$

$$v_B^2 = 0,45 \times v_A^2 \quad (17)$$

$$v_B = \sqrt{0,45} \times v_A \quad (18)$$

$$v_B = \sqrt{0,45} \times \frac{16500000}{3600} \quad (19)$$

$$v_B = 3,07 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (20)$$

Substituindo 20 em 14 calcula-se o tempo em que a sonda atinge  $B$ ,

$$t = 15,2 \text{ s} \quad (21)$$

e, finalmente, substituindo-se o tempo obtido em 21 na lei das posições 13, obtém-se a posição da sonda neste instante:

$$x = \frac{16500000}{3600} \times 15,2 + \frac{1}{2} \times (-9,94 \times 10^1) \times 15,2^2 \quad (22)$$

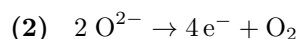
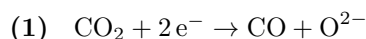
$$x = 5,8 \times 10^4 \text{ m} \quad (23)$$

Por último, calcula-se a distância percorrida. Como a sonda não inverte o sentido do seu movimento:

$$d = |x - x_0| \rightarrow d = |5,8 \times 10^4 - 0| \Leftrightarrow d = 5,8 \times 10^4 \text{ m} \quad (24)$$

## 2 Item 2

Para preparar uma futura expedição a Marte, na missão *Mars 2020* seguiu o módulo MOXIE. Este dispositivo foi concebido para testar, pela primeira vez, a produção local de dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , a partir do dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , existente na atmosfera marciana, de acordo com as semirreações traduzidas por

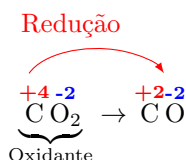


### 2.1

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

- (A) +2, sendo o  $\text{CO}_2$  a espécie oxidante.
- (B) -2, sendo o  $\text{CO}_2$  a espécie oxidante.
- (C) +2, sendo o  $\text{CO}_2$  a espécie redutora.
- (D) -2, sendo o  $\text{CO}_2$  a espécie redutora.

### Solução: Opção (B)



- A semiequação (1) corresponde a uma semirreação de redução (ganho de elétrons; variação negativa do número de oxidação), pelo que  $\text{CO}_2$  é a espécie oxidante
- Cálculo da variação do número de oxidação do carbono,  $\Delta \text{n.o.}(\text{C}) = -2$

– Em  $\text{CO}_2$ :

$$\text{n.o.}(\text{C}) + \text{n.o.}(\text{O}) \times 2 = 0 \rightarrow \text{n.o.}(\text{C}) + (-2) \times 2 = 0 \quad (25)$$

$$\Leftrightarrow \text{n.o.}(\text{C}) = +4 \quad (26)$$

– Em  $\text{CO}$ :

$$\text{n.o.}(\text{C}) + \text{n.o.}(\text{O}) = 0 \rightarrow \text{n.o.}(\text{C}) + (-2) = 0 \quad (27)$$

$$\Leftrightarrow \text{n.o.}(\text{C}) = +2 \quad (28)$$

– Variação do número de oxidação da espécie:

$$\Delta \text{n.o.}(\text{C}) = +2 - (+4) \Leftrightarrow \Delta \text{n.o.}(\text{C}) = -2 \Rightarrow \text{redução}$$

(Logo,  $\text{CO}_2$  é a espécie oxidante)

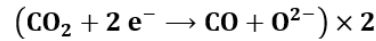


## 2.2

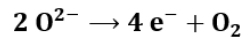
Calcule o número de módulos MOXIE necessários para produzir 1000 kg de  $O_2$  em 365 dias. Considere que o módulo MOXIE consegue retirar, por hora, 16,70 g de  $CO_2$  da atmosfera marciana e que a transformação de  $CO_2$  em  $O_2$  tem um rendimento de 50%.

Equação química que traduz a reação de eletrólise do dióxido de carbono

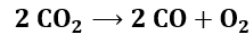
➤ Semiequação de redução:



➤ Semiequação de oxidação:



➤ Equação global:



Determinação da quantidade de matéria de  $O_2$  que seria obtida durante 1 h, usando 1 módulo, se o rendimento fosse de 100% (cálculo estequiométrico):

$$\frac{2 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } O_2} = \frac{0,37946 \text{ mol } CO_2}{n_{O_2}} \Leftrightarrow n_{O_2} = 0,18973 \text{ mol}$$

Determinação da quantidade de matéria de  $O_2$  obtida durante 1 h usando a equação de definição de rendimento:

$$\eta = \frac{n_{obtida}}{n_{prevista}} \times 100\% \rightarrow 50\% = \frac{n_{O_2obtida}}{0,18973 \text{ mol}} \times 100\% \Leftrightarrow n_{O_2obtida} = 0,09486 \text{ mol}$$

