



Proposta de resolução do exame

1.<sup>a</sup> fase de 2023

Exame Final Nacional do Ensino Secundário

Prova de Física e Química A – 715

11.º ano de escolaridade

1.<sup>a</sup> fase

26 de junho de 2023

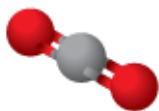
Resolução comentada e explicada, dedicada a todos os alunos que se preparam para o  
exame.

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

---

**Índice**

<b>ITEM 1.</b>	<b>3</b>
1.1.....	3
1.2.....	3
<b>ITEM 2.</b>	<b>3</b>
2.1.....	3
2.2.....	4
<b>ITEM 3.</b>	<b>4</b>
3.1.....	4
3.2.....	4
3.3.....	5
<b>ITEM 4.</b>	<b>5</b>
<b>ITEM 5.</b>	<b>7</b>
5.1.....	7
5.2.1.....	7
5.3.....	8
5.4.....	9
5.4.1.....	9
5.4.2.....	9
5.5.....	10
<b>ITEM 6.</b>	<b>10</b>
6.1.....	10
6.2.....	11
6.3.....	11
6.4.....	12
<b>ITEM 7.</b>	<b>12</b>
7.1.....	12
7.2.....	12
7.3.....	13
<b>ITEM 8.</b>	<b>14</b>
<b>ITEM 9.</b>	<b>15</b>

**Item 1.****1.1.****Opção (C)**

A molécula de dióxido de carbono apresenta geometria linear, pois o átomo central de carbono não apresenta eletrões não ligantes. Além disso, o átomo de carbono estabelece uma ligação covalente dupla com cada um dos átomos de oxigénio da molécula.

**1.2.****Opção (B)**

$$\frac{33 \times 10^6 \times 22,4}{44,01} \text{ dm}^3$$

Como a massa molar deste gás corresponde a  $44,01 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , para se ter a massa de 33 toneladas (ou seja,  $33 \times 10^6 \text{ g}$ ) ter-se-á de ter  $n = \frac{33 \times 10^6}{44,01} \text{ mol}$ .

Dado que o gás se encontra em condições normais de pressão e temperatura o seu volume molar será de 22,4 decímetros cúbicos por cada mole de gás. Então, o volume ocupado por 33 toneladas de  $\text{CO}_2$  será:

$$V = n \times V_m$$

$$V = \frac{33 \times 10^6}{44,01} \times 22,4$$

**Item 2.****2.1.****Opção (D)**

*tem menor comprimento de onda.*

Um som de maior frequência é um som mais agudo do que outro, de menor frequência, pelo que a opção (A) está errada.

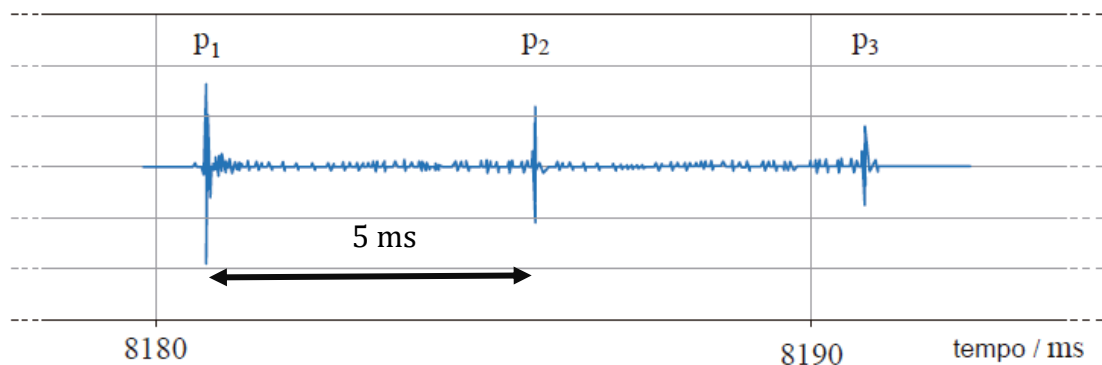
Propagando-se os dois sons em meios de iguais características (“nas mesmas águas e à mesma profundidade”), terão a mesma velocidade, pelo que a (B) está errada.

