



## **Proposta de resolução**

Exame Final Nacional do Ensino Secundário

Prova de Física e Química A – 715

11.º ano de escolaridade

2.ª fase

21 de julho de 2025

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

**Nos itens de seleção é aqui apresentada a opção referente à versão 1.**

## Índice

<b>ITEM 1.</b>	<b>4</b>
1.1.	4
1.1.1.	4
1.1.2.	5
1.2.	6
<b>ITEM 2.</b>	<b>6</b>
2.1.	6
2.2.	7
2.3.	7
2.4.	8
2.5.	9
2.6.	10
<b>ITEM 3.</b>	<b>11</b>
3.1.	11
3.1.1.	11
3.1.2.	11
3.1.3.	11
3.2.	12
<b>ITEM 4.</b>	<b>13</b>
4.1.	13
4.2.	13
<b>ITEM 5.</b>	<b>14</b>
5.1.	14
5.1.1.	14
5.1.2.	15

<b>5.2.</b>	<b>16</b>
<b>5.3.</b>	<b>18</b>
<b>ITEM 6.</b>	<b>18</b>
<b>6.1.</b>	<b>18</b>
<b>6.2.</b>	<b>20</b>
<b>6.3.</b>	<b>20</b>
<b>6.4.</b>	<b>21</b>

## Item 1.

## 1.1.

## 1.1.1.

(B)

*maior pressão e  
menor temperatura*

Para se poder avaliar o efeito de cada um dos parâmetros (pressão ou temperatura) na quantidade de amoníaco gasoso presente no equilíbrio, ter-se-á de fazer uma análise da tabela apresentada mantendo um dos parâmetros constantes:

- para se avaliar o **efeito da pressão** dever-se-á manter a temperatura constante (o que corresponde, para a tabela apresentada, em consultar os valores numa mesma linha horizontal) e
- para se avaliar o **efeito da temperatura** dever-se-á manter a pressão constante (o que corresponde, na tabela apresentada, em consultar os valores numa mesma coluna vertical).

Este procedimento permite o controlo de variáveis.

Para uma mesma coluna vertical verifica-se que a fração molar do amoníaco na mistura gasosa (mistura de amoníaco, dinitrogénio e di-hidrogénio), aumenta quando a temperatura diminui.

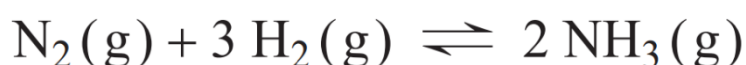
Pressão / atm \ Temperatura / °C	10	100	1000
400	0,04	0,25	0,80
500	0,01	0,11	0,57
600	0,005	0,05	0,31

Para uma mesma linha horizontal verifica-se que a fração molar do amoníaco na mistura gasosa, aumenta com o aumento da pressão.

Pressão / atm \ Temperatura / °C	10	100	1000
400	0,04	0,25	0,80
500	0,01	0,11	0,57
600	0,005	0,05	0,31

A uma maior fração molar de amoníaco na mistura teremos, também, a uma maior quantidade de amoníaco em equilíbrio, dado que a fração molar corresponde à fração da quantidade do amoníaco pela quantidade total de moléculas na mistura. A um maior valor desta fração corresponderá, igualmente, uma maior quantidade de amoníaco.

## 1.1.2.



Quantidades iniciais/mol	0,880	0,880	0
Variação das quantidades durante a reação/mol	$-0,176 \times \frac{1}{2}$ $= -0,088$	$(0,616 - 0,880)$ $= -0,264$	$+0,264 \times \frac{2}{3}$ $= +0,176$
Quantidades no Equilíbrio Químico/mol	$0,880 - 0,088 = 0,792$	0,616	0,176

Nestas condições, a fração molar,  $\chi$ , do amoníaco na mistura em equilíbrio, será de:

$$\chi = \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_{\text{NH}_3} + n_{\text{H}_2} + n_{\text{N}_2}}$$

$$\chi = \frac{0,176}{0,176 + 0,616 + 0,792}$$

$$\chi = \frac{0,176}{0,176 + 0,616 + 0,792}$$

$$\chi = \frac{0,176}{1,584}$$

$$\chi = 0,111$$

Por consulta da tabela conclui-se que a experiência foi realizada à temperatura de 500 °C e à pressão de 100 atmosferas.

## 1.2.

(C)

*de hidrogénio*

O amoníaco,  $\text{NH}_3$ , e a fosfina,  $\text{PH}_3$ , são moléculas que apresentam fórmulas de estrutura semelhantes, sendo compostas por um átomo central (nitrogénio ou fósforo) ligado a três átomos de hidrogénio. A sua análise estrutural permite evidenciar tanto semelhanças como diferenças no seu comportamento químico e físico.