Determinação da massa de  $O_2$  obtida durante 1 h usando 1 módulo:

$$M(O_2) = \frac{m}{n} \rightarrow 32,00 \text{ g mol}^{-1} = \frac{m_{O_2obtida}}{0,09486 \text{ mol}} \Leftrightarrow m_{O_2obtida} = 3,036 \text{ g } (3,036 \times 10^{-3} \text{ kg})$$

Determinação da massa de  $O_2$  obtida durante 365 dias usando 1 módulo:

$$\frac{3,036 \times 10^{-3} \text{ kg } O_2}{1 \text{ h}} = \frac{m_{O_2obtida_{365}}}{365 \times 24 \text{ h}} \Leftrightarrow m_{O_2obtida_{365}} = 26,59 \text{ kg}$$

Cálculo do número de módulos MOXIE,  $x$ :

$$\frac{26,59 \text{ kg } O_2}{1 \text{ módulo MOXIE}} = \frac{1000 \text{ kg } O_2}{x} \Leftrightarrow x = 38$$

### 3 item 3

A procura de vida extraterrestre envolve a deteção de substâncias cuja existência pode ser indicadora da presença de vida.

#### 3.1

O metano,  $\text{CH}_4$ , é uma dessas substâncias e já foi detetado em Marte. A molécula de  $\text{CH}_4$  apresenta geometria

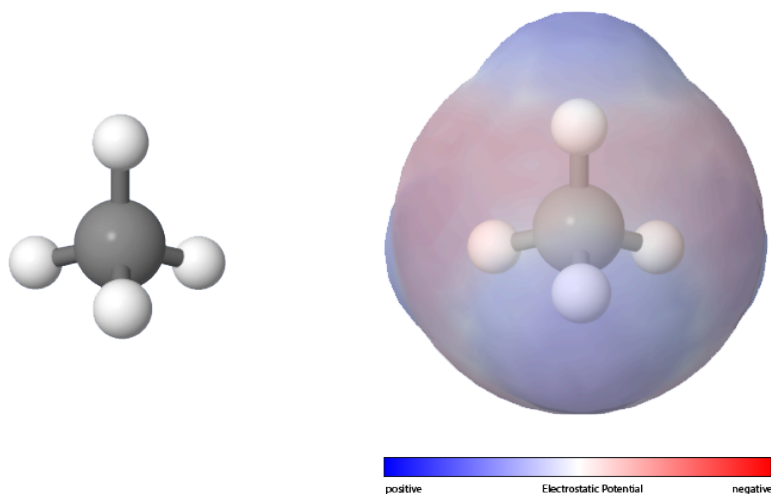
- (A) piramidal trigonal e é polar.
- (B) tetraédrica e é polar.
- (C) piramidal trigonal e é apolar.
- (D) tetraédrica e é apolar.

#### Solução: Opção (D)

O metano apresenta quatro ligações covalentes simples entre o átomo central de carbono e os quatro átomos de hidrogénio.

A repulsão entre os pares de eletrões ligantes é minimizada assumindo, a molécula, uma geometria tetraédrica, onde o átomo de carbono assume a posição central e os átomos de hidrogénio se situam nos vértices do tetraedro.

As ligações carbono-hidrogénio são ligeiramente polares, mas, dada a simetria da molécula, as moléculas de metano são apolares. A situação pode ser ilustrada na figura seguinte.



<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/molecule-polarity/latest/molecule-polarity.html?simulation=molecule-polarity>

#### 3.2

A descoberta da origem do metano,  $\text{CH}_4$  ( $M = 16,05 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ), em Marte irá, provavelmente, requerer medições isotópicas.

No planeta Terra, o carbono apresenta dois isótopos estáveis, o carbono-12 ( $^{12}\text{C}$ ) e o carbono-13 ( $^{13}\text{C}$ ). A fração molar do isótopo ( $^{13}\text{C}$ ) no carbono é 0,0108.

Calcule o número de átomos do isótopo carbono-13 presentes numa amostra de 1 000 g de  $\text{CH}_4$  terrestre. Apresente todos os cálculos efetuados.

