



Proposta de Resolução do Exame 1^a 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

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

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

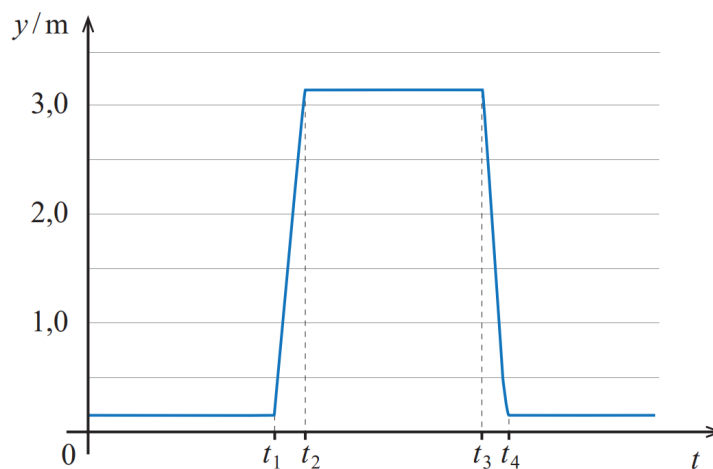


Figura 1:

<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 ?

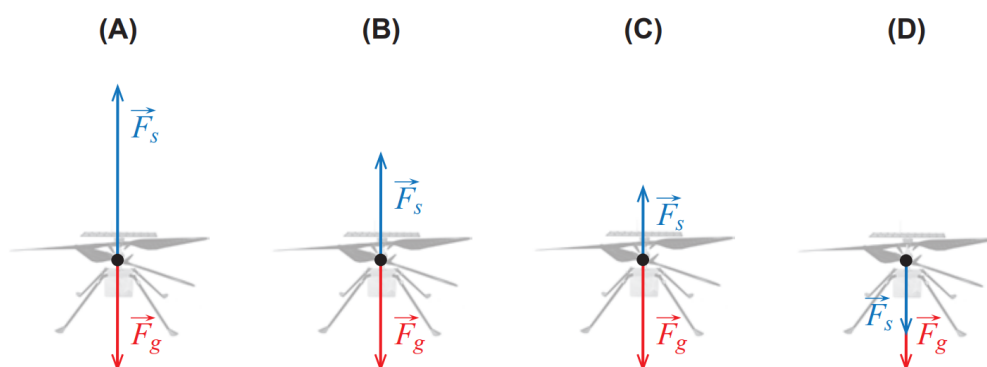


Figura 2:

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 m s^{-1} , o módulo da velocidade de um ponto na extremidade de uma hélice do helicóptero?

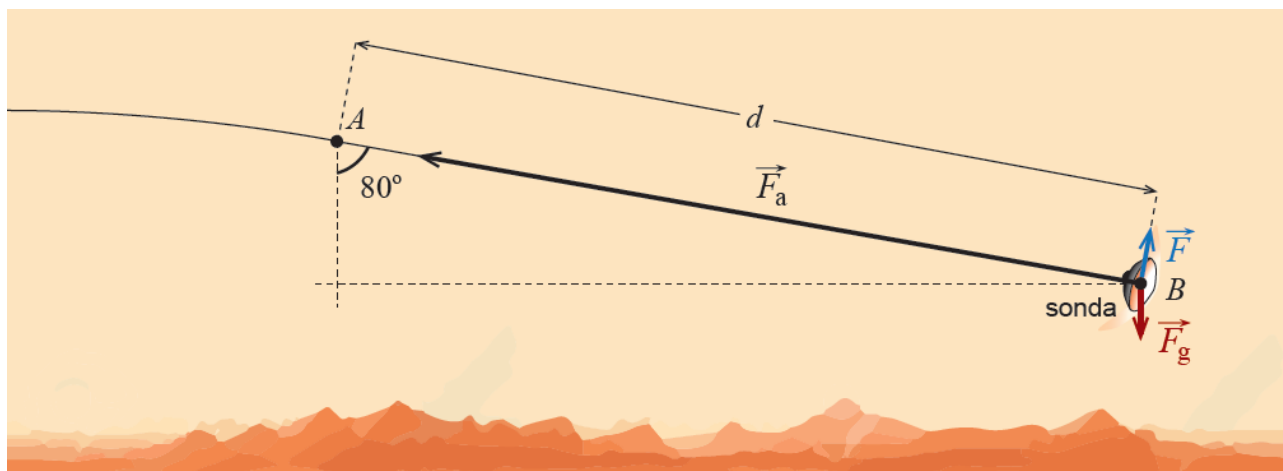
- (A) $\frac{2\pi \times 0,6 \times 60}{2400} \text{m s}^{-1}$
 (B) $\frac{2\pi \times 1,2 \times 60}{2400} \text{m s}^{-1}$
 (C) $\frac{2\pi \times 0,6 \times 2400}{60} \text{m s}^{-1}$
 (D) $\frac{2\pi \times 1,2 \times 2400}{60} \text{m s}^{-1}$