Ambas as moléculas apresentam uma geometria piramidal trigonal, resultante da presença de um par de eletrões não ligantes no átomo central (nitrogénio ou fósforo).

Em termos da polaridade nas ligações estabelecidas, tanto o  $\text{NH}_3$  como o  $\text{PH}_3$  apresentam ligações covalentes simples polares entre o átomo central e os átomos de hidrogénio; contudo, a polaridade da ligação N-H é superior à da ligação P-H, sendo também a polaridade da molécula de  $\text{NH}_3$  superior.

A elevada polaridade da ligação N-H permite o estabelecimento de ligações de hidrogénio entre as moléculas de amoníaco. Estas são forças intermoleculares fortes, que contribuem para o ponto de ebulição mais elevado do  $\text{NH}_3$  comparativamente a  $\text{PH}_3$ . Por outro lado, a fosfina não estabelece ligações de hidrogénio, uma vez que a ligação P-H é menos polar. As forças intermoleculares que atuam entre as moléculas de  $\text{PH}_3$  são essencialmente forças de Van der Waals, que são significativamente mais fracas.

## Item 2.

## 2.1.

(C)

*reduz-se, pois o seu número de oxidação diminui*

Na molécula de água,  $\text{H}_2\text{O}$ , o número de oxidação do hidrogénio é +1 e o do oxigénio é -2. Durante a eletrólise, a água é decomposta em duas substâncias gasosas:

- o gás di-hidrogénio,  $\text{H}_2$ , no qual cada átomo de hidrogénio apresenta número de oxidação 0;
- o gás di-oxigénio,  $\text{O}_2$ , no qual cada átomo de oxigénio também apresenta número de oxidação 0.

Nesta reação, o número de oxidação do elemento hidrogénio passa de +1 para 0, o que constitui uma redução.

## 2.2.

(A)

*nunca se cruzam e têm sentido do eletrodo positivo para o negativo*

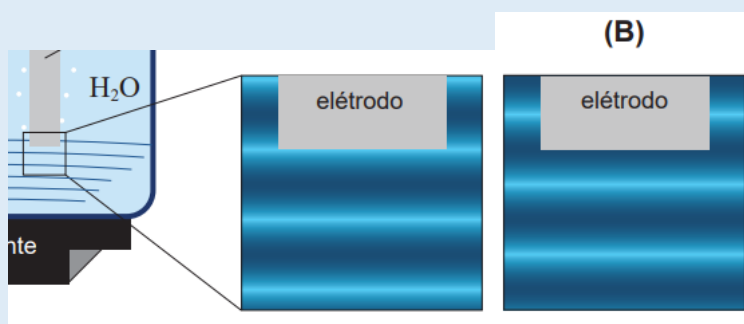
Os eletrodos positivo e negativo estão ligados a uma fonte de corrente contínua (neste caso, um painel fotovoltaico). Esta ligação estabelece um campo elétrico entre os dois eletrodos, cujas linhas de campo:

- a) nunca se cruzam (porque em cada ponto do espaço o campo só pode ter uma única direção e sentido);
- b) apresentam o sentido do eletrodo positivo para o eletrodo negativo (uma vez que, convencionalmente, as linhas de campo representam o sentido que teria força que atuaria sobre uma carga positiva que ficasse sobre a ação do campo).

## 2.3.

(B)

O período corresponde ao intervalo de tempo no qual o fenómeno se repetiria – o que, neste caso, corresponderia ao intervalo de tempo no qual cada porção da água estaria novamente no mesmo estado de pressão. Meio período corresponde ao intervalo de tempo no qual uma determinada porção da água passa dum estado de pressão para o seu oposto (passando de uma compressão para uma rarefação ou vice-versa). A imagem B corresponde a esta situação dado que a porção de água que está representada com uma zona escura passa a estar representada por uma zona clara e vice-versa.



**2.4.**

Se a barra realiza 600 rotações num minuto, significa que o intervalo de tempo que demora realizar uma única rotação será 600 vezes inferior a um minuto. Como um minuto corresponde a 60 segundos, retira-se que o período de rotação desta barra é de uma décima de segundo:

$$\frac{60 \text{ s}}{600 \text{ rotações}} = \frac{T \text{ (s)}}{1 \text{ rotação}}$$

$$T = \frac{60}{600}$$

$$T = 0,1000 \text{ s}$$

Dada a relação das velocidades linear e angular de um movimento circular com a distância  $r$  ao centro de rotação, teremos, como o raio da trajetória descrita é metade do comprimento  $l$  da barra:

$$v = r \times \omega$$

$$v = \frac{l}{2} \times \frac{2\pi}{T}$$

$$0,628 = \frac{l}{2} \times \frac{2\pi}{0,1000}$$

$$\frac{2\pi l}{0,2000} = 0,628$$

$$l = \frac{0,628 \times 0,2000}{2\pi}$$

$$l = \frac{0,628 \times 0,1000}{\pi}$$

$$l = \frac{0,0628}{\pi}$$

$$l = \frac{6,28 \times 10^{-2}}{\pi}$$

$$l = 2,00 \times 10^{-2} \text{ m}$$

O comprimento da barra magnética é de 2,00 cm.