## Resolução:

Determinação da quantidade de matéria de  $\text{CH}_4$  e da quantidade de matéria de carbono:

$$M(\text{CH}_4) = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{CH}_4) = \frac{m}{n} \rightarrow 16,05 \text{ g mol}^{-1} = \frac{1000 \text{ g}}{n_{\text{CH}_4}} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_4} = 62,305 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CH}_4} = n_{^{12}\text{C}} + n_{^{13}\text{C}} = 62,305 \text{ mol}$$

Cálculo da quantidade de matéria de  $^{13}\text{C}$ :

Considerando a equação de definição de fração molar, tem-se:

$$\chi_{^{13}\text{C}} = \frac{n_{^{13}\text{C}}}{n_{^{12}\text{C}} + n_{^{13}\text{C}}} \rightarrow 0,0108 = \frac{n_{^{13}\text{C}}}{62,305 \text{ mol}} \Leftrightarrow n_{^{13}\text{C}} = 0,6729 \text{ mol}$$

Cálculo do número de átomos do isótopo carbono-13

$$N = n \times N_A \rightarrow N = 0,6729 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \Leftrightarrow N = 4,05 \times 10^{23}$$

## 3.3

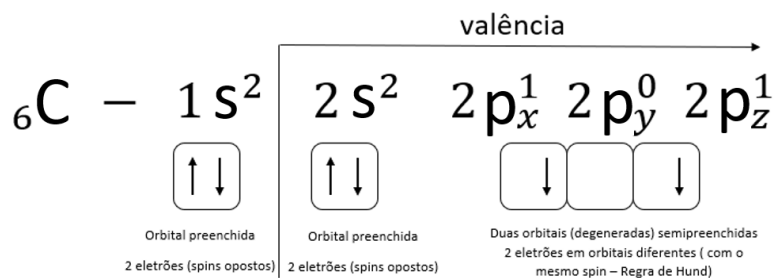
Num átomo de carbono, no estado fundamental, existem

- (A) quatro elétrons de valência distribuídos por duas orbitais.
- (B) quatro elétrons de valência distribuídos por três orbitais.
- (C) dois elétrons de valência distribuídos por duas orbitais.
- (D) dois elétrons de valência distribuídos por uma orbital.

### Solução: Opção (B)

O átomo de carbono apresenta seis elétrons.

Aplicando o Princípio da Energia Mínima (estado fundamental) e obedecendo ao Princípio da Exclusão de Pauli e à Regra de Hund, os elétrons encontram-se distribuídos como se encontra representado pela configuração eletrônica (complementada pelo diagrama de caixas) seguinte:



O nível de valência é o segundo (último nível energético ocupado, no estado fundamental), com quatro elétrons, distribuídos por três orbitais.

Existem 4 orbitais de valência ( $2.^{\circ}$  nível), das quais uma está completamente preenchida (o n.<sup>o</sup> máximo de elétrons por orbital é 2); duas semipreenchidas e uma vazia.

### 3.4

Na Figura 3, está representada a fórmula de estrutura da molécula de uma substância presente no solo marciano.

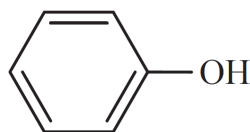


Figura 3

Esta substância pertence à família

- (A) dos aldeídos.
- (B) das aminas.
- (C) das cetonas.
- (D) dos álcoois.

### Solução: Opção (D)

O grupo hidroxilo, OH, é o grupo caraterístico dos álcoois e dos fenóis.

Em bom rigor, o composto apresentado é Fenol ordinário (ou ácido fénico ou hidroxibenzeno).

No contexto do item, a escolha mais adequada será a opção D, família dos álcoois. A nota seguinte pode ser útil.

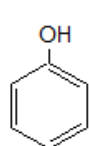
NOTA:

#### Álcoois e fenóis. Grupo hidroxilo.

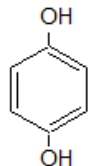
O grupo hidroxilo, OH, é o grupo caraterístico dos álcoois e dos fenóis.

R-OH é um álcool se R é alifático, como em CH<sub>3</sub>-OH (metanol), CH<sub>2</sub>=CH-OH (etenol ou álcool vinílico), CH≡C-OH (etinol ou álcool propargílico) e muitos outros.

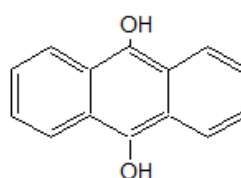
Será fenol se R é aromático, como no fenol ordinário, na antraquinona, no 9,10-Di-hidroxiantraceno e muitos outros.



Fenol ordinário,  
ácido fénico ou  
hidroxibenzeno

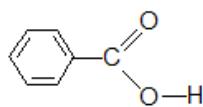
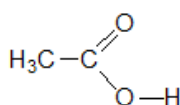


Hidroquinona ou  
p-di-hidroxibenzeno



9,10-Di-hidroxiantraceno

Também faz parte do grupo carboxilo dos ácidos, COOH.



Cortesia: Dr. Carlos Correia, Universidade do Porto

## 4 Item 4

Um navio transporta metano,  $\text{CH}_4$  ( $M = 16,05 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ), acondicionado em tanques. Um tanque na sua capacidade máxima contém  $1,17 \times 10^5 \text{ kg}$  de  $\text{CH}_4$  liquefeito. O  $\text{CH}_4$  liquefeito tem massa volúmica de  $0,4241 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

### 4.1

Calcule a massa máxima de  $\text{CH}_4$  que seria possível transportar num tanque, caso esta substância se encontrasse no estado gasoso, em condições PTN.