Como o período é o inverso da frequência, como as frequências são diferentes, os períodos também o serão, pelo que a (C) estará errada.

Como a velocidade é constante, sendo a frequência do som emitido maior comparativamente ao som emitido pelas outras baleias, o seu comprimento de onda será menor, dado que o seu produto é constante ( $v = \lambda \times f$ ). A opção D está correta.

## 2.2.

Da leitura do registo retira-se que entre os pulsos  $p_1$  e  $p_2$  decorrem 5 ms.



O intervalo de tempo entre dois pulsos corresponde ao tempo necessário para os ultrassons percorrerem a distância  $d$  entre a parte da frente da cabeça e o saco frontal, serem refletidos e voltarem até ao saco distal; ou seja, neste intervalo de tempo os ultrassons percorrem a distância  $2d$ . Assim, tem-se que a distância  $d$  do comprimento do saco de espermacete é:

$$v = \frac{2 \times d}{\Delta t}$$

$$1400 = \frac{2 \times d}{5 \times 10^{-3}}$$

$$d = \frac{5 \times 10^{-3} \times 1400}{2}$$

$$d = 3,5 \text{ m}$$

## Item 3.

## 3.1.

## Opção (C)

*Fe e Cr, que pertencem ao mesmo período da tabela periódica.*

Consultando a Tabela Periódica, constata-se que ferro (Fe) e o cromo (Cr) pertencem ao 4º Período da Tabela Periódica (linha horizontal) mas a diferentes grupos (coluna vertical). Contudo, são ambos metálicos, ao contrário do carbono que é um não metal.

## 3.2.

A corrosão de um metal consiste essencialmente na sua oxidação, transformando-se os átomos metálicos em catiões, por cedência de eletrões. Tal pode acontecer ao ferro na presença do dióxigénio, formando óxidos de ferro (vulgo ferrugem). Os óxidos de ferro são substâncias porosas e não aderentes ao metal, o que permite o constante contacto com o dióxigénio, conduzindo, eventualmente, à total oxidação/destruição da peça.

Igual fenómeno acontece também com outros metais, como o cromo. No entanto, com uma vantagem: ao contrário dos óxidos de ferro, o trióxido de dicromo formado na sua oxidação não é poroso, mas forma antes uma película sólida, aderente à superfície do metal e impermeável. Assim, esta película, quando é formada, bloqueia o contacto entre o dióxigénio atmosférico e o metal, protegendo-os da oxidação.

No texto é dada a informação que, num aço onde existam os metais ferro e cromo, forma-se a referida substância protetora de trióxido de dicromo. Informa, ainda, que na circunstância de esta película de trióxido de dicromo ser danificada, ela será autorreparada. Esta informação permite concluir que, na presença do dióxigénio do ar, a oxidação do cromo é preferencial em relação à oxidação do ferro, ou seja, que o cromo tem maior poder redutor relativamente ao ferro (tem maior capacidade de reduzir o dióxigénio).

Concluindo, a adição do cromo a uma liga de aço aumenta a sua resistência à corrosão por dois motivos: em primeiro lugar, porque da oxidação do cromo resulta um óxido que se deposita à sua superfície formando uma camada protetora que dificulta a posterior corrosão dos elementos metálicos do aço, nomeadamente, do ferro; em segundo lugar porque, na eventualidade desta película sofrer um dano, o maior poder redutor do cromo face ao ferro fará com que seja o cromo o elemento metálico a oxidar-se, refazendo novamente a película e continuando a proteger o aço da corrosão.