## 2.5.

A diferença de potencial nos terminais dos elétrodos idêntica à que se obteria aos terminais de uma resistência elétrica de  $2,0 \times 10^6 \Omega$  percorrida por uma corrente de  $1,75 \times 10^{-7} \text{ A}$ , seria de

$$\begin{aligned}
 U &= R \times I \\
 U &= 2,0 \times 10^6 \times 1,75 \times 10^{-7} \\
 U &= 0,350 \text{ V} \\
 U &= 3,50 \times 10^2 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Por consulta do gráfico obtém-se que, para se produzir diferença de potencial elétrico de módulo 350 mV, a solução de hidróxido de potássio terá de apresentar um pH=13,0.

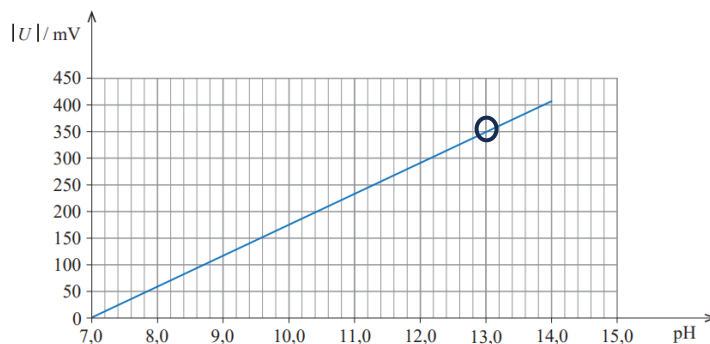
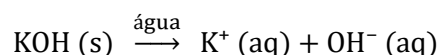


Figura 4

O hidróxido de potássio, KOH, é um composto iónico, formado por iões potássio,  $\text{K}^+$ , e iões hidróxido,  $\text{OH}^-$ . Quando o KOH, sólido, é adicionado à água, ocorre a sua dissociação, ou seja, a separação dos seus iões constituintes.



A quantidade de iões hidróxido em solução aquosa é igual à quantidade de hidróxido de potássio dissolvida, pois a proporção de combinação dos iões neste composto é de 1:1 e a sua dissolução é total.

$$n_{\text{OH}^- (\text{aq})} = n_{\text{NaOH (s)}} \text{ (dissociação total, base forte)}$$

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

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-13,0}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_w$$

$$10^{-13,0} \times [\text{OH}^-] = 1,012 \times 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{n}{V}$$
$$0,10 = \frac{n}{0,500}$$
$$n = 0,050 \text{ mol}$$

Como  $n_{\text{NaOH(s)}} = n_{\text{OH}^-(\text{aq})}$ ,  $n_{\text{NaOH(s)}} = 0,050 \text{ mol}$ .

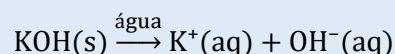
$$M = \frac{m}{n}$$
$$56,11 = \frac{m}{0,050}$$
$$m = 2,8 \text{ g}$$

A massa de sal que é necessário dissolver é de 3 g.

## 2.6.

(D)  
dissociação e  
apresenta  $\Delta h < 0$

O hidróxido de potássio, KOH, é um composto iónico, formado por iões potássio,  $\text{K}^+$ , e iões hidróxido,  $\text{OH}^-$ . Quando o KOH é adicionado à água, ocorre a sua dissociação, ou seja, a separação dos seus iões constituintes.



Esta transformação é chamada de dissociação porque os iões  $\text{K}^+$  e  $\text{OH}^-$  já existiam na estrutura cristalina do composto sólido. A água apenas separa já existentes. Em contraste, na ionização, os iões são formados a partir de moléculas neutras.

Durante a dissolução do KOH em água observa-se um aumento da temperatura da solução. Isso indica que a reação liberta energia para o meio envolvente sendo, por isso, uma reação exotérmica. Neste tipo de processo, a variação de entalpia,  $\Delta H$ , é negativa (pois a energia final das ligações estabelecidas no sistema químico em transformação é inferior à sua energia inicial, correspondendo a

sua diferença à energia libertada no processo e que produziu o aquecimento no meio).