Apresente todos os cálculos efetuados.

### Resolução:

Determinação da capacidade máxima do tanque (igual ao volume de metano liquefeito) usando a equação de definição de densidade:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 0,4241 \text{ g cm}^{-3} = \frac{1,17 \times 10^8 \text{ g}}{V} \Leftrightarrow V = 2,759 \times 10^8 \text{ cm}^3 \quad (V = 2,759 \times 10^5 \text{ dm}^3)$$

Determinação da quantidade de matéria de  $\text{CH}_4$  no estado gasoso e em condições PTN no tanque:

$$V_m = \frac{V}{n} \rightarrow 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = \frac{2,759 \times 10^5 \text{ dm}^3}{n_{\text{CH}_4}} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_4} = 1,232 \times 10^4 \text{ mol}$$

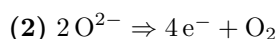
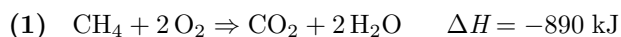
Determinação da massa de  $\text{CH}_4$  no estado gasoso e em condições PTN no tanque:

$$M(\text{CH}_4) = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{CH}_4) = \frac{m}{n} \rightarrow 16,05 \text{ g mol}^{-1} = \frac{m}{1,232 \times 10^4 \text{ mol}} \Leftrightarrow m = 1,98 \times 10^5 \text{ g}$$

### 4.2

A reação do  $\text{CH}_4$  com o dióxigénio,  $\text{O}_2$ , em fase gasosa, é traduzida por



#### 4.2.1

Na reação completa do  $\text{CH}_4$  proveniente do tanque do navio de transporte, são

- (A) libertados  $6,497 \times 10^{12} \text{ J}$  de energia.
- (B) libertados  $8,90 \times 10^5 \text{ J}$  de energia.
- (C) consumidos  $8,90 \times 10^5 \text{ J}$  de energia.
- (D) consumidos  $6,497 \times 10^{12} \text{ J}$  de energia.

### Solução: Opção (A)

Nota: O calculo refere-se à reação completa da massa referente ao tanque do navio transportando o máximo volume possível, ou seja, na sua capacidade.

- Determinação da quantidade de matéria de  $\text{CH}_4$ :

$$M(\text{CH}_4) = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$$

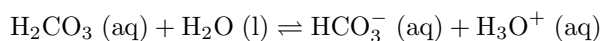
$$M(\text{CH}_4) = \frac{m}{n} \rightarrow 16,05 \text{ g mol}^{-1} = \frac{1,17 \times 10^8 \text{ g}}{n_{\text{CH}_4}}$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{CH}_4} = 7,290 \times 10^6 \text{ mol}$$

- Classificação da reação do ponto de vista energético:  
 $\Delta H < 0 \Rightarrow$  a reação é exotérmica. Logo, há liberação de energia.
- Cálculo da energia libertada  $\frac{890 \times 10^3 \text{ J}}{1 \text{ mol CH}_4} = \frac{E}{7,290 \times 10^6 \text{ mol}} \Leftrightarrow E = 6,49 \times 10^{12} \text{ J}$

### 4.2.2

O dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , ao reagir com a água da chuva, origina um ácido fraco, o ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . A primeira ionização do ácido carbónico em água pode ser traduzida por

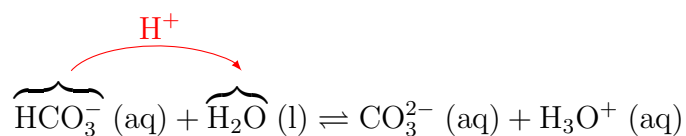


Quais são as duas espécies que resultam da segunda ionização do ácido carbónico em água?

- (A)  $\text{CO}_2$  e  $\text{OH}^-$
- (B)  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{CO}_2$
- (C)  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{OH}^-$
- (D)  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{CO}_3^{2-}$

**Solução: Opção (D).**

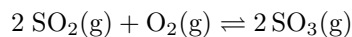
O ião hidrogenocarbonato, ou ião hidrogenio(trioxidocarbonato)(1-), que se forma na primeira ionização, reage com a água, cedendo um protão (iã  $\text{H}^+$ ) (ou seja, funcionando como um ácido):



## 5 Item 5

Nas imediações de um lago, um vulcão entra em erupção, com libertação de grandes quantidades de dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ . Este gás reage com o dióxigênio atmosférico,  $\text{O}_2$ , transformando-se em trióxido de enxofre,  $\text{SO}_3$ .

Em sistema fechado, esta reação pode ser traduzida por



### 5.1

O gráfico da Figura 4 representa o rendimento da reação de formação do  $\text{SO}_3$ , a diferentes temperaturas,  $\theta$ , em equilíbrio, à pressão de 1 atmosfera, em sistema fechado.

