



# Proposta de Resolução do Exame 2ª 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  
2.ª Fase

Instituto de Avaliação Educativa, IAVE

21 de julho de 2022

[https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/07/EX-FQA715-F2-2022-V1\\_et.pdf](https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/07/EX-FQA715-F2-2022-V1_et.pdf)

**Resolução comentada e explicada, disponível em [appfq.pt](http://appfq.pt)**

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
1.2	.....	2
1.2.1	.....	3
1.2.2	.....	3
1.3	.....	4
1.3.1	.....	4
1.3.2	.....	6
<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	.....	10
3.3	.....	11
<b>4</b>	<b>Item 4</b>	<b>11</b>
4.1	.....	12
4.2	.....	12
<b>5</b>	<b>Item 5</b>	<b>13</b>
5.1	.....	13
5.2	.....	14
5.3	.....	15
5.4	.....	15
5.4.1	.....	15
5.4.2	.....	17
<b>6</b>	<b>Item 6</b>	<b>19</b>
6.1	.....	20
6.2	.....	21
6.3	.....	21
<b>7</b>	<b>Item 7</b>	<b>22</b>
7.1	.....	22
7.2	.....	23
<b>8</b>	<b>Item 8</b>	<b>24</b>
8.1	.....	24
8.2	.....	24

# 1 Item 1

1. O Sol emite luz, mas também fluxos de partículas que constituem o vento solar.

Estas partículas carregadas eletricamente, como prótons, elétrons e íons de hélio, interagem com o campo magnético terrestre, deformando-o.

## 1.1

- \* 1.1. A Figura 1 ilustra a deformação do campo magnético terrestre por interação com o vento solar.

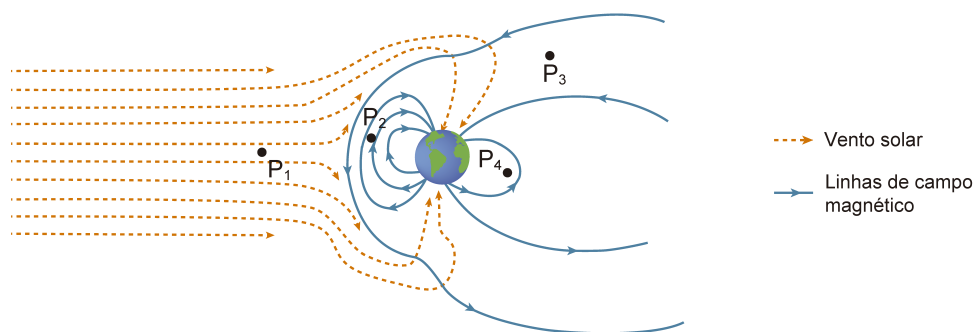


Figura 1

O módulo do campo magnético é maior

- (A) em  $P_1$  do que em  $P_4$ .
- (B) em  $P_3$  do que em  $P_2$ .
- (C) em  $P_2$  do que em  $P_4$ .
- (D) em  $P_1$  do que em  $P_2$ .

**Solução: Opção (C)**

### Resolução:

A marcação das linhas de campo de um campo vetorial é feita de modo a que estas sejam tangentes ao vetor campo em cada ponto e mais densas nas regiões onde o campo é mais intenso. Assim sendo, comparando a densidade das linhas de campo magnético da figura 1 (linhas marcada a azul), verifica-se que, na proximidade do ponto  $P_2$ , há uma maior densidade de linhas de campo do que na proximidade do ponto  $P_4$ , pelo que a opção (C) está correta. Pela mesma razão, retira-se que todas as outras opções estão incorretas.

## 1.2

- 1.2. As partículas energéticas constituintes do vento solar, ao entrarem na alta atmosfera terrestre, provocam manifestações de luz conhecidas por auroras. As auroras mais comuns apresentam cor verde, o que se deve, essencialmente, à presença de oxigénio atômico.

## 1.2.1

1.2.1. Na alta atmosfera terrestre, encontra-se oxigénio atómico, mas raramente se encontra nitrogénio atómico, porque a ligação covalente \_\_\_\_\_ na molécula de dinitrogénio tem \_\_\_\_\_ energia de ligação do que a ligação covalente na molécula de dióxigénio.

(A) dupla ... menor

(B) dupla ... maior

(C) tripla ... menor

(D) tripla ... maior

**Solução: Opção (D)**

### Resolução:

A molécula de nitrogénio,  $N_2$ , apresenta uma ligação covalente tripla (há uma partilha localizada de seis eletrões entre os dois núcleos) que possui maior energia de ligação do que a ligação covalente dupla (há uma partilha localizada de quatro eletrões) que se estabelece entre os átomos de  $O_2$ .

## 1.2.2

\* 1.2.2. A cor observada nas auroras mais comuns deve-se à \_\_\_\_\_ de radiação, associada a transições eletrónicas para níveis de energia \_\_\_\_\_ do átomo de oxigénio.

(A) emissão ... inferiores

(B) emissão ... superiores

(C) absorção ... inferiores

(D) absorção ... superiores

**Solução: Opção (A)**

### Resolução:

Os eletrões dos átomos, se transitarem de níveis de energia mais elevados para níveis de energia inferiores, é emitida radiação de valor igual à diferença da energia entre os dois níveis da transição.

## 1.3

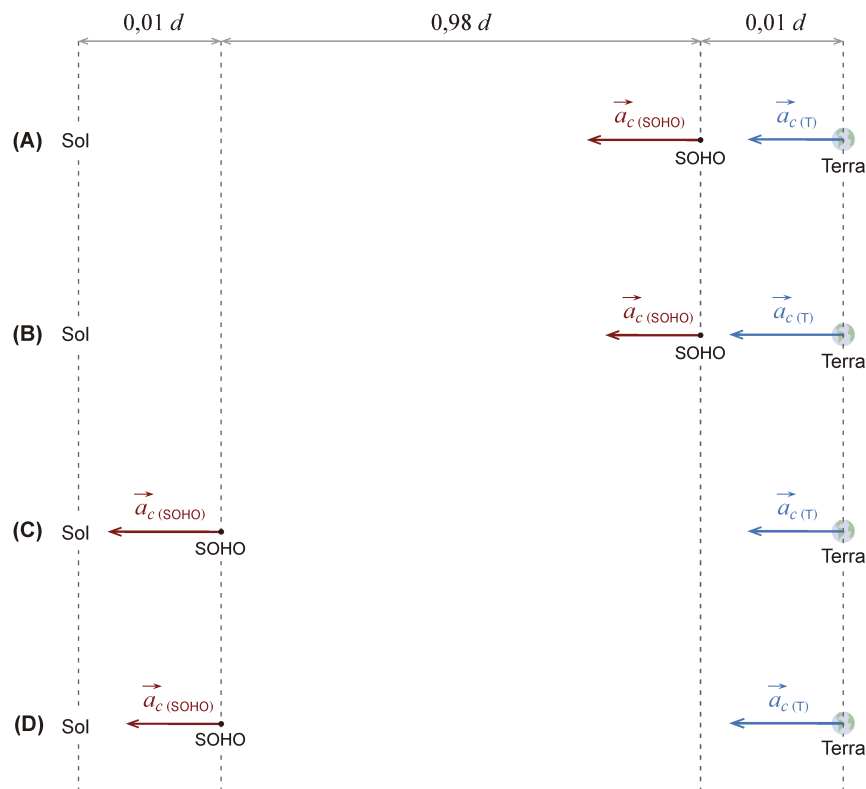
1.3. O satélite de observação solar SOHO contém instrumentos que permitem estudar distúrbios do vento solar.