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° 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 θ 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:

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

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

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

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

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

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

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:

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

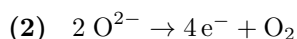
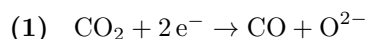
$$x = 5,8 \times 10^4 \text{ m} \quad (23)$$

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, CO_2 , a partir do dióxido de carbono, CO_2 , existente na atmosfera marciana, de acordo com as semirreações traduzidas por

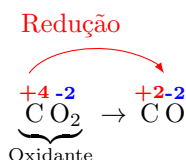


2.1

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

- (A) +2, sendo o CO_2 a espécie oxidante.
- (B) -2, sendo o CO_2 a espécie oxidante.
- (C) +2, sendo o CO_2 a espécie redutora.
- (D) -2, sendo o 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 CO_2 é a espécie oxidante
- Cálculo da variação do número de oxidação do carbono, $\Delta \text{n.o.}(\text{C}) = -2$

– Em 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 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:

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

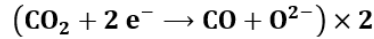
(Logo, CO_2 é a espécie oxidante)

2.2

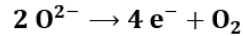
Calcule o número de módulos MOXIE necessários para produzir 1000 kg de O_2 em 365 dias. Considere que o módulo MOXIE consegue retirar, por hora, 16,70 g de CO_2 da atmosfera marciana e que a transformação de CO_2 em O_2 tem um rendimento de 50%.

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

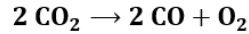
➤ Semiequação de redução:



➤ 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:

$$\frac{3,036 \times 10^{-3} \text{ kg } O_2}{1 \text{ h}} = \frac{m_{O_2obtida365}}{365 \times 24 \text{ h}} \Leftrightarrow m_{O_2obtida365} = 26,59 \text{ kg}$$

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, CH_4 , é uma dessas substâncias e já foi detetado em Marte. A molécula de CH_4 apresenta geometria

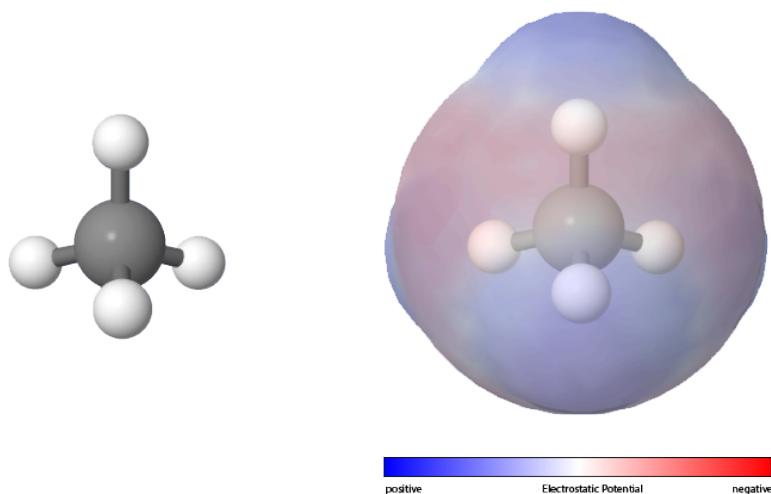
- (A) piramidal trigonal e é polar.
- (B) tetraédrica e é polar.
- (C) piramidal trigonal e é apolar.
- (D) tetraédrica e é apolar.

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, 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}C) e o carbono-13 (^{13}C). A fração molar do isótopo (^{13}C) no carbono é 0,0108.

Calcule o número de átomos do isótopo carbono-13 presentes numa amostra de 1 000 g de CH_4 terrestre. Apresente todos os cálculos efetuados.

Resolução:

Determinação da quantidade de matéria de 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}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

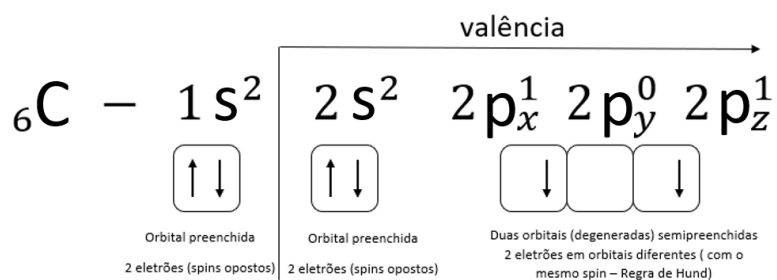
Num átomo de carbono, no estado fundamental, existem

- (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.^o 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.