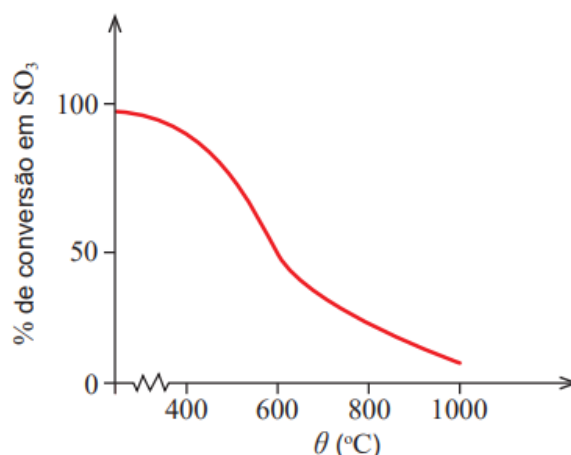


Figura 4

#### 5.1.1

A reação considerada, no sentido direto, é \_\_\_\_\_, e a constante de equilíbrio à temperatura de 800 °C é \_\_\_\_\_ à constante de equilíbrio à temperatura de 400 °C.

- (A) endotérmica ... superior
- (B) endotérmica ... inferior
- (C) exotérmica ... superior
- (D) exotérmica ... inferior

### Solução: Opção (D).

O gráfico mostra que, à pressão de 1 atm e em sistema fechado, aumentando a temperatura, a percentagem de conversão em  $\text{SO}_3$  (g) diminui, o que significa que um aumento de temperatura favorece a reação inversa. Como o aumento de temperatura favorece a reação endotérmica concluindo-se, assim, que a reação direta é exotérmica. Para uma reação química exotérmica, quanto mais elevada for a temperatura, menor é constante de equilíbrio.

#### 5.1.2

Preveja, de acordo com o princípio de Le Châtelier, o que aconteceria ao rendimento de formação de  $\text{SO}_3$  se, a uma temperatura constante, a pressão aumentasse.

## Resposta:

Se durante o processo, a temperatura permanecer constante, não há alteração do valor da constante de equilíbrio.

Considerando a equação química  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ , conclui-se que, para este sistema reacional em que todos os componentes são gasosos, o somatório dos coeficientes estequiométricos nos reagentes (1.º membro) — igual a 3 — é superior ao somatório dos coeficientes estequiométricos nos produtos de reação (2.º membro) — igual a 2.

Assim, o aumento de pressão (por diminuição da capacidade do reator, por exemplo) favorece a reação direta, ou seja, a que origina menor número de moléculas gasosas, pois, de acordo com a Lei de Avogadro, a pressão de uma mesma quantidade de qualquer gás é a mesma, à mesma pressão e temperatura.

[Pelo Princípio de Le Châtelier, aumentando a pressão, o sistema reacional vai evoluir de modo a que a pressão baixe, pelo que vai evoluir de modo a quantidade de matéria total — ou o número total de moléculas — no sistema reacional diminua]

Evoluindo o sistema reacional no sentido da reação direta, ou seja, no sentido da formação de  $\text{SO}_3(\text{g})$ , a percentagem de conversão em  $\text{SO}_3(\text{g})$  aumenta, o que poderá conduzir a um maior rendimento da reação de formação de  $\text{SO}_3(\text{g})$ .

## 5.2

A erupção de um vulcão pode libertar energia suficiente para vaporizar a água de um lago.

Calcule a energia, em unidades SI, necessária para vaporizar  $59\,400\text{ m}^3$  de água no estado líquido, à pressão atmosférica normal.

Admita que, nas condições indicadas:

- a massa volúmica da água é  $1,00\text{ g cm}^{-3}$ ;
- a temperatura inicial da água é  $18,0\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- a entalpia de vaporização da água é  $2,26 \times 10^3\text{ kJ kg}^{-1}$

Apresente todos os cálculos efetuados.

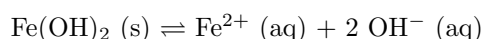
## Resolução:

- Cálculo da massa de água a vaporizar:  $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = 1,00 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \times 59400000\text{ dm}^3 \Leftrightarrow m = 5,90 \times 10^7\text{ kg}$
- Cálculo da energia necessária para vaporizar a água:  $\frac{2,26 \times 10^3\text{ kJ}}{1\text{ kg de água}} = \frac{E_{\text{vaporização}}}{5,9 \times 10^7\text{ kg}} \Leftrightarrow E_{\text{vaporização}} = 6,49 \times 10^{12}\text{ J}$
- Cálculo da energia necessária para aumentar a temperatura da massa de água, de  $18^\circ\text{ C}$  a  $100^\circ\text{ C}$  (ponto de fusão da água, à pressão atmosférica normal):  $E = m c \Delta\theta \rightarrow E = 5,9 \times 10^7 \times 4,18 \times 10^3 \times (100 - 18) \Leftrightarrow E = 2,0 \times 10^{13}\text{ J}$
- Energia total =  $2,0 \times 10^{13} + 6,49 \times 10^{12}\text{ J} \Leftrightarrow E = 1,55 \times 10^{14}\text{ J}$