### 1.3.1

1.3.1. O SOHO orbita o Sol com movimento circular uniforme e com o mesmo período orbital da Terra. Nos diagramas que se seguem, considere  $d$  a distância média da Terra ao Sol.

Admita que a distância do SOHO ao Sol é 99 vezes superior à distância do SOHO à Terra.

Qual dos diagramas (A, B, C ou D) pode representar as acelerações centrípetas, na mesma escala, no SOHO,  $\vec{a}_c(\text{SOHO})$ , e na Terra,  $\vec{a}_c(\text{T})$ ?



**Solução: Opção (B)**

### Resolução:

• Relação entre a distância média da Terra ao Sol ( $d$ ) e a distância entre SOHO e a Terra ( $d_{\text{SOHO-Terra}}$ ):  
 Dados do enunciado:  $d$  = distância média da terra ao Sol;  $d_{\text{SOHO-Sol}} = 99 \times d_{\text{SOHO-Terra}}$

$$d = d_{\text{SOHO-Terra}} + d_{\text{SOHO-Sol}}$$

$$d = d_{\text{SOHO-Terra}} + 99d_{\text{SOHO-Terra}}$$

$$d = 100d_{\text{SOHO-Terra}}$$

$$d_{\text{SOHO-Terra}} = \frac{1}{100}d$$

$$d_{\text{SOHO-Terra}} = 0,01d$$

- Relação entre a aceleração centrípeta do movimento da SOHO,  $\vec{a}_{\text{cSOHO}}$ , e a aceleração centrípeta do movimento da Terra,  $\vec{a}_{\text{cT}}$ :  
Como "o SOHO orbita o Sol com movimento circular uniforme e com o mesmo período orbital da Terra",  
 $T_{\text{SOHO-Sol}} = T_{\text{Terra-Sol}}$ .

Substituindo

$$v = \omega \times r$$

em

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

obtem-se

$$a_c = \frac{(\omega \times r)^2}{r}$$

$$a_c = \omega^2 \times r$$

Como

$$T_{\text{SOHO-Sol}} = T_{\text{Terra-Sol}} \text{ e } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

temos que a velocidade angular no movimento terrestre e da sonda SOHO têm o mesmo valor e

$$\frac{a_{\text{cSOHO}}}{a_{\text{cTerra}}} = \frac{\omega_{\text{SOHO}}^2 \times d_{\text{SOHO-Sol}}}{\omega_{\text{Terra}}^2 \times d_{\text{Terra-Sol}}}$$

$$\frac{a_{\text{cSOHO}}}{a_{\text{cTerra}}} = \frac{d_{\text{SOHO-Sol}}}{d_{\text{Terra-Sol}}}$$

$$\frac{a_{\text{cSOHO}}}{a_{\text{cTerra}}} = \frac{0,99d}{d}$$

$$\frac{a_{\text{cSOHO}}}{a_{\text{cTerra}}} = 0,99$$

$$a_{\text{cSOHO}} = 0,99 \times a_{\text{cTerra}}$$

### 1.3.2

**1.3.2.** O satélite SOHO está equipado com painéis fotovoltaicos.

Considere que a potência média da radiação solar por unidade de área, na órbita do satélite, é  $1370 \text{ W m}^{-2}$  e que o conjunto de painéis fotovoltaicos instalados no satélite tem um rendimento médio de 20%. Admita que a potência útil dos painéis é 1500 W.

Qual das expressões seguintes permite calcular a área total de painéis fotovoltaicos no SOHO?

(A)  $\frac{1500 \times 0,20}{1370} \text{ m}^2$

(B)  $\frac{1500}{1370 \times 0,20} \text{ m}^2$

(C)  $\frac{1370 \times 0,20}{1500} \text{ m}^2$

(D)  $\frac{1370}{1500 \times 0,20} \text{ m}^2$

**Solução: Opção (B)**

#### Resolução:

- Cálculo da potencia radiante fornecida pelo sol ao painel,  $P_f$ :

Dados do enunciado:  $\eta = 20\%$ ;  $P_u = 1500 \text{ W}$

$$\eta = \frac{P_u}{P_f} \times 100$$

$$P_f = \frac{1500}{20} \times 100 \text{ W}$$

- Cálculo de área,  $A$ :

Como a irradiância,  $E_r$ , é de  $E_r = 1370 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

$$E_r = \frac{P_f}{A}$$

$$A = \frac{P_f}{E_r}$$

$$A = \frac{\frac{1500}{20} \times 100}{1370}$$

$$A = \frac{1500}{1370 \times 0,20} \text{ m}^2$$

## 2 Item 2

2. Uma rapariga deixa-se baloiçar presa numa corda inextensível, que está atada a um coqueiro, como se representa na Figura 2 (que não está à escala).

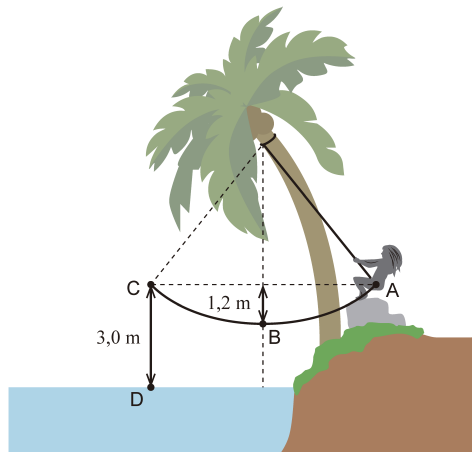


Figura 2

A rapariga parte do repouso em A e oscila presa à corda até C, passando pelo ponto intermédio, B. Em A e em C, a rapariga encontra-se à mesma altura, considerando-se como nível de referência a superfície da água.

Considere que a rapariga pode ser representada pelo seu centro de massa, CM (modelo da partícula material), e que a resistência do ar é desprezável.

Considere a superfície da água como o nível de referência da energia potencial gravítica.

### 2.1

2.1. No movimento da rapariga entre os pontos A e B,

- (A) a variação da energia cinética da rapariga é nula.
- (B) apenas atuam, no CM da rapariga, forças conservativas.
- (C) apenas atuam, no CM da rapariga, forças não conservativas.
- (D) a variação da energia mecânica do sistema *rapariga + Terra* é nula.

**Solução: Opção (D)**

### Resolução:

- (A) A variação da energia cinética é dada pelo trabalho total das forças atuantes sobre o corpo. O trabalho da força exercida pela força  $\vec{T}$  exercida pela corda na rapariga é nulo, dado que  $\vec{T}$  é perpendicular ao deslocamento em cada ponto da trajetória ( $W_{\vec{T}} = 0$ ). Mas o trabalho do peso, simétrico da variação da energia potencial gravítica, é positivo ( $W_{\vec{P}} > 0$ ). Assim, de A a B a energia cinética da rapariga aumenta. Esta opção está errada.
- (B) Na rapariga atua a tensão,  $\vec{T}$ , a força de interação que se exerce entre a corda e a rapariga, que é uma força não-conservativa. Esta opção está errada.
- (C) Na rapariga atua o peso,  $\vec{P}$ , uma força conservativa aplicada pela Terra. Esta opção está errada.



- (D) Como  $\Delta E_c = W_{\vec{P}} + W_{\vec{T}} \Rightarrow \Delta E_c = -\Delta E_{pg} + W_{\vec{T}} \Leftrightarrow \Delta E_c + \Delta E_{pg} = W_{\vec{T}} \Leftrightarrow \Delta E_m = W_{\vec{T}} \Leftrightarrow \Delta E_m = 0$ . Assim, esta opção está correta.