### 3.3.

#### Opção (A)

*igual e um maior número de orbitais de valência totalmente preenchidas.*

${}^6\text{C} - 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$   
 ${}^8\text{O} - 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$   
 (ou equivalente, dado que  $2p_x$   $2p_y$   $2p_z$  são orbitais degeneradas)

Ambos os elementos possuem três valores de energias de remoção eletrónica, por possuírem três subníveis de energia ocupados (1s, 2s e 2p).

Contudo, o átomo de oxigénio possui duas orbitais de valência totalmente preenchidas (2s e  $2p_x$ , por exemplo), enquanto o átomo de carbono só possui uma (2s) nessas condições.

#### Item 4.

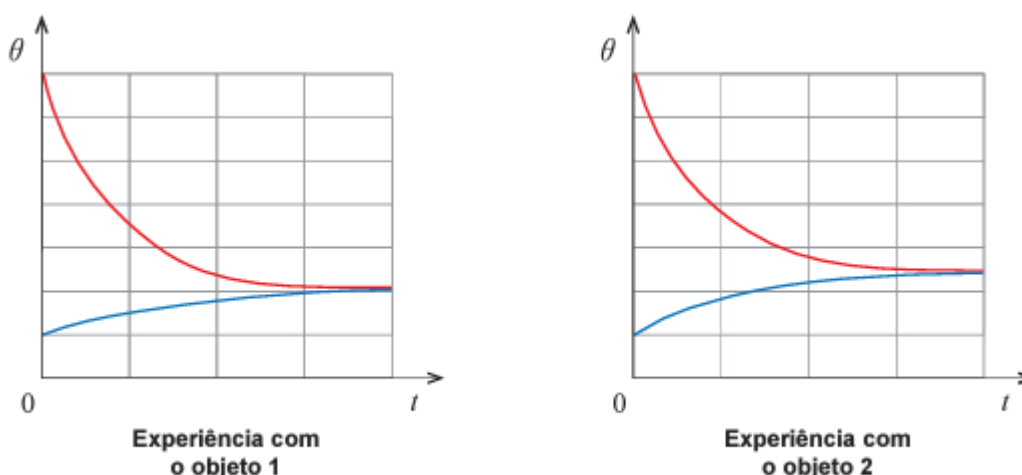


Figura 4

A análise dos gráficos da figura 4 permite concluir que na experiência com o objeto 2 uma mesma massa de água sofre uma maior variação de temperatura. Ou seja, na experiência com o objeto 2, a água recebeu um maior valor de energia do que a água na experiência com o objeto 1.

Dado que o recipiente se encontra termicamente isolado, considera-se que toda a energia recebida pela água foi cedida pelo objeto sólido, pelo que se conclui que o objeto 2 forneceu mais energia à água do que o objeto 1 ( $E_2 > E_1$ ).

Os 2 objetos sólidos apresentam a mesma massa ( $m_2 = m_1$ ) e, dos gráficos, retira-se que a variação de temperatura sofrida pelo objeto 2, em módulo, é inferior a variação da temperatura sofrida pelo objeto 1 ( $|\Delta\theta_2| < |\Delta\theta_1|$ ).

Assim, de

$$E_2 > E_1$$

obtém-se, como não ocorre nenhuma mudança de fase :

$$m \times c_2 \times |\Delta\theta_2| > m \times c_1 \times |\Delta\theta_1|$$

pelo que

$$c_2 \times |\Delta\theta_2| > c_1 \times |\Delta\theta_1|$$

Como  $|\Delta\theta_2| < |\Delta\theta_1|$ , retira-se que  $c_2 > c_1$ .

Como a variação da temperatura do objeto 2, em módulo, é inferior ao módulo da variação de temperatura do objeto 1, a sua capacidade térmica mássica terá de ser superior para que o produto destas duas grandezas, para o objeto 2, ultrapasse o correspondente produto para o objeto 1.