## 5.3

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

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

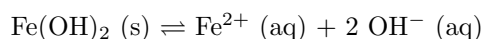




O produto de solubilidade,  $K_s$ , é  $4,10 \times 10^{-15}$ , à temperatura  $T$ .  
A solubilidade do hidróxido de ferro(II), em água, à temperatura considerada, é

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

### Solução: Opção (C).



- Expressão do produto de solubilidade:  
 $K_s = [\text{Fe}^{2+}]_e \cdot [\text{HO}^-]_e^2 \rightarrow K_s = s \cdot (2s)^2 \Leftrightarrow K_s = 4s^3$
- Substituindo, fica:  
 $s = \sqrt[3]{\frac{4,10 \times 10^{-15}}{4}} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \Leftrightarrow s = 1,01 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

## 5.4

Para prever erupções vulcânicas, os cientistas monitorizam a atividade sísmica com sismógrafos. Os sismos geram, entre outros tipos de ondas, ondas transversais, S, e ondas longitudinais, P.

O epicentro de um sismo ocorre a 3220 km de uma estação sismográfica, sendo as ondas S detetadas 4,8 minutos depois das ondas P.

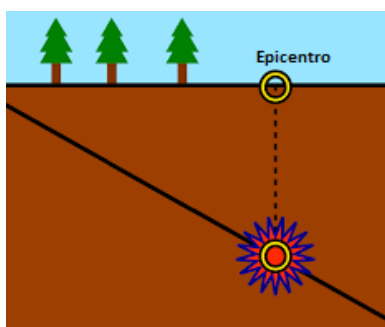
Admita uma propagação em linha reta e considere que as velocidades das ondas P e S se mantêm constantes durante o percurso.

A velocidade de propagação das ondas P é  $8,0 \text{ km s}^{-1}$ . Qual é a velocidade de propagação das ondas S?

- (A)  $7,9 \text{ km s}^{-1}$
- (B)  $3,2 \text{ km s}^{-1}$
- (C)  $4,7 \text{ km s}^{-1}$
- (D)  $11,2 \text{ km s}^{-1}$

### Solução: Opção (C).

O epicentro de um terremoto é o ponto da superfície da Terra que está exatamente acima do seu foco, sendo o ponto de origem das duas ondas, P e S, referidas no enunciado.



Ambos os sinais percorrem a mesma distância, 3 220 km, com velocidade constante, até alcançarem a estação sísmica. No entanto, as ondas S, detetadas na estação 4,8 min depois das ondas P, são mais lentas.

- $v = \frac{d}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{d}{v} \rightarrow \Delta t = \frac{3220}{8,0} \Leftrightarrow \Delta t_P = 402,5 \text{ s}$
- $v_S = \frac{d}{\Delta t_{vS}} \rightarrow v_S = \frac{3220}{402,5+4,8 \times 60} \Leftrightarrow v_S = 4,7 \text{ km s}^{-1}$ .

## 6 Item 6

Num percurso pedestre no litoral algarvio, um rapaz encontra aos seus pés uma abertura na rocha. Ao olhar para o seu interior, observa que se trata de uma cavidade de desenvolvimento vertical, de profundidade elevada, sobre a água. Este tipo de cavidades designa-se algar.

Pela abertura do algar, o rapaz deixa cair verticalmente uma pedra, como se representa na Figura 5.

### 6.1

O som da pedra a bater na água é ouvido 3,0 s depois de a pedra ser largada.

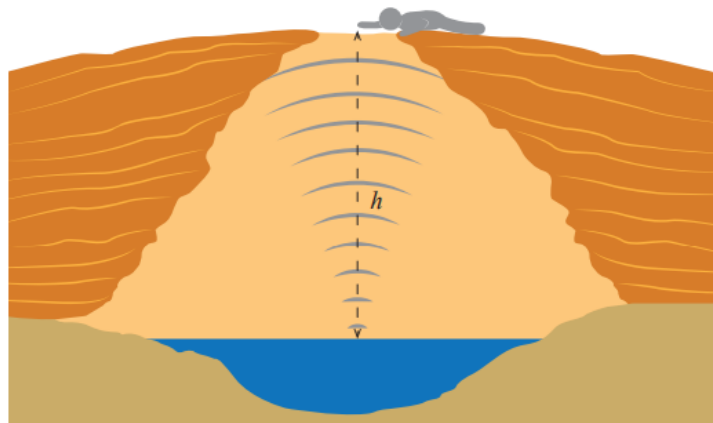


Figura 5

Admita que a velocidade do som no ar é  $340 \text{ m s}^{-1}$  e que a resistência do ar é desprezável. Mostre que, para a distância percorrida,  $h$ , a razão entre o tempo de queda,  $t_q$ , da pedra e o tempo de propagação do som,  $t_s$ , é 24 ( $\frac{t_q}{t_s} = 24$ ).