**Item 3.**

**3.1.**

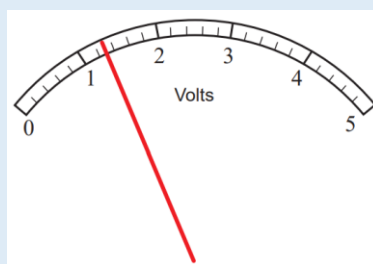
**3.1.1.**

(D)

$$U = (1,3 \pm 0,1) \text{ V}$$

A escala apresentada é de um aparelho analógico e o valor de 1 V está dividido em 5 partes iguais. Assim a menor divisão deste aparelho é de  $\frac{1 \text{ V}}{5} = 0,2 \text{ V}$ . A incerteza associada à sua utilização será de metade da menor divisão, correspondendo a 0,1 V. Como o ponteiro da figura 5 se encontra entre os valores de 1,2 V e 1,4 V, teremos

$$U = (1,3 \pm 0,1) \text{ V}$$



**3.1.2.**

(C)

a potência fornecida pelo painel em B é inferior e a resistência do circuito é superior, comparativamente a A.

Ponto A:

$$P_A = U_A \times I_A$$

$$P_A = 0,60 \times 0,80$$

$$P_A = 0,48 \text{ W}$$

$$R_A = \frac{U_A}{I_A}$$

$$R_A = \frac{0,60}{0,80}$$

$$R_A = 0,75 \Omega$$

Ponto B:

$$P_B = U_B \times I_B$$

$$P_B = 1,40 \times 0,30$$

$$P_B = 0,42 \text{ W}$$

$$R_B = \frac{U_B}{I_B}$$

$$R_B = \frac{1,40}{0,30}$$

$$R_B = 4,7 \Omega$$

**3.1.3.**

(a) – (3); (b) – (1); (c) – (2).

A irradiância máxima de uma fonte luminosa sobre uma superfície plana é conseguida quando a direção da radiação incidente é perpendicular à direção do plano do painel fotovoltaico. Desde que se garanta a incidência da radiação em toda a sua área, quanto maior for a área do painel maior será número de fótons recebido,

pelo que a energia recebida num determinado intervalo de tempo irá aumentar.

Como o rendimento no painel será sempre o mesmo, a potência elétrica que poderá fornecer será tanto maior quanto maior a potência radiante recebida.

A potência do painel irá aumentar com o *aumento da área do painel* e se a radiação incidente for perpendicular *ao plano* do painel - pelo que formará um *ângulo de 0° com a direção normal ao painel* - e irá *diminuir* caso seja interposto um *filtro vermelho* pois, neste caso, serão absorvidas pelo filtro as componentes visíveis do espectro eletromagnético de energia superior à da radiação vermelha, diminuindo a energia radiante recebida pelo painel.

### 3.2.

À medida que a distância do painel à lâmpada de incandescência aumenta, a área  $A$  da superfície esférica por onde a luz emitida pela lâmpada se espalha também aumenta. Como a potência  $P$  da fonte luminosa se mantém constante, o valor da irradiância  $E_r$  irá diminuir, pois serão grandezas inversamente proporcionais,  $E_r = \frac{P}{A}$ .

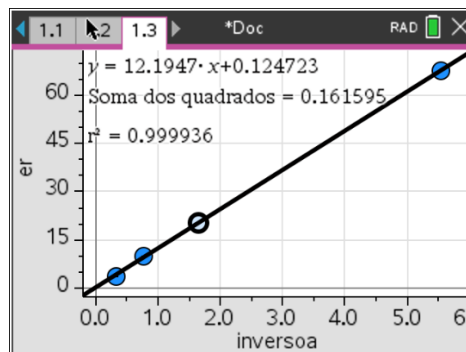
Um gráfico apropriado para estudar esta relação será expressar a irradiância em função do inverso da área, que conduzirá a expectavelmetemete a uma função afim (uma reta com ordenada na origem nula). Isto porque, se a irradiância é inversamente proporcional à área  $A$ , terá necessariamente que ser diretamente proporcional ao inverso da área,  $\frac{1}{A}$ :

$$E_r = P \frac{1}{A}$$

$$y = m x + b$$

No gráfico  $E_r = f(\frac{1}{A})$ , o declive corresponderá ao valor da potência da fonte e a ordenada na origem deverá ser nula ( $b = 0$ ).

	A er	B inversoa	C	D
=				
1	3.7	0.318		
2	9.8	0.778		
3	20.3	1.64		
4	67.5	5.53		
5				
A	er			



A equação da reta obtida,  $E_r = 12,2 \times \frac{1}{A} + 0,12$ , quando expressa em unidades SI, permite concluir que a potência emitida pela lâmpada é de 12,2 W.