## 2.2

**\* 2.2.** Ao atingir o ponto C, a rapariga larga a corda e cai verticalmente, atingindo a superfície da água no ponto D.

Mostre que a razão entre o módulo da velocidade da rapariga no ponto D,  $v_D$ , e o módulo da velocidade da rapariga no ponto B,  $v_B$ , ou seja,  $\frac{v_D}{v_B}$ , é 1,6.

### Resolução:

- O sistema é conservativo. Dado que a resistência do ar é desprezável, a energia mecânica conserva-se em todo o movimento:

$$\Delta E_c = W_{\vec{P}} + W_{\vec{T}}$$

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pg} + W_{\vec{T}}$$

$$\Delta E_c + \Delta E_{pg} = W_{\vec{T}}$$

$$\Delta E_m = W_{\vec{T}}$$

$$\Delta E_m = 0$$

- A conservação da energia mecânica entre A e B pode ser utilizada para se retirar o valor da velocidade do centro de massa da rapariga em B:

$$\Delta E_m = 0$$

$$E_{m_B} = E_{m_A}$$

$$E_{c_B} + E_{pg_B} = E_{c_A} + E_{pg_A}$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_B^2 + m \times g \times h_B = \frac{1}{2} \times m \times v_A^2 + m \times g \times h_A$$

$$m \times \left( \frac{1}{2} \times v_B^2 + g \times h_B \right) = \frac{1}{2} \times m \times 0^2 + m \times g \times h_A$$

$$\frac{1}{2} \times v_B^2 + g \times h_B = \frac{m \times g \times h_A}{m}$$

$$\frac{1}{2} \times v_B^2 = g \times h_A - g \times h_B$$

$$v_B^2 = 2 \times g \times (h_A - h_B)$$

$$v_B = \sqrt{2 \times g \times (h_A - h_B)}$$

$$v_B = \sqrt{2 \times 10 \times (3,0 - (3,0 - 1,2))}$$

$$v_B = \sqrt{2 \times 10 \times 1,2}$$

$$v_B = 4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(1)

- De modo idêntico, a conservação da energia mecânica entre A e D pode ser utilizada para se retirar o valor da velocidade do centro de massa da rapariga em D:

$$\Delta E_m = 0$$

$$E_{m_D} = E_{m_A}$$

$$E_{c_D} + E_{pg_D} = E_{c_A} + E_{pg_A}$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_D^2 + m \times g \times h_D = \frac{1}{2} \times m \times v_A^2 + m \times g \times h_A$$

$$m \times \left( \frac{1}{2} \times v_D^2 + g \times h_D \right) = \frac{1}{2} \times m \times 0^2 + m \times g \times h_A$$

$$\frac{1}{2} \times v_D^2 + g \times h_D = \frac{m \times g \times h_A}{m}$$

$$\frac{1}{2} \times v_D^2 = g \times h_A - g \times h_D$$

$$v_D^2 = 2 \times g \times (h_A - h_D)$$

$$v_D = \sqrt{2 \times g \times (3,0 - 0,0)}$$

$$v_D = 7,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(2)

- Dividindo-se 2 por 1 obtêm-se a razão solicitada

$$\frac{v_D}{v_B} = \frac{7,8}{4,9}$$

$$\frac{v_D}{v_B} = 1,6$$

### 3 Item 3

3. No laboratório da escola, um grupo de alunos realizou uma atividade experimental que consistia na medição de volumes de água e das massas respectivas. Os alunos usaram uma bureta graduada, um gobelê e uma balança digital.

Considere a temperatura constante ao longo de toda a atividade e que a massa do gobelê, vazio e seco, é 68,82 g.

#### 3.1

- 3.1. Os alunos mediram o volume de água escoada para um gobelê.

A Figura 3 ilustra parte da bureta, graduada em  $\text{cm}^3$ , estando representado o nível de água observado no início (I) e no final (II) de um dos ensaios.

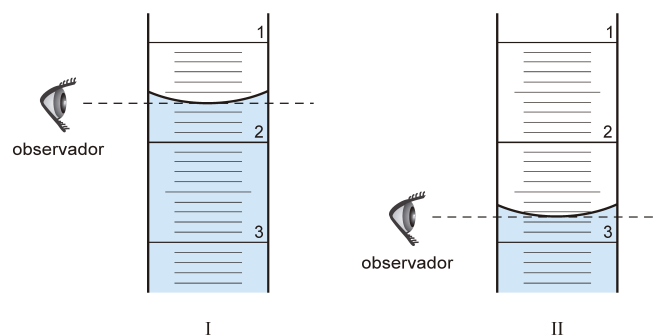


Figura 3

A incerteza da leitura é \_\_\_\_\_, e o volume de água escoada no ensaio é \_\_\_\_\_.

(A)  $0,05 \text{ cm}^3 \dots 1,15 \text{ cm}^3$

(B)  $0,05 \text{ cm}^3 \dots 0,85 \text{ cm}^3$

(C)  $0,10 \text{ cm}^3 \dots 1,15 \text{ cm}^3$

(D)  $0,10 \text{ cm}^3 \dots 0,85 \text{ cm}^3$

**Solução: Opção (A)**

## Resolução:

A bureta é um instrumento de medida analógico. Nestes instrumentos, a incerteza de leitura é a fração da menor divisão da escala possível de ler por estimativa, tipicamente assumida como metade da menor divisão. Como a menor divisão da escala é a décima de centímetro cúbico, a sua metade será  $0,05 \text{ cm}^3$ . O nível da água no final do ensaio era de  $V_{\text{final}} = 2,75 \text{ cm}^3$  e o nível da água no início do ensaio era de  $V_{\text{inicial}} = 1,60 \text{ cm}^3$ , o que significa que foi escoado um volume de  $2,75 \text{ cm}^3 - 1,60 \text{ cm}^3 = 1,15 \text{ cm}^3$ .

## 3.2

\* 3.2. Na tabela estão registados os valores do volume,  $V$ , de água escoada para o gobelé e da massa,  $m$ , de água correspondente.

Calcule a massa de água correspondente ao volume de  $61,0 \text{ cm}^3$ .

Na resposta:

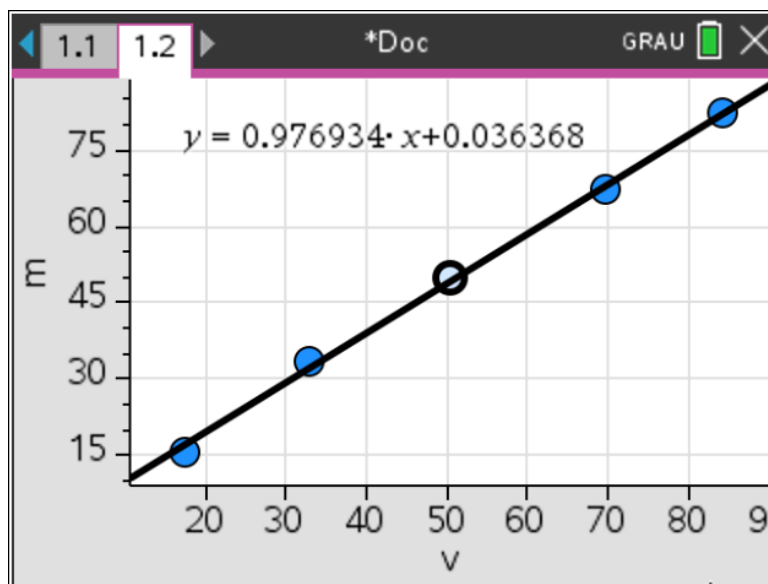
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de  $m$  em função de  $V$ ;
- apresente o valor solicitado com três algarismos significativos.