**Item 5.****5.1.****Opção (A)**

5

Uma vez que a aceleração da gravidade é constante e a variação da altura é igual, quer seja a subida efetuada pelas escadas ou pelo elevador, a variação da energia potencial só dependerá da massa do sistema.

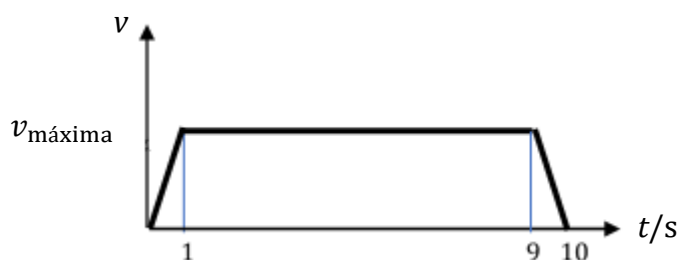
No caso do conjunto *cabina+pessoa+Terra* a massa é de 375 kg.

No caso do conjunto *pessoa+Terra* a massa é de 75 kg.

Assim sendo, a razão das variações das energias potenciais será igual à razão das massas,  $375/75=5$ .

**5.2.1.**

Uma vez que a aceleração é constante durante o primeiro e o último segundo de movimento e a velocidade se mantém constante entre  $t=1$  s e  $t=9$  s, o esboço do gráfico  $v(t)$  do movimento do elevador corresponde ao apresentado na figura (declives constantes para os regimes onde a velocidade varia):



Este gráfico permite obter o valor da velocidade máxima atingida, dado que a “área” delimitada entre o traçado do gráfico e o eixo das abcissas (tempo) corresponde ao valor do deslocamento:

$$\frac{v_{\text{máxima}} \times (1 - 0)}{2} + v_{\text{máxima}} \times (9 - 1) + \frac{v_{\text{máxima}} \times (10 - 9)}{2} = 3 \times 2,80$$

$$v_{\text{máxima}} \times 0,5 + v_{\text{máxima}} \times 8 + v_{\text{máxima}} \times 0,5 = 8,40$$

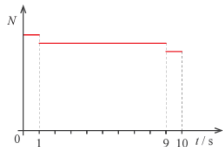
$$v_{\text{máxima}} \times 9 = 8,40$$

$$v_{\text{máxima}} = \frac{8,40}{9}$$

$$v_{\text{máxima}} = 0,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

5.2.2.

Opção (B)