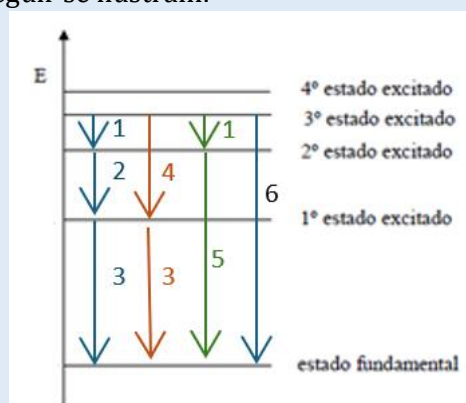
**Item 4.**

**4.1.**

(D)

6

Uma amostra de átomos de hidrogénio em que os seus eletrões mais energéticos se encontrem no terceiro estado excitado e decaiam para o estado fundamental poderão seguir, aleatoriamente, qualquer uma das sequências de transições que a seguir se ilustram:



Um electrão poderá transitar diretamente do terceiro estado excitado para o estado fundamental (6), poderá decair passando por todos os níveis de energia intermédios ( $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ ), ou por outras situações com combinações de estados possíveis ( $4 \rightarrow 3$  ou  $1 \rightarrow 5$ .)

Como cada risca que se obtém no espectro de emissão corresponde a um diferente valor de energia emitido, correspondente à diferença da energia dos níveis entre os quais ocorreu a transição, contabilizam-se, no total, 6 riscas diferentes.

**4.2.**

(B)

${}^3_2\text{He}^+$

O átomo de hidrogénio  ${}^3_1\text{H}$ , eletricamente neutro e de número atómico  $Z=1$ , possui 1 protão e 1 electrão.

Todas espécies químicas apresentadas correspondem ao elemento hélio, com  $Z=2$ , que possuem 2 protões e terão, igualmente, 2 electrões, na sua forma atómica.

O átomo de hélio terá que perder um dos seus 2 electrões para se transformar numa espécie química que só possui um electrão - ou seja, terá que formar um ião monopositivo. A opção correta será  ${}^3_2\text{He}^+$ .

**Item 5.****5.1.****5.1.1.****(C)**

$$y(t) = 10 + \frac{g}{80} t^2$$

$$v(t) = \frac{g}{40} t$$

Em todas as equações apresentadas a ordenada na origem apresenta o valor de +10 m. Conclui-se, então, que a origem estará no solo e o sentido positivo será ascendente.

O dirigível parte inicialmente do repouso, pelo que  $v_0 = 0$  e apresenta um movimento com aceleração constante,  $a$ .

Recorrendo aos dados, é possível descobrir o valor da aceleração:

$$y(t) = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$210 = 10 + 0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times 40,4^2$$

$$210 - 10 = \frac{1}{2} \times a \times 40,4^2$$

$$\frac{1}{2} \times a \times 40,4^2 = 200$$

$$a = \frac{2 \times 200}{40,4^2}$$

$$a = 0,245 \text{ m s}^{-2}$$

As opções apresentadas expressam este valor da aceleração  $a$  como uma fração do valor da aceleração gravítica terrestre à sua superfície,  $g$ . Vamos procurar qual é essa relação:

$$a = \frac{g}{x}$$

$$0,245 = \frac{9,80}{x}$$

$$x = \frac{9,80}{0,245}$$

$$x = 40$$

A relação é que a aceleração  $a$  é quarenta avos de  $g$ ,  $a = \frac{g}{40}$ .

Substituindo nas expressões gerais das leis da velocidade e do movimento, teremos:

$$y(t) = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad v(t) = v_0 + a t$$

$$y(t) = 10 + \frac{1}{2} \times \frac{g}{40} t^2 \quad v(t) = \frac{g}{40} t$$

$$y(t) = 10 + \frac{g}{80} t^2$$

Esta opção correta poderia ser antecipada sem recurso a cálculos.

O movimento não é de queda livre, dado que atua no dirigível outra força, a impulsão, para além da força gravítica. Por este motivo as opções (B) e (D) estariam excluídas, pois consideram que a aceleração do movimento é a aceleração gravítica.

Entre as duas outras opções possíveis, teria de ser opção (C) a correta, dado que o movimento é vertical e a sua aceleração é de baixo para cima (movimento ascendente e uniformemente acelerado), pelo que terá ter uma componente escalar da aceleração positiva - o que só acontece na opção (C).