Apresente todos os cálculos efetuados.

$V / \text{cm}^3$	$m / \text{g}$
17,30	15,69
32,83	33,54
50,25	49,85
69,71	67,13
84,04	82,24

## Resolução:

Inserindo-se os dados da tabela na função estatística da calculadora, obtém-se o gráfico de dispersão com a reta de regressão linear seguinte:



Obtém-se, então,

$$m = 0,9769 V + 0,0364 \quad (\text{onde a massa } m \text{ se encontra em gramas e o volume } V \text{ em centímetros cúbicos})$$

que permite calcular, por substituição, a massa de água correspondente a um volume escoado de  $61,0 \text{ cm}^3$ :

$$m = 0,9769 \times 61,0 + 0,0364$$

$$m = 59,6 \text{ g}$$

### 3.3

- \* 3.3. Um outro grupo de alunos efetuou a mesma atividade experimental, utilizando o mesmo material, tendo cometido um erro que foi detetado aquando do traçado do gráfico da Figura 4.

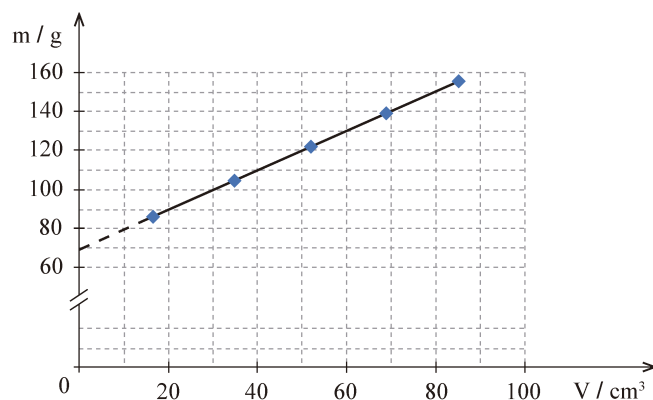


Figura 4

Identifique o erro sistemático cometido pelos alunos e justifique a sua resposta com base na análise do gráfico.

### Resolução:

Como este outro grupo de alunos efetuou a mesma atividade experimental, a massa  $m$  expressa no gráfico deveria corresponder à massa da água escoada para o gobelé. Assim, o gráfico deveria representar massa da água escoada para o gobelé,  $m$ , em função do volume,  $V$ , escoado. Assim sendo, quando nenhum volume tivesse sido escoado, essa massa deveria ser zero, o que se traduziria numa ordenada na origem nula.

Da leitura do gráfico retira-se que tal não só não acontece, como essa ordenada na origem apresenta o valor aproximado de 70 g.

Dado que a massa do gobelé é de 68,82 g e foi utilizada uma balança digital, conclui-se que o erro cometido pelos alunos é de estarem a traçar o gráfico com os valores da massa da água e do gobelé, e não apenas o valor da massa da água; ou seja, na prática, não fizeram a tara da balança (o que permitiria subtrair a massa do gobelé a todas as medições). Esta situação pode ser facilmente corrigida, subtraindo aos valores das massas do gráfico o valor da ordenada na origem.

## 4 Item 4

4. Na Figura 5, está esquematizado um processo laboratorial destinado a estudar o aquecimento de uma amostra de água. Montou-se um circuito elétrico com uma pilha, um interruptor e uma resistência de imersão,  $R$ . Neste circuito, foram instalados dois aparelhos de medida, um voltímetro e um amperímetro.

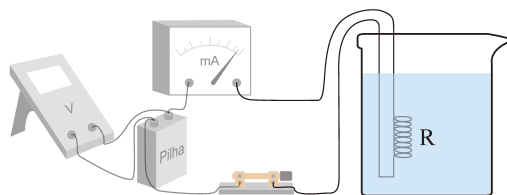
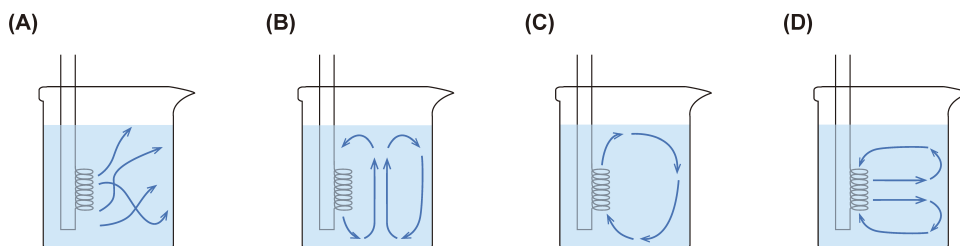


Figura 5

## 4.1

\* 4.1. Qual das opções seguintes pode representar o processo responsável pelo aquecimento da água nesta experiência?



**Solução: Opção (C)**

### Resolução:

O principal mecanismo de transferência de energia por calor entre a resistência elétrica e a água é a convecção. Neste mecanismo, a porção de água mais próxima da resistência, que inicialmente aquece por condução, dilata e torna-se menos densa, ascendendo; por outro lado, as porções de água quente que ascendem, ao cedem energia, arrefecem, contraindo-se, tornando-se mais densas e descendo. Este processo, cíclico, gera correntes simultâneas no fluido (neste caso, na água) conhecidas por correntes de convecção e que são melhor ilustradas pela figura (C).

## 4.2

\* 4.2. Num ensaio, foi aquecida uma amostra de água durante 10 minutos, usando-se uma resistência elétrica de imersão. Mediu-se a diferença de potencial,  $U$ , de 8,17 V nos terminais da resistência e a corrente elétrica,  $I$ , de 700 mA no circuito. Admita que estes valores se mantiveram constantes ao longo do ensaio.

Qual a energia dissipada pela resistência, por efeito Joule, durante este ensaio?

- (A) 4,9 kJ
- (B) 3,4 kJ
- (C) 1,7 kJ
- (D) 5,7 kJ

**Solução: Opção (B)**

### Resolução:

Uma potência é, por definição, a taxa temporal de transferência de uma energia:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (3)$$

No caso do sistema ser um sistema elétrico, como a diferença de potencial,  $U$ , é a energia transferida por unidade de carga,  $q$ ,

$$U = \frac{E}{q}$$

e a corrente elétrica,  $I$ , é a carga transferida por unidade de tempo,

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

o produto destas duas grandezas corresponde à potência elétrica:

$$U \times I = \frac{E}{q} \times \frac{q}{\Delta t}$$

$$U \times I = \frac{E}{\Delta t}$$

$$U \times I = P_{\text{elétrica}} \quad (4)$$

Substituindo 4 em 3, temos

$$U \times I = \frac{E}{\Delta t}$$

$$E = U \times I \times \Delta t$$

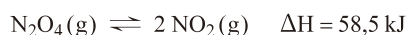
$$E = 8,17 \text{ V} \times 0,700 \text{ A} \times 10 \times 60 \text{ s}$$

$$E = 3431 \text{ J}$$

$$E = 3,4 \text{ kJ}$$

## 5 Item 5

5. Considere o equilíbrio químico entre o tetróxido de dinitrogénio,  $\text{N}_2\text{O}_4$ , e o dióxido de nitrogénio,  $\text{NO}_2$ .



À temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , a constante de equilíbrio,  $K_c$ , é  $4,63 \times 10^{-3}$ .

### 5.1

**\* 5.1.** Num reator de  $7,50 \text{ dm}^3$ , introduziram-se  $3,0 \text{ mol}$  de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ , à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . Calcule a fração molar do  $\text{NO}_2(\text{g})$  quando o sistema atingiu o equilíbrio, àquela temperatura.

Apresente todos os cálculos efetuados.

### Resolução:

- Da reação de  $x \text{ mol}$  de  $\text{N}_2\text{O}_4$ , pela estequiometria da reação, obter-se-ão  $2x \text{ mol}$  de  $\text{NO}_2$ .
- Deste modo, no equilíbrio químico ficarão  $(3,0 - x) \text{ mol}$  de  $\text{N}_2\text{O}_4$  e  $2x \text{ mol}$  de  $\text{NO}_2$  no reator.
- Pelo valor da constante de equilíbrio é possível obter a quantidade  $x$  que reagiu:

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]_{\text{eq}}^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{eq}}}$$

$$K_c = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\frac{3,0-x}{V}}$$

$$K_c = \frac{4x^2}{V^2} \times \frac{V}{3,0-x}$$

$$K_c = \frac{4x^2}{V(3,0-x)}$$

$$4,63 \times 10^{-3} = \frac{4x^2}{7,5(3,0-x)}$$

de onde, fazendo uso das potencialidades da calculadora, se obtém

$$x = 0,157 \text{ mol}$$

- Dado que a fração molar do  $\text{NO}_2$  na mistura é dado por

$$\chi = \frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{NO}_2} + n_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

$$\chi = \frac{2 \times 0,157}{(3,0 - 0,157) + 2 \times 0,157}$$

$$\chi = 0,10$$

## 5.2

- \* 5.2.** Noutro reator, foi introduzido  $\text{NO}_2$ . A Figura 6 mostra as variações das concentrações, em  $\text{mol dm}^{-3}$ , de  $\text{NO}_2(\text{g})$  e de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  até o equilíbrio ser atingido, à temperatura  $T$ .

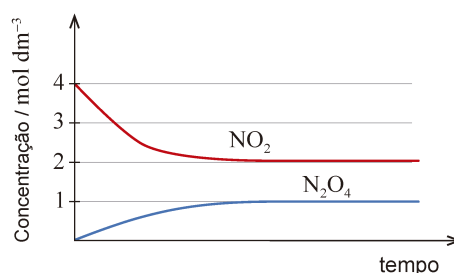


Figura 6

Conclua, justificando, se a temperatura  $T$  é maior, menor ou igual a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Resolução:

A esta nova temperatura, o valor da constante de equilíbrio é calculado por:

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]_{\text{eq}}^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{eq}}}$$

$$K_c = \frac{2^2}{1}$$

$$K_c = 4$$

Como  $4 > 4,63 \times 10^{-3}$ , constata-se que a constante de equilíbrio aumentou, o que implica que a concentração dos produtos aumentou e a concentração dos reagentes diminuiu, em relação à temperatura inicial. Assim, conclui-se que, da temperatura de  $25,0\text{ }^\circ\text{C}$  para a temperatura  $T$ , foi favorecida a reação direta.

A reação apresentada é endotérmica, dado que  $\Delta H > 0$ . Assim, pelo Princípio de Le Châtelier, esta reação é favorecida por um aumento da temperatura.

Conclui-se, então, que a temperatura  $T$  é superior a  $25,0\text{ }^\circ\text{C}$ .

## 5.3

- 5.3. Para produzir o  $\text{NO}_2(\text{g})$ , recorreu-se a uma reação de oxidação-redução entre o ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ , e o cobre, traduzida por



O número de oxidação do nitrogénio na molécula de  $\text{HNO}_3$  é

- (A) +5, e esta é a espécie oxidante.
- (B) +6, e esta é a espécie oxidante.
- (C) +5, e esta é a espécie redutora.
- (D) +6, e esta é a espécie redutora.

**Solução: Opção (A)**

### Resolução:

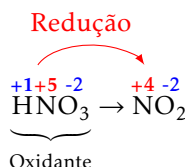
- Cálculo do número de oxidação no nitrogénio na molécula de  $\text{HNO}_3$ :

$$\text{n.o.}(\text{H}) + \text{n.o.}(\text{N}) + \text{n.o.}(\text{O}) \times 3 = 0 \Leftrightarrow +1 + \text{n.o.}(\text{N}) + (-2) \times 3 = 0 \Leftrightarrow \text{n.o.}(\text{N}) = +6 - 1 \Leftrightarrow \text{n.o.}(\text{N}) = +5$$

- Cálculo do número de oxidação no nitrogénio na molécula de  $\text{NO}_2$ :

$$\text{n.o.}(\text{N}) + \text{n.o.}(\text{O}) \times 2 = 0 \Leftrightarrow \text{n.o.}(\text{N}) + (-2) \times 2 = 0 \Leftrightarrow \text{n.o.}(\text{N}) = +4$$

- O número de oxidação do elemento nitrogénio diminui de +5 para +4, pelo que a espécie  $\text{HNO}_3$  sofre redução, sendo, por isso a espécie oxidante (por provocar a oxidação do cobre).



## 5.4

- 5.4. No laboratório, existe uma solução concentrada de  $\text{HNO}_3$  ( $M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$ ;  $K_a$  muito elevado), com 68% (em massa) de  $\text{HNO}_3$  e massa volúmica  $1,41 \text{ g cm}^{-3}$ .

### 5.4.1

- \* 5.4.1. Calcule o volume de solução concentrada que é necessário para preparar  $250 \text{ cm}^3$  de uma solução diluída de  $\text{HNO}_3$  com pH de 0,30.

Apresente todos os cálculos efetuados.

### Resolução:

- Cálculo da concentração da solução a ser preparada por diluição (solução final):

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-0,30}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,501 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Como o ácido é forte, dado que a sua constante de acidez é muito elevada, a sua ionização é total. Assim:

$$[\text{HNO}_3(\text{aq})] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{HNO}_3(\text{aq})] = 0,501 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

- Cálculo da quantidade de soluto necessário para a obtenção do volume pretendido da solução final:

$$c = \frac{n}{V}$$

$$n = c \times V$$

$$n = 0,501 \times 0,250$$

$$n = 0,125 \text{ mol}$$

- Cálculo da concentração da solução inicial existente no laboratório:

- Como 100 g de solução têm 68 g de soluto, há  $n = \frac{m}{M} \Leftrightarrow n = \frac{68}{63,02} \Leftrightarrow n = 1,08 \text{ mol}$  de soluto.
- Pela massa volúmica da solução pode ser obtido o volume correspondente aos 100 g de solução:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{100}{1,41}$$

$$V = 70,9 \text{ cm}^3$$

- Como a solução apresenta 1,08 mol e o volume de 70,9 cm<sup>3</sup>, a concentração da solução é de

$$c = \frac{1,08 \text{ mol}}{70,9 \times 10^{-3} \text{ dm}^3}$$

$$c = 15,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

- Cálculo do volume a ser retirado da solução inicial, mais concentrada, para preparação da solução diluída:

$$c = \frac{n}{V}$$

$$V = \frac{n}{c}$$

$$V = \frac{0,125}{15,2}$$

$$V = 0,0082 \text{ dm}^3$$

$$V = 8,2 \text{ cm}^3$$

OU, EM ALTERNATIVA:

- Cálculo da concentração da solução a ser preparada por diluição (solução final):