### Resolução:

- Como decorrem 3,0 s desde que a pedra é largada até o som do seu impacto com a água ser detetado pelo rapaz, este intervalo corresponde à soma do tempo de queda,  $t_q$ , com o tempo da propagação do som,  $t_s$ , para a percorrer a mesma distância,  $h$ .

$$t_q + t_s = 3 \text{ s} \quad (29)$$

- Aplicando-se a Lei das Posições para um movimento retilíneo uniformemente acelerado à queda da pedra, dado que se trata de uma queda livre, e considerando um referencial vertical, com origem no ponto onde a pedra é largada, e sentido positivo de cima para baixo, teremos  $h = \frac{1}{2} \times g \times t_q^2$  (SI) (porque a pedra foi abandonada e, portanto, a sua velocidade inicial é nula). Então, resolvendo esta equação em ordem ao tempo, teremos  $t_q = \sqrt{\frac{2 \times h}{g}}$  (SI)
- O som é uma onda de pressão, mecânica e longitudinal, que se propaga uniformemente no ar. O seu tempo de propagação será de  $t_s = \frac{h}{340}$  (SI) para percorrer a mesma distância,  $h$ .

Substituindo as expressões deduzidas para o tempo de queda e de propagação em 29, obtém-se

$$\sqrt{\frac{2 \times h}{g}} + \frac{h}{340} = 3 \text{ (SI)} \quad (30)$$

Fazendo uso das potencialidades de cálculo da calculadora gráfica, obtém-se a solução  $h = 41,4$  m, pelo que os tempos serão, respetivamente,

- $h = \frac{1}{2} \times g \times t_q^2 \rightarrow 41,4 = \frac{1}{2} \times 10 \times t_q^2 \Leftrightarrow t_q = 2,88$  s

- $t_s = \frac{41,4}{340} \Leftrightarrow t_s = 0,12$  s

Pelo que se obtém, como se queria demonstrar, que  $\frac{t_q}{t_s} = \frac{2,88}{0,12} \Leftrightarrow \frac{t_q}{t_s} = 24$

## 6.2

A queda vertical da pedra na superfície da água origina uma onda circular, tal como se representa na Figura 6. Na imagem, as zonas mais claras correspondem a cristas, e as zonas mais escuras correspondem a vales.

Admita um diâmetro,  $D$ , de 3,0 m.

Entre o instante em que a pedra atinge a água e o instante em que a frente de onda atinge a margem, o intervalo de tempo decorrido é 3,0 s. A onda que se propaga na água tem

- (A) uma frequência de 3,3 Hz.
- (B) um comprimento de onda de 0,6 m.
- (C) uma frequência de 1,7 Hz.
- (D) um comprimento de onda de 1,0 m.

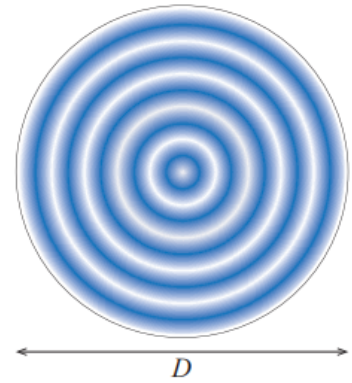


Figura 6

### Solução: Opção (C).

Admitindo que a margem do lago se encontra representada pela linha contínua negra da figura, retira-se propagação da perturbação produzida demora 3,0 s a percorrer de 1,5 m, que essa distância corresponde a cinco comprimentos de onda e que decorrem, nesse intervalo de tempo, 5 ciclos de oscilação.

Assim:

- O período corresponde a  $\frac{3\text{ s}}{5} = 0,6\text{ s}$  e a frequência a  $\frac{5}{3\text{ s}} = 1,7\text{ Hz}$ , pelo que a opção C está correta.
- O comprimento de onda corresponde a  $\frac{1,5\text{ m}}{5} = 0,3\text{ m}$ , pelo que as opções B e D estão incorretas.

## 7 Item 7

Com o objetivo de determinar as características de uma pilha, um grupo de alunos montou um circuito elétrico, constituído por uma pilha, uma resistência variável e um interruptor. Foram também instalados dois aparelhos de medida (um voltímetro e um amperímetro), tal como se esquematiza na Figura 7.