### 5.1.2.

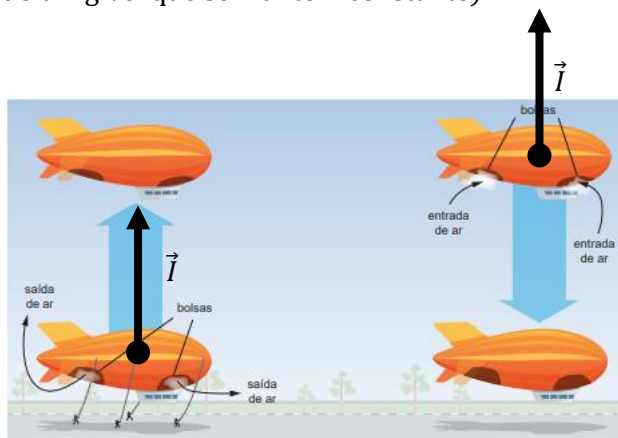
(A)

O trabalho realizado pela força gravítica, uma força conservativa, é sempre igual ao simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema em consideração.

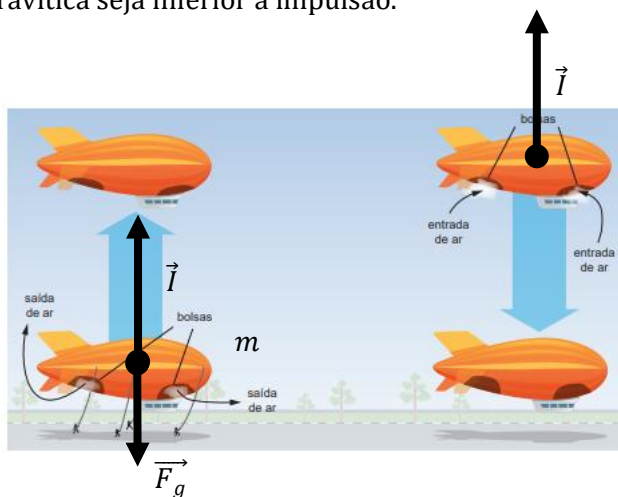
Por outro lado, como a força gravítica é vertical, com sentido de cima para baixo, e o deslocamento é vertical, mas de baixo para cima, a força e o deslocamento formam um ângulo de  $180^\circ$  entre si, tornando o trabalho realizado pela força gravítica negativo. Em qualquer subida, o trabalho realizado pela força gravítica é sempre negativo.

## 5.2.

A força de ascensão que atua no balão, a impulsão  $\vec{I}$ , permanece constante durante todo o movimento. Portanto, seja na subida ou na descida terá sempre o mesmo valor (esta força depende do volume do dirigível que se mantém constante).



Para que o dirigível apresente o movimento vertical ascendente será então necessário que o módulo da força gravítica seja inferior à impulsão.



Aplicando-se a Segunda Lei da Dinâmica obtém-se uma expressão para o valor da força de impulsão, em função da massa  $m$  do dirigível. Mantendo o sentido ascendente como o sentido positivo:

$$\vec{F}_r = m_{\text{sistema}} \vec{a}$$

$$\vec{I} + \vec{F}_g = m \vec{a}$$

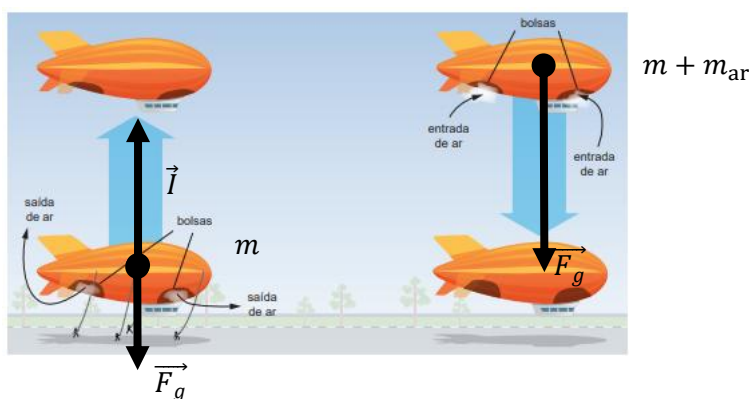


$$I - F_g = ma$$

$$I - mg = ma$$

$$I = mg + ma$$

Para ser possível o movimento descendente foi preciso introduzir ar nas bolsas do dirigível, incrementando a massa  $m$  do dirigível de um valor correspondente à massa de ar que entrou,  $m_{ar}$ . Na descida, a massa total do dirigível ficará, então,  $m + m_{ar}$ . Devido a esta entrada do ar, mais denso do que o hélio, a força de gravítica que atua no dirigível irá aumentar a sua magnitude, suplantando a magnitude da força de impulsão e fazendo com que o movimento seja acelerado, mas descendente. A componente escalar da aceleração, será, então, negativa.