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-0,30}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,501 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Como o ácido é forte, dado que a sua constante de acidez é muito elevada, a sua ionização é total. Assim:

$$[\text{HNO}_3(\text{aq})] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{HNO}_3(\text{aq})] = 0,501 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

- Cálculo da quantidade de soluto necessário para a obtenção do volume pretendido da solução final:

$$c = \frac{n}{V}$$

$$n = c \times V$$

$$n = 0,501 \times 0,250$$

$$n = 0,125 \text{ mol}$$

- A quantidade de 0,125 mol de  $\text{HNO}_3$  corresponde à massa de:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = 0,125 \times 63,02$$

$$m = 7,878 \text{ g}$$

Para haver essa massa de soluto, dada a fração em massa de 68%, a solução terá de apresentar uma massa de:

$$m/m(\%) = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{solução}}} \times 100$$

$$68 = \frac{7,876}{m_{\text{solução}}} \times 100$$

$$m_{\text{solução}} = \frac{7,876}{68} \times 100$$

$$m_{\text{solução}} = 11,6 \text{ g}$$

- O volume da solução concentrada que contém 11,6 g de solução pode ser calculado pela massa volumica da solução:

$$\rho = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}}$$

$$1,41 = \frac{11,6}{V_{\text{solução}}}$$

$$V_{\text{solução}} = \frac{11,6}{1,41}$$

$$V_{\text{solução}} = 8,2 \text{ cm}^3$$

## 5.4.2

**\* 5.4.2.** Qual é o par ácido-base conjugado resultante da ionização do ácido nítrico em água?

(A)  $\text{HNO}_3 / \text{H}_2\text{O}$

(B)  $\text{HNO}_3 / \text{NO}_3^-$

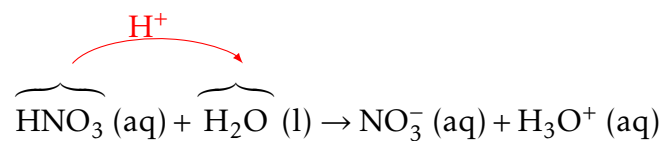
(C)  $\text{H}_2\text{O} / \text{NO}_3^-$

(D)  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{NO}_3^-$

**Solução: Opção (B)**

### Resolução:

O  $\text{HNO}_3$  reage com a água, cedendo um próton (ião  $\text{H}^+$ ) (ou seja, funcionando como um ácido):



Assim, a espécie química  $\text{HNO}_3$  transforma-se, na reação direta, em  $\text{NO}_3^-$ , sendo que esta reação ocorre em grande extensão, dado que a sua constante de equilíbrio é muito elevada (ácido forte). As espécies químicas  $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$  constituem, então, um par ácido-base conjugado, por serem espécies químicas que diferem entre si por um  $\text{H}^+$ .

## 6 Item 6

6. Um avião a jato, de massa  $m$  (em kg), aterra com pouco combustível na pista retilínea de um porta-aviões, de acordo com a Figura 7, que não está à escala.

No momento em que atinge a pista, o módulo da velocidade do avião é  $65 \text{ m s}^{-1}$ . Durante a aterragem, um cabo de retenção, CR, provoca uma desaceleração progressiva do avião, na secção horizontal da pista.

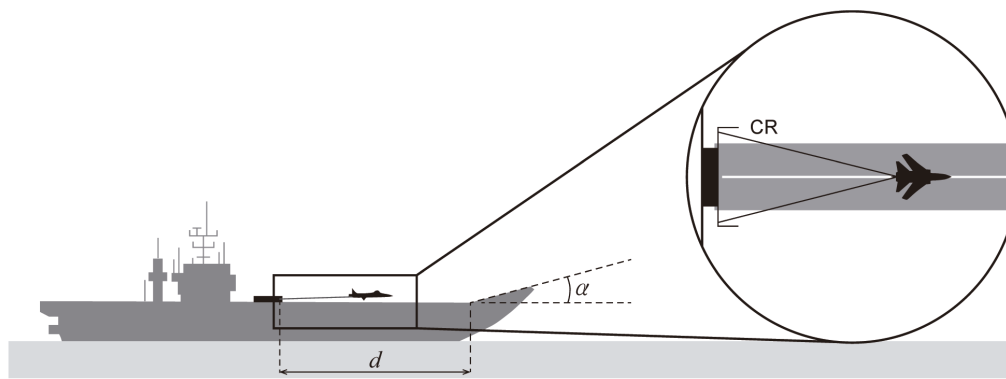


Figura 7

Admita que o cabo de retenção é responsável por uma diminuição de 91,5% da velocidade inicial do avião, mas sofre rotura ao fim de 3,5 s.

Aos 7,8 s, o avião acaba por se imobilizar na secção inclinada da pista.

Na Figura 8, apresenta-se o gráfico do módulo da resultante das forças que atuam no avião durante a aterragem, em função do tempo.

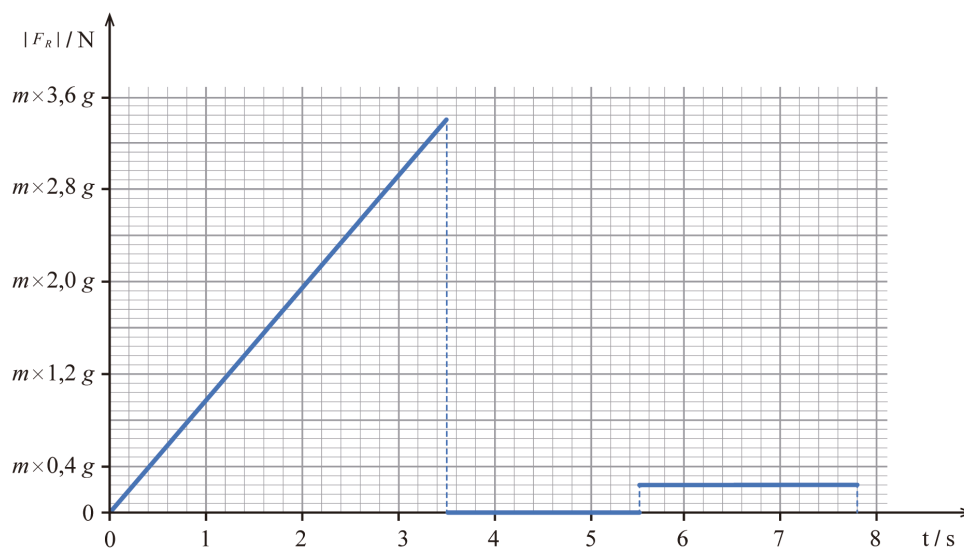


Figura 8

Considere que o avião pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que as forças de atrito e de resistência do ar são desprezáveis.

## 6.1

6.1. O gráfico da Figura 8 permite concluir que o avião apresenta, entre

- (A) 0 s e 3,5 s, movimento uniformemente retardado e, entre 3,5 s e 5,5 s, movimento uniforme.
- (B) 0 s e 3,5 s, movimento uniformemente retardado e, entre 5,5 s e 7,8 s, movimento uniforme.
- (C) 3,5 s e 5,5 s, velocidade constante e, entre 5,5 s e 7,8 s, aceleração de módulo constante.
- (D) 3,5 s e 5,5 s, aceleração de módulo constante e, entre 5,5 s e 7,8 s, velocidade constante.