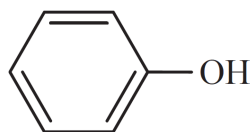


Figura 3

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.

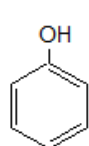
NOTA:

Álcoois e fenóis. Grupo hidroxilo.

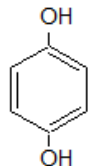
O grupo hidroxilo, OH, é o grupo caraterístico dos álcoois e dos fenóis.

R-OH é um álcool se R é alifático, como em CH₃-OH (metanol), CH₂=CH-OH (etenol ou álcool vinílico), CH≡C-OH (etinol ou álcool propargílico) e muitos outros.

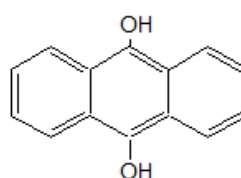
Será fenol se R é aromático, como no fenol ordinário, na antraquinona, no 9,10-Di-hidroxiantraceno e muitos outros.



Fenol ordinário,
ácido fénico ou
hidroxibenzeno

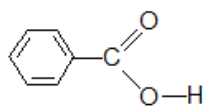
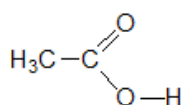


Hidroquinona ou
p-di-hidroxibenzeno



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, 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 CH_4 liquefeito. O CH_4 liquefeito tem massa volúmica de $0,4241 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

4.1

Calcule a massa máxima de 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 CH_4 no estado gasoso e em condições PTN no tanque:

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

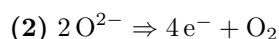
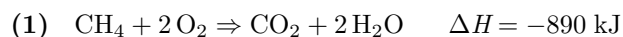
Determinação da massa de CH_4 no estado gasoso e em condições PTN no tanque:

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

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

4.2

A reação do CH_4 com o dióxigénio, O_2 , em fase gasosa, é traduzida por



4.2.1

Na reação completa do 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 CH_4 :

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

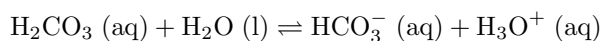
$$M(\text{CH}_4) = \frac{m}{n} \rightarrow 16,05 \text{ g mol}^{-1} = \frac{1,17 \times 10^8 \text{ g}}{n_{\text{CH}_4}}$$

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

- 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, CO_2 , ao reagir com a água da chuva, origina um ácido fraco, o ácido carbónico, H_2CO_3 . A primeira ionização do ácido carbónico em água pode ser traduzida por

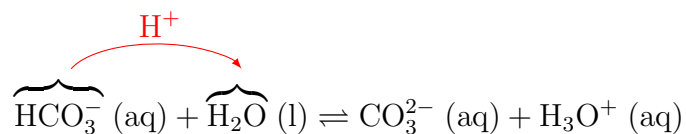


Quais são as duas espécies que resultam da segunda ionização do ácido carbónico em água?

- (A) CO_2 e OH^-
- (B) H_3O^+ e CO_2
- (C) CO_3^{2-} e OH^-
- (D) H_3O^+ e CO_3^{2-}

Solução: Opção (D).

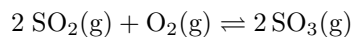
O ião hidrogenocarbonato, ou ião hidrogenio(trioxidocarbonato)(1-), que se forma na primeira ionização, reage com a água, cedendo um protão (iã H^+) (ou seja, funcionando como um ácido):



5 Item 5

Nas imediações de um lago, um vulcão entra em erupção, com libertação de grandes quantidades de dióxido de enxofre, SO_2 . Este gás reage com o dióxigênio atmosférico, O_2 , transformando-se em trióxido de enxofre, 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 SO_3 , a diferentes temperaturas, θ , em equilíbrio, à pressão de 1 atmosfera, em sistema fechado.

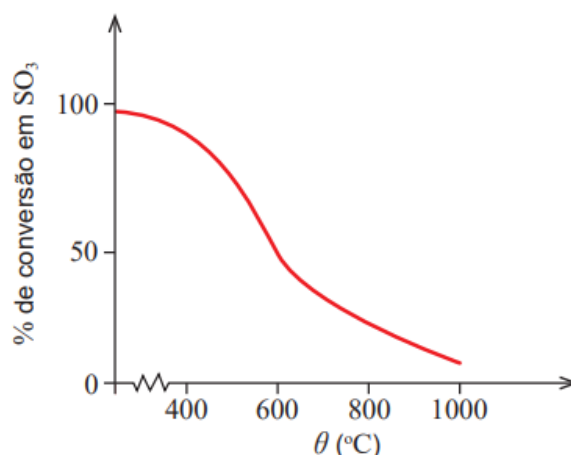


Figura 4

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 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 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 $18,0\text{ °C}$;
- a entalpia de vaporização da água é $2,26 \times 10^3\text{ kJ kg}^{-1}$

Apresente todos os cálculos efetuados.