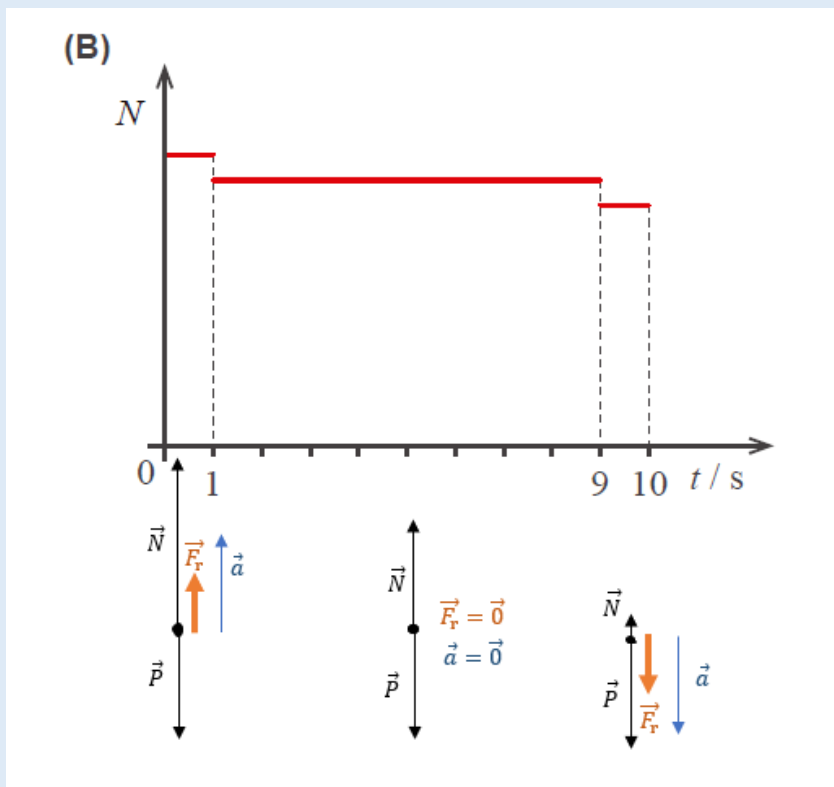


Há duas forças aplicadas à pessoa, verticais e de sentidos opostos: a normal,  $\vec{N}$  e o peso,  $\vec{P}$ .

O peso é uma força aplicada e terá o seu valor constante no deslocamento considerado.

A normal é uma força de ligação e terá uma intensidade diferente consoante o movimento.

A força resultante terá sempre o mesmo sentido e intensidade diretamente proporcional à aceleração. Tem-se, então:

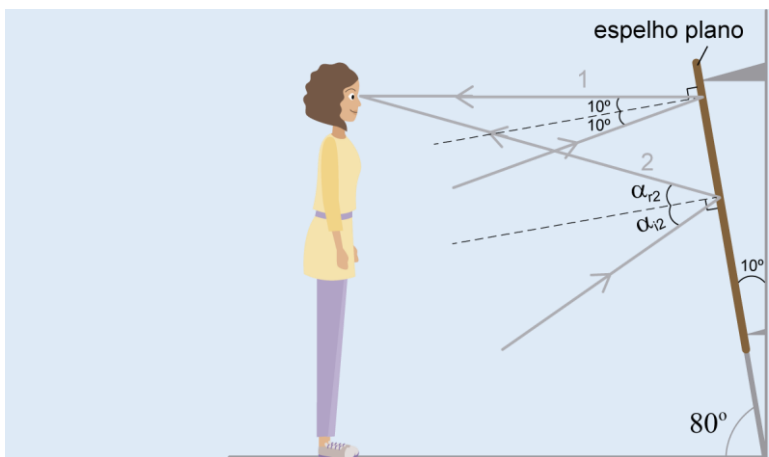


5.3.



**Opção (C)**

$10^\circ$  e é menor do que o ângulo de incidência do raio (2).



Como o espelho plano forma um ângulo de  $80^\circ$  com a horizontal e o raio refletido em 1 está paralelo ao solo, conclui-se que a sua amplitude do ângulo de reflexão é de  $10^\circ$ , já que a normal forma um ângulo de  $90^\circ$  com o espelho. Como, numa reflexão, o ângulo incidente, a reta normal e o raio refletido estão no mesmo plano e a amplitude do ângulo incidente é igual a amplitude do ângulo refletido, conclui-se que a amplitude do ângulo de incidência do raio que dá origem ao raio refletido em 1 também é de  $10^\circ$ .

Num espelho plano as direções das retas normais são paralelas entre si, pelo que se retira que a amplitude do ângulo de incidência do raio 2 é superior à amplitude do ângulo de incidência 1 [dado que, tal como em 1, amplitude do ângulo incidente e a amplitude do raio refletido em 2 também são necessariamente iguais].

**5.4.**

**5.4.1.**

**Opção (D)**

negativo para o polo positivo da pilha, e a corrente é contínua.

Uma pilha é um gerador de corrente contínua. O sentido real da corrente elétrica é do polo negativo para o polo positivo do gerador, dado que os portadores de carga são os eletrões livres do metal.

**5.4.2.**

**Opção (A)**

5,5 V e 1,3  $\Omega$

Se prolongarmos a reta obtida por regressão linear, visível no gráfico, obtemos a ordenada na origem, correspondente a uma força eletromotriz de 5,5 V. O módulo do declive da reta permite a obtenção da segunda característica da pilha, a sua resistência interna:

$$r = |\text{declive}| = \left| \frac{3,4 - 5,0}{1,60 - 0,40} \right| = 1,3 \Omega$$

5.5.