**Solução: Opção (C)**

### Resolução:

A análise do enunciado e do gráfico permite concluir que:

- Entre 0 s e 3,3 s, a força resultante que atou no avião corresponde apenas à exercida pelo cabo de retenção, CR, dado que, no plano horizontal e sem atrito da pista, o peso do avião é anulado pela reação normal da pista. Esta força apresenta um módulo crescente, a mesma direção e sentido oposto ao da velocidade do avião, provocando um movimento retilíneo e retardado (mas não uniformemente retardado dado que, como o módulo da força resultante não é constante, a aceleração provocada também não será constante).
- De 3,5 s a 5,5 s, dando-se a rotura do cabo e não havendo atrito, a resultante das forças que atuam no avião é nula, dado que no plano horizontal e sem atrito, o peso do avião é anulado pela reação normal da pista.
- De 5,5 s a 7,8 s, o avião atinge a parte final da pista, inclinada de um ângulo  $\alpha$  em relação ao plano normal. Assim, como a força resultante é a soma vetorial de todas as forças que atuam no avião, teremos:

$$\vec{F}_r = \vec{P} + \vec{N}$$

Decompondo-se o peso  $\vec{P}$  na direção coincidente com o movimento do avião,  $xx$ , e na direção perpendicular à direção do movimento,  $yy$ , obtém-se:

$$\vec{F}_r = \vec{P}_x + \vec{P}_y + \vec{N} \quad (5)$$

Como a componente da aceleração  $\vec{a}_y$  é nula, dado que nessa direção o avião não se move, os vetores  $\vec{P}_y$  e  $\vec{N}$  são simétricos:

$$\vec{P}_y + \vec{N} = m \times \vec{a}_y \Rightarrow \vec{P}_y + \vec{N} = m \times \vec{0} \Rightarrow \vec{P}_y + \vec{N} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P}_y = -\vec{N}$$

Substituindo esta última relação em 5, têm-se:

$$\vec{F}_r = \vec{P}_x \quad (6)$$

Assim, retira-se que de 5,5 s a 7,8 s a força resultante que atua no avião corresponde à componente do seu peso na direção (e com o sentido contrário) do seu movimento, pelo que o movimento será retilíneo e uniformemente retardado, uma vez que o seu módulo é constante.

Conclui-se então, que:

- (A) Esta opção está errada porque, de 0 s a 3,5 s, o movimento é retardado, mas não é uniformemente retardado;
- (B) Esta opção está errada porque, de 0 s a 3,5 s, o movimento é retardado, mas não é uniformemente retardado e porque, de 3,5 s a 7,8 s, o movimento é uniformemente retardado.
- (C) Opção correta.

- (D) Esta opção está errada porque, de 0 s a 3,5 s, nem o módulo da aceleração é constante de 0 s a 3,5 s, nem a velocidade é constante de 5,5 s a 7,8 s.

## 6.2

\* 6.2. Na aterragem, o avião percorre, na secção horizontal da pista retilínea, uma distância,  $d$ , de 169 m.

No intervalo de tempo  $]0,0; 3,5[$  s, o avião percorre \_\_\_\_\_ do percurso horizontal retilíneo.

- (A) 73%      (B) 82%      (C) 89%      (D) 93%

**Solução: Opção (D)**

### Resolução:

O cabo de retenção é responsável por uma diminuição de 91,5% da velocidade inicial do avião. Assim, quando sofre rotura, ao fim de 3,5 s, a velocidade do avião corresponde apenas a  $100\% - 91,5\% = 8,5\%$  da sua velocidade inicial. Esta é o valor da velocidade com que o avião percorre, uniformemente, o plano horizontal da pista após a quebra do cabo e até entrar na parte inclinada da pista (é o valor da velocidade dos 3,5 s aos 5,5 s):

$$v = \frac{8,5 \times 65}{100}$$

$$v = 5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Assim, de 3,5 s aos 5,5 s, como o movimento é uniforme, o avião percorre uma distância correspondente a  $v \times \Delta t = 5,5 \times (5,5 - 3,5) = 11 \text{ m}$ .

Como, em todo o trajeto horizontal da pista, o avião percorre um total de 169 m, retira-se que, de 0 s a 3,5 s, percorre uma distância de  $169 - 11 = 158 \text{ m}$ , correspondendo a uma fração, em percentagem, de  $\frac{158}{169} \times 100 = 93\%$

## 6.3

\* 6.3. Entre 5,5 s e 7,8 s, o avião, sujeito a uma força resultante não nula, percorre uma trajetória retilínea com uma inclinação  $\alpha$  em relação à direção horizontal da pista, tal como se representa na Figura 7.

Calcule, a partir da leitura dos valores do gráfico, a amplitude do ângulo  $\alpha$ .

Apresente todos os cálculos efetuados.

### Resolução:

De 5,5 s a 7,8 s, o avião atinge a parte final da pista, inclinada de um ângulo  $\alpha$  em relação ao plano normal. Assim, como a força resultante é a soma vetorial de todas as forças que atuam no avião, teremos:

$$\vec{F}_r = \vec{P} + \vec{N}$$

Decompondo-se o peso  $\vec{P}$  na direção coincidente com o movimento do avião,  $xx$ , e na direção perpendicular à direção do movimento,  $yy$ , obtém-se:

$$\vec{F}_r = \vec{P}_x + \vec{P}_y + \vec{N} \quad (7)$$

Como a componente da aceleração  $\vec{a}_y$  é nula, dado que nessa direção o avião não se move, os vetores  $\vec{P}_y$  e  $\vec{N}$  são simétricos:

$$\vec{P}_y + \vec{N} = m \times \vec{a}_y \Rightarrow \vec{P}_y + \vec{N} = m \times \vec{0} \Rightarrow \vec{P}_y + \vec{N} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P}_y = -\vec{N}$$

Substituindo esta última relação em 7, têm-se:

$$\vec{F}_r = \vec{P}_x \quad (8)$$

Assim, retira-se que de 5,5 s a 7,8 s a força resultante que atua no avião corresponde à componente do seu peso na direção e o seu módulo, obtido da leitura do gráfico, é  $0,24 \times m \times g$ .

Substituindo-se esta última expressão em 8, retira-se

$$P_x = 0,24 \times m \times g$$

$$m \times g \times \sin \alpha = 0,24 \times m \times g$$

$$\sin \alpha = \frac{0,24 \times m \times g}{m \times g}$$

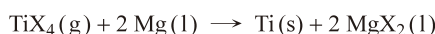
$$\sin \alpha = 0,24$$

$$\alpha = \arcsin(0,24)$$

$$\alpha = 14^\circ$$

## 7 Item 7

7. Na construção de aviões a jato, é utilizado titânio, Ti(s), que pode ser obtido pela reação entre o composto  $\text{TiX}_4$  (em que X representa genericamente um elemento não metálico) e o magnésio fundido, Mg(l). A reação é expressa por



### 7.1

**\* 7.1.** Para obtenção de titânio, fez-se reagir  $1,85 \times 10^5$  mol de  $\text{TiX}_4$  com  $1,72 \times 10^3$  kg de Mg.

Determine o rendimento da reação ao obter-se  $1,21 \times 10^3$  kg de Ti(s).

Apresente todos os cálculos efetuados.