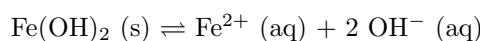
Resolução:

- 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 °C a 100 °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.

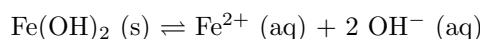
O hidróxido de ferro(II) é um sal pouco solúvel em água. O seu equilíbrio de solubilidade é expresso por



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.

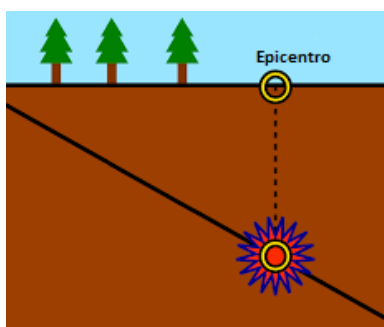
Admita uma propagação em linha reta e considere que as velocidades das ondas P e S se mantêm constantes durante o percurso.

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.

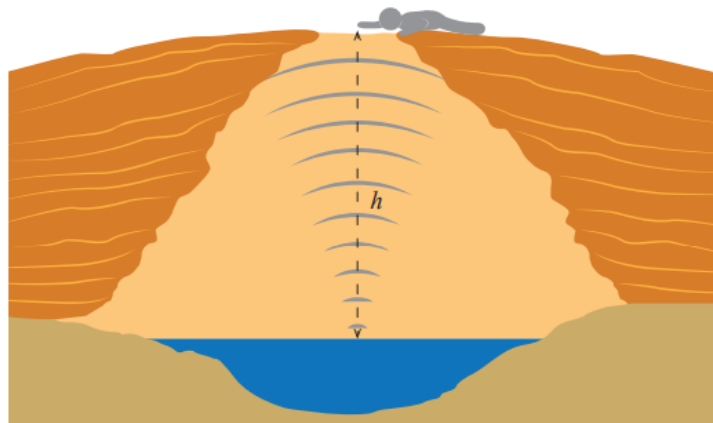


Figura 5

Admita que a velocidade do som no ar é 340 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.

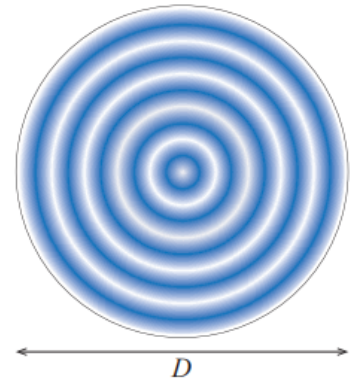


Figura 6

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.

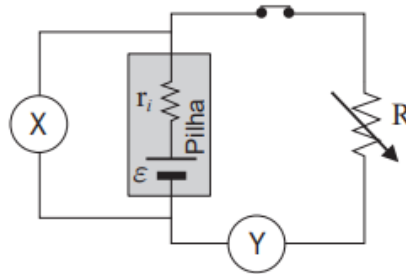


Figura 7

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 $U = \epsilon - r \times I$, sendo a corrente elétrica aproximadamente zero $I \simeq 0$, a diferença de potencial medida corresponderá à força eletromotriz $U \simeq \epsilon$.

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.

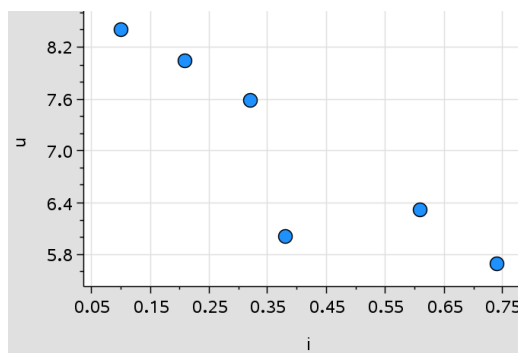
Apresente as características da pilha, com dois algarismos significativos.

Na resposta:

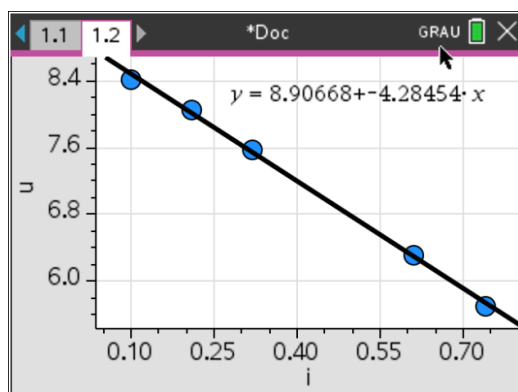
- identifique o par de valores experimentais que os alunos eliminaram;
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de U , em função de I (para os cinco ensaios considerados).

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 $r = 4,3 \Omega$