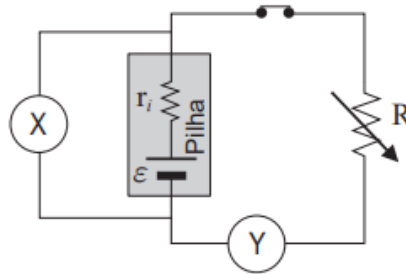


Figura 7

### 7.1

O voltímetro é o aparelho de medida representado por

- (A) X e está instalado em paralelo com a pilha.
- (B) X e está instalado em série com a pilha.
- (C) Y e está instalado em paralelo com a pilha.
- (D) Y e está instalado em série com a pilha.

### Solução: Opção (A)

Os amperímetros medem a carga elétrica que atravessa o condutor no local onde são intercalados, por unidade de tempo (corrente elétrica). Terão que ser instalados nesse local e, para terem a menor interferência possível com o funcionamento do circuito onde são colocados, devem ter uma resistência interna muito baixa (idealmente, zero).

Pelo contrário, os voltímetros, como medem a energia transferida por unidade de carga entre dois pontos do circuito (diferença de potencial elétrico), terão de ser intercalados em paralelo com o circuito, ligando-se a eles nos dois pontos pretendidos. Para terem a menor interferência possível com o circuito, deverão apresentar uma resistência interna muito elevada (idealmente, infinita; na prática, são da ordem dos  $M\Omega$  de modo a desviarem o mínimo de corrente do circuito principal).

### 7.2

A força eletromotriz da pilha pode ser determinada antes da montagem do circuito, através de uma única medição direta. Descreva esse procedimento e explique o seu fundamento.

### Resposta:

O voltímetro deverá ser diretamente ligado aos terminais da pilha. Como o voltímetro apresenta uma elevada resistência interna, a corrente elétrica que percorre o circuito será muito baixa, aproximadamente nula. Dado que, pela equação do gerador  $U = \varepsilon - r \times I$ , sendo a corrente elétrica aproximadamente zero  $I \simeq 0$ , a diferença de potencial medida corresponderá à força eletromotriz  $U \simeq \varepsilon$ .

### 7.3

Na tabela seguinte, estão registados os valores da diferença de potencial,  $U$ , e da corrente elétrica,  $I$ , medidos para cada valor de resistência elétrica introduzida no circuito.

Ensaio	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º
$U/V$	8,41	8,05	7,58	6,01	6,31	5,70
$I/A$	0,10	0,21	0,32	0,38	0,61	0,74

Ao traçar o gráfico de  $U$ , em função de  $I$ , os alunos perceberam que um dos pares de valores experimentais não acompanhava a tendência linear dos restantes. Na determinação das características da pilha, decidiram eliminar esse par de valores.

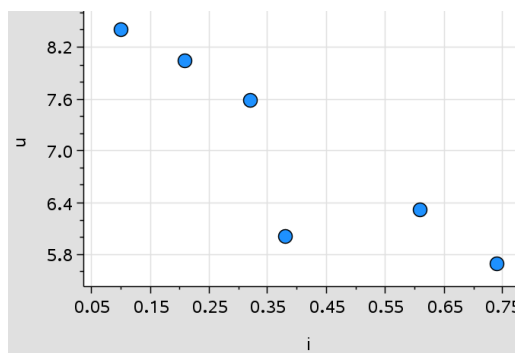
Apresente as características da pilha, com dois algarismos significativos.

Na resposta:

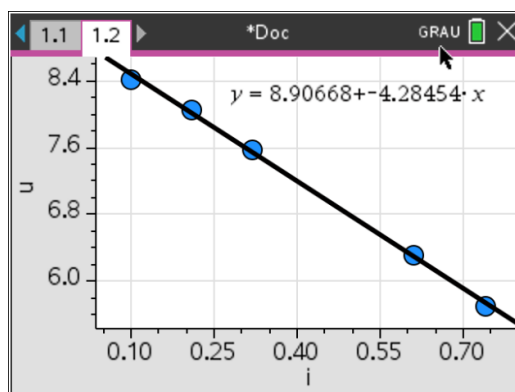
- identifique o par de valores experimentais que os alunos eliminaram;
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de  $U$ , em função de  $I$  (para os cinco ensaios considerados).

### Resposta:

Inserindo os dados num menu gráfico da uma calculadora, obtém-se a seguinte curva característica  $U = f(I)$  para a pilha:



O quarto ensaio não segue a tendência linear geral, pelo que deverá ter sido o eliminado.



A Equação Característica do gerador, face aos ensaios admitidos, é de  $U = 8,9 - 4,3 \times I$ , em unidades SI. Pelo que  $\varepsilon = 8,9 \text{ V}$  e  $r = 4,3 \Omega$