### Resolução:

- Cálculo da quantidade de magnésio disponível:

$$n_{\text{Mg}} = \frac{m}{M(\text{Mg})}$$

$$n_{\text{Mg}} = \frac{1,72 \times 10^6 \text{ g}}{24,31}$$

$$n_{\text{Mg}} = 7,075 \times 10^4 \text{ mol}$$

- Para a reação completa de  $1,85 \times 10^5$  mol de  $\text{TiX}_4$ , são necessárias  $2 \times 1,85 \times 10^5$  mol de Mg, dada a estequiometria da reação. Como a quantidade existente de magnésio é inferior à necessária para a reação completa do  $\text{TiX}_4$  ( $7,08 \times 10^4 \text{ mol} < 2 \times 1,85 \times 10^5 \text{ mol}$ ), o magnésio é o reagente limitante.
- Da reação completa de  $7,075 \times 10^4$  mol de Magnésio, poder-se-ia obter metade dessa quantidade de titânio:

$$n_{\text{Ti}} = \frac{n_{\text{Mg}}}{2}$$

$$n_{\text{Ti}} = \frac{7,08 \times 10^4 \text{ mol}}{2}$$

$$n_{\text{Ti}} = 3,537 \times 10^4 \text{ mol}$$

- Da reação completa de  $7,08 \times 10^4$  mol de Magnésio, poder-se-ia obter, no máximo, a massa de titânio de valor:

$$n_{\text{Ti}} = \frac{m}{M(\text{Ti})}$$

$$3,537 \times 10^4 = \frac{m_{\text{max}}}{47,87}$$

$$m_{\text{max}} = 1,693 \times 10^6 \text{ g}$$

- Como apenas foi obtida a massa de  $1,21 \times 10^6$  g, o rendimento desta reação será de:

$$\eta(\%) = \frac{m_{\text{obtida}}}{m_{\text{max}}} \times 100$$

$$\eta(\%) = \frac{1,21 \times 10^6 \text{ g}}{1,693 \times 10^6 \text{ g}} \times 100$$

$$\eta = 71,4\%$$

## 7.2

**7.2.** O composto  $\text{TiX}_4$  é um composto molecular de geometria tetraédrica.

A Figura 9 apresenta o espectro do átomo do elemento representado pela letra X, obtido por espectroscopia fotoeletrônica (PES), contendo informação de todos os elétrons do átomo deste elemento.

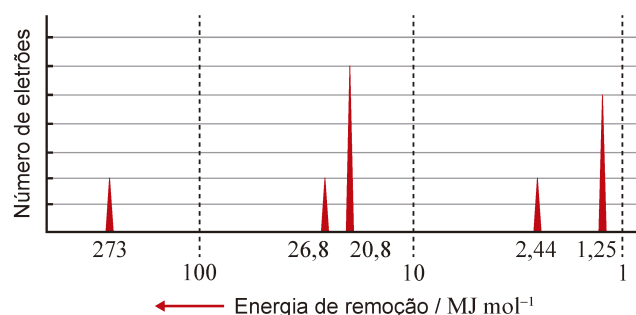


Figura 9

De acordo com o espectro apresentado, pode concluir-se que a primeira energia de ionização deste elemento é

- (A) 273  $\text{MJ mol}^{-1}$  e o elemento é o flúor.
- (B) 1,25  $\text{MJ mol}^{-1}$  e o elemento é o flúor.
- (C) 273  $\text{MJ mol}^{-1}$  e o elemento é o cloro.
- (D) 1,25  $\text{MJ mol}^{-1}$  e o elemento é o cloro.

**Solução: Opção (D)**

### Resolução:

A primeira energia de ionização de um elemento corresponde à menor das suas energias de remoção, dado estar a ser removido um dos elétrons mais energéticos do átomo. Por consulta do espectro apresentado, obtém-se que esse valor é de  $1,25 \text{ MJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Fazendo a distribuição eletrónica dos 17 elétrons do cloro, verifica-se que estes se distribuem, no estado fundamental, por nove orbitais, localizadas nos primeiros três níveis de energia e apresentando cinco valores distintos de energia (cinco subníveis de energia). Como o espectro da figura apresenta a cinco energias de remoção distintas, o elemento é o cloro.



## 8 Item 8

8. A Figura 10, que não está à escala, representa uma montagem laboratorial que inclui um espelho e um pentaprisma de vidro transparente.

Um feixe de luz laser, propagando-se inicialmente no ar, é refletido no espelho, entrando no pentaprisma perpendicularmente a uma das suas faces.

Na figura, representa-se ainda parte dos trajetos dos feixes resultantes das sucessivas reflexões e refrações nas faces do prisma.

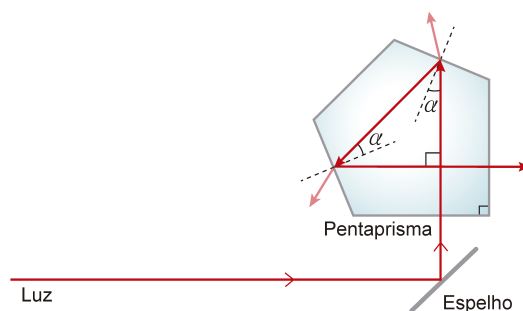


Figura 10

### 8.1

\* 8.1. Quando o feixe de luz passa do ar para o pentaprisma,

- (A) mantém-se a frequência, mas o módulo da velocidade de propagação diminui.
- (B) diminui a frequência, mas o módulo da velocidade de propagação mantém-se.
- (C) diminui a frequência e diminui o módulo da velocidade de propagação.
- (D) mantém-se a frequência e mantém-se o módulo da velocidade de propagação.

**Solução: Opção (A)**

### Resolução:

Quando o feixe de luz passa do ar para o vidro do pentaprisma, a frequência mantém-se pois esta depende apenas da fonte geradora e não é alterada pela mudança de meio de propagação.

Pela imagem observa-se que o raio luminoso se afasta da normal quando a radiação passa do vidro para o ar. Por aplicação da Lei de Snell-Descartes, têm-se, então, que o índice de refração,  $n$ , do vidro é superior ao do ar:  $n_{\text{ar}} < n_{\text{vidro}}$ . Como a velocidade de propagação da radiação num meio é inversamente proporcional ao seu índice de refração, temos que  $v_{\text{ar}} > v_{\text{vidro}}$ , a velocidade de propagação do feixe diminui do ar para o prisma.

### 8.2

\* 8.2. A luz no interior do pentaprisma incide com um mesmo ângulo  $\alpha$  em duas faces, refletindo-se tal como se representa na Figura 10.

Considere que o índice de refração do vidro que constitui o pentaprisma é 1,52.

Demonstre que, nestas condições, não ocorre reflexão total da luz no pentaprisma, apresentando todos os cálculos efetuados.

## Resolução:

- A soma dos ângulos internos de um triângulo totaliza  $180^\circ$ , o que permite o cálculo do ângulo de incidência,  $\alpha_i$ :

$$(4\alpha_i + 90^\circ) = 180^\circ$$

$$\alpha_i = 22,5^\circ$$

- Pela a Lei de Snell-Descartes, calcula-se o ângulo limite ( $\alpha_{\text{lim}}$ ):

$$n_{\text{vidro}} \times \sin \alpha_{\text{lim}} = n_{\text{ar}} \times \sin 90^\circ$$

$$1,52 \times \sin \alpha_{\text{lim}} = 1,00 \times \sin 90^\circ$$

$$\sin \alpha_{\text{lim}} = 0,66$$

$$\alpha_{\text{lim}} = \arcsin(0,66)$$

$$\alpha_{\text{lim}} = 41,3^\circ$$

- Como, para ocorrer reflexão total, é necessário que  $\alpha_i > \alpha_{\text{lim}}$  e temos, justamente, que  $\alpha_i < \alpha_{\text{lim}}$ , demonstra-se que, nas condições referidas, não ocorre reflexão total da luz no vidro do pentaprisma.