Aplicando-se a Segunda Lei da Dinâmica ao movimento descendente teremos:

$$\vec{F}_r = m_{\text{sistema}} \vec{a}$$

$$\vec{I} + \vec{F}_g = (m + m_{ar}) \vec{a}$$

$$I - (m + m_{ar})g = -(m + m_{ar})a \quad (2)$$

Substituindo na expressão (2) a expressão (1) obtida para o valor da impulsão que atua no dirigível, obter-se-á qual é o valor da massa de ar,  $m_{ar}$ , que é necessário introduzir nas bolsas de dirigível, em função da massa inicial,  $m$ :

$$I - (m + m_{ar})g = -(m + m_{ar})a$$

$$mg + ma - (m + m_{ar})g = -(m + m_{ar})a$$

$$mg + ma - mg - m_{ar}g = -ma - m_{ar}a$$

$$ma - m_{ar}g = -ma - m_{ar}a$$

$$-m_{ar}g + m_{ar}a = -ma - ma$$

$$m_{ar}(-g + a) = -2ma$$

$$m_{\text{ar}} = \frac{-2ma}{-g + a}$$

$$m_{\text{ar}} = \frac{-2ma}{-(g - a)}$$

$$m_{\text{ar}} = \frac{2ma}{g - a}$$

$$m_{\text{ar}} = \frac{2m \times 0,10}{9,80 - 0,10}$$

$$m_{\text{ar}} = \frac{m \times 0,20}{9,80 - 0,10}$$

$$m_{\text{ar}} = \frac{0,20}{9,70} m$$

$$m_{\text{ar}} = 0,021 m$$

A massa de ar que terá de ser introduzida no dirigível corresponde a cerca de 2,1% da massa inicial do dirigível.

### 5.3.

Considerando o movimento descendente do dirigível como sendo vertical, retilíneo e uniforme, podemos concluir que:

- se o movimento é uniforme, o módulo da velocidade é constante, logo, não se irá verificar variação de energia cinética, que será também constante;
- se é um movimento descendente, a altura em relação ao solo vai diminuir, o que se traduz numa variação negativa da energia potencial gravítica.

Sendo que a energia mecânica,  $E_m$ , resulta destas duas contribuições, - energia cinética,  $E_c$ , e potencial gravítica,  $E_{pg}$  - a sua variação será igualmente o resultado da soma destas variações, conduzindo a:

$$\Delta E_m = \Delta E_{pg} + \Delta E_c$$

$$\Delta E_m = \Delta E_{pg} + 0$$

$$\Delta E_m < 0$$

Assim, se conclui que nesta parte do percurso não existe conservação de energia mecânica, uma vez que a energia mecânica diminui, devido à diminuição da energia potencial gravítica.

### Item 6.

#### 6.1.

(a) – (4)

(b) – (1)

(c) – (2)

A geometria molecular - disposição relativa dos átomos numa molécula- é aquela que lhe confere uma maior estabilidade, isto é, a que minimiza as repulsões entre pares de eletrões de valência. Para interpretar e prever a geometria recorreremos à Teoria da Repulsão dos Pares Eletrónicos de Valência (TREPV).

No caso do amoníaco,  $\text{NH}_3$ , o átomo central de nitrogénio, N, estabelece três ligações simples com átomos de hidrogénio, H, e possui ainda um par de eletrões não ligantes. A distribuição espacial dos pares de eletrões em redor do nitrogénio é tetraédrica, de modo a maximizar a separação entre eles. No entanto, devido à maior repulsão exercida pelo par de eletrões não ligantes em relação aos pares ligantes, os ângulos de ligação reduzem-se ligeiramente face ao ângulo tetraédrico ideal ( $109,5^\circ$ ). Esta assimetria resulta numa geometria piramidal trigonal.

No caso da molécula de dioxigénio,  $\text{O}_2$ , trata-se de uma molécula diatómica, formada por dois átomos de oxigénio que estabelecem entre si uma ligação covalente dupla. Não existe átomo central e os dois núcleos alinham-se ao longo de uma mesma direção. Assim, independentemente do número de pares de eletrões não ligantes em cada oxigénio, a molécula apresenta uma geometria linear.

Por fim, na molécula de água,  $\text{H}_2\text{O}$ , o átomo central é o de oxigénio, O, estabelece duas ligações covalentes simples com dois átomos de hidrogénio, H, e possui ainda dois pares de eletrões não ligantes. Esta distribuição de quatro regiões de repulsão eletrónica (2 pares ligantes + 2 pares não ligantes) organiza-se segundo uma estrutura eletrónica tetraédrica. No entanto, devido à maior repulsão exercida pelos pares não ligantes relativamente aos pares ligantes, os ângulos de ligação H-O-H tornam-se menores do que o ângulo tetraédrico ideal ( $109,5^\circ$ ). Esta assimetria conduz a uma geometria molecular angular.