Opção (C)

$$\frac{h}{4}$$

Durante a queda e ascensão da bola há conservação da energia mecânica pois a resistência do ar é desprezável.

Como em cada ressalto 50% da energia cinética da bola é dissipada no impacto com o solo, conclui-se que metade da sua energia mecânica é transformada em energia interna na colisão com o solo (dado que, neste ponto, a energia potencial gravítica do sistema *bola+Terra* é nula).

Esta redução da energia cinética na colisão com o solo e a subsequente diminuição da energia mecânica traduz-se pela redução da altura máxima atingida após o ressalto dado que, no ponto mais alto após o ressalto, toda a energia mecânica corresponde a energia potencial gravítica (neste ponto, a energia cinética é nula).

Resumindo: a cada ressalto a dissipação de energia com o solo provoca a diminuição em 50% da energia potencial gravítica máxima do sistema *bola+Terra* após impacto.

Dado que a massa da bola e a aceleração gravítica terrestre são constantes, esta diminuição de energia potencial gravítica reflete-se na diminuição da altura máxima atingida e, neste caso, após cada ressalto a altura máxima atingida corresponde a metade da altura a bola foi abandonada.

Assim, partindo de uma altura de queda  $h$ , o primeiro ressalto devolverá uma altura máxima de  $h/2$ .

O segundo ressalto partirá da altura inicial de  $h/2$  anteriormente adquirida e a sua redução a 50% permite calcular a altura máxima atingida pela bola após o segundo ressalto:  $h/4$

Item 6.

6.1.

- a) 2  
b) 1  
c) 2

A molécula de amoníaco apresenta **8** eletrões de valência, sendo **dois** o número de eletrões não ligantes, o que lhe confere uma geometria **piramidal trigonal**.

6.2.

Opção (C)

- 3 e 5

A soma dos números de oxidação de todos os elementos presentes nos compostos apresentados é zero, dado que são eletricamente neutros.

Como o número de oxidação do elemento hidrogénio é de +1 e do elemento oxigénio é de -2 nos compostos referidos, teremos que o número de oxidação do nitrogénio em  $\text{NH}_3$  será de -3 e no  $\text{HNO}_3$  será de +5, pois:

$\text{NH}_3$

$$-3 + 1 \times 3 = 0$$

$\text{HNO}_3$

$$+1 + 5 + (-2) \times 3 = 0$$

6.3.

Como se pretende produzir 1200 toneladas de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3(\text{aq})$ , ter-se-á de obter:

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{1200 \times 10^6 \text{ g}}{63,02 \text{ g.mol}^{-1}} = 1,904 \times 10^7 \text{ mol}$$

Dado que a terceira etapa tem um rendimento de 75%, ter-se-ia que a quantidade de  $\text{HNO}_3(\text{aq})$  que seria obtida se o rendimento fosse de 100% seria de:

$$75 = \frac{1,904 \times 10^7}{n_{\text{HNO}_3}} \times 100$$

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{1,904 \times 10^7}{0,75} = 2,54 \times 10^7 \text{ mol}$$

Como na etapa III a proporção estequiométrica entre o dióxido de nitrogénio e o ácido nítrico é de 3 : 2 ter-se-á que colocar a reagir:

$$\frac{3}{2} \times 2,54 \times 10^7 = 3,81 \times 10^7 \text{ mol de NO}_2.$$

O  $\text{NO}_2$  é obtido por oxidação do monóxido de nitrogénio na etapa II numa proporção de um para um (1:1), ou seja, é requerida a mesma quantidade de  $\text{NO}$  do que a que se pretende obter para  $\text{NO}_2$ .