## 6.2.

(B)

A configuração eletrónica do átomo de oxigénio, O, no estado fundamental terá uma representação simbólica da distribuição de eletrões por níveis e subníveis, atendendo ao:

- Princípio da construção: os eletrões distribuem-se por subníveis de menor energia, garantindo assim que a energia do átomo é mínima.  
O preenchimento dos subníveis deverá respeitar a sequência 1s 2s 2p 3s 3p 4s ...
- Princípio de Exclusão de Pauli: cada orbital comporta no máximo dois eletrões, sendo que estes devem apresentar estados de spin diferentes;
- Maximização do número de eletrões desemparelhados: em orbitais degeneradas (com a mesma energia) os eletrões são distribuídos de modo a maximizar o número de eletrões desemparelhados (Regra de Hund).

Assim, a configuração eletrónica correta do oxigénio ( $Z=8$ ), no estado fundamental, é  $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ .

## 6.3.

A reação de combustão do amoníaco é realizada com excesso de dioxigénio, sendo o amoníaco o reagente limitante. Recorrendo à estequiometria da referida reação poder-se-á calcular a máxima quantidade de  $N_2$  possível de ser obtida:

$$\frac{4 \text{ mol (NH}_3\text{)}}{2 \text{ mol (N}_2\text{)}} = \frac{2,3 \text{ mol (NH}_3\text{)}}{n \text{ (N}_2\text{)}}$$

$$n(N_2) = 1,15 \text{ mol de } N_2$$

As condições em que foi realizada a combustão determinou um rendimento de 30%. Assim, a quantidade química obtida de  $N_2$  efetivamente produzida corresponde a 30% do seu valor máximo:

$$n_{\text{obtida}} = 0,30 \times 1,15$$

$$n_{\text{obtida}} = 0,345 \text{ mol}$$

Pode-se determinar o volume obtido de  $\text{N}_2$ , recorrendo ao volume molar indicado para as referidas condições:

$$V_m = \frac{V(\text{N}_2)}{n(\text{N}_2)}$$

$$V(\text{N}_2) = V_m \times n_{\text{obtido}}(\text{N}_2)$$

$$V(\text{N}_2) = 24,1 \times 0,345$$

$$V(\text{N}_2) = 8,3 \text{ dm}^3$$

6.4.

A formação de moléculas ocorre devido à ligação química entre os átomos que as constituem. Nos exemplos a considerar, dioxigénio,  $\text{O}_2$ , e dinitrogénio,  $\text{N}_2$ , estabelece-se uma ligação covalente, ocorrendo a partilha de eletrões que se localizam na região internuclear dos dois átomos. Este tipo de ligação química pode ser representado através da notação de Lewis, em que o cerne dos átomos é representado através dos seus símbolos químicos, em torno dos quais se distribuem os eletrões de valência (ligantes ou não ligantes). Aplicando esta notação às duas moléculas apresentadas, verificamos que no caso do  $\text{O}_2$  há 4 eletrões de valência ligantes (ligação covalente dupla) e para o  $\text{N}_2$  existem 6 eletrões de valência ligantes (ligação covalente tripla).



Na molécula de  $\text{N}_2$ , com maior número de eletrões ligantes, a ligação química será mais forte, o que conduz a uma maior energia de ligação e a um menor comprimento de ligação, pois a distância internuclear de equilíbrio será menor. Reciprocamente, a molécula de  $\text{O}_2$  terá uma menor energia de ligação e um maior comprimento de ligação, quando comparada com a molécula de  $\text{N}_2$ .

Através do gráfico da energia potencial em função da distância internuclear apresentado, pode-se comparar a energia e o comprimento de ligação, pois o mínimo de energia potencial do sistema ocorre para a distância internuclear de equilíbrio, ou seja, aquela para a qual se verifica a ocorrência de ligação química. A energia de ligação é a energia necessária para quebrar uma ligação, assim, será simétrica da energia potencial mínima do sistema dos dois átomos.

Concluindo, a curva 1 representa a molécula de  $\text{N}_2$ , pois apresenta uma energia potencial mínima de menor valor (e que conduzirá, em módulo, a uma energia de ligação superior) e

uma distância internuclear de equilíbrio inferior, compatível com a existência de uma ligação covalente tripla, mais forte do que a ligação dupla existente no  $\text{O}_2$ .