Igual situação ocorre na etapa I onde, novamente, a quantidade de  $\text{NH}_3$  que reage é igual à quantidade que se pretende obter de  $\text{NO}$ . Assim, na prática, a quantidade de  $\text{NH}_3$  que é necessário colocar a reagir na etapa I do processo de Ostwald é a mesma da do  $\text{NO}_2$  necessária para a etapa III.

Tem-se, então, que a massa de  $\text{NH}_3$  necessária é de:

$$m = n \times M$$

$$m = 3,81 \times 10^7 \times 17,04 = 6,5 \times 10^8 \text{ g}$$

$$m = 6,5 \times 10^5 \text{ kg}$$

6.4.

**Opção (B)**

*etapa III na etapa II.*

O conceito de química verde está intrinsecamente associado ao desenvolvimento sustentável, tentando requalificar a química tradicional de acordo com protocolos ecologicamente corretos, seguros e limpos. À luz da química verde importa maximizar a transformação de reagentes a favor do produto desejado e minimizar o desperdício de matéria e o consumo energético.

Assim sendo, seria vantajoso utilizar o monóxido de nitrogénio,  $\text{NO}$ , resultante na etapa 3 (nesta etapa o produto desejado é o ácido nítrico), na etapa 2, onde este composto é um reagente.

**Item 7.**

7.1.

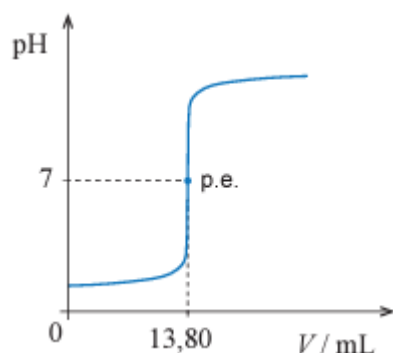
**Opção (A)**

*bureta ... 0,05 mL*

A solução aquosa de hidróxido de sódio é o titulante tendo de ser adicionado progressivamente à solução diluída de ácido nítrico, utilizando-se uma bureta.

Dado que a medida do volume equivalente foi de 13,80 mL, conclui-se que a incerteza da leitura recai na casa das centésimas do mililitro, pelo que será uma incerteza de leitura de 0,05 mL.

7.2.

**Opção (A)**

Trata-se de uma titulação de um ácido forte por uma base forte pelo que os iões presentes na solução, oriundos da ionização do ácido e da dissociação da base, não irão reagir significativamente com a água. Assim, a solução resultante desta adição terá, a 25 °C, um pH de 7 no seu ponto de equivalência e o volume gasto da base até se atingir o ponto de equivalência foi de 13,80 mL.

**7.3.**Concentração da solução diluída:

A concentração da solução diluída pode ser obtida pela titulação realizada, onde o titulante e o titulado se encontram na proporção de 1:1. No ponto de equivalência, onde nem a base nem o ácido se encontram em excesso, teremos a mesma quantidade dos dois reagentes:

$$n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$$

$$c_{\text{ácido}} \times V_{\text{ácido}} = c_{\text{base}} \times V_{\text{base}}$$

$$c_{\text{ácido}} = \frac{c_{\text{base}} \times V_{\text{base}}}{V_{\text{ácido}}}$$

$$c_{\text{ácido}} = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times \frac{13,80 \text{ mL}}{10,00 \text{ mL}}$$

$$c_{\text{ácido}} = 0,138 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Concentração da solução concentrada:

Como a solução concentrada apresenta uma fração de 35% em massa, retira-se que por 100 g da solução existem 35 g de  $\text{HNO}_3$ , o que corresponde a uma quantidade de

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{35}{63,02}$$

$$n_{\text{HNO}_3} = 0,555 \text{ mol}$$

Como esta quantidade de soluto existe em 100 g de solução, pela sua massa volúmica poder-se-á determinar o volume da solução:

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

$$1,260 = \frac{100}{V}$$

$$V = 79,4 \text{ cm}^3$$

$$V = 79,4 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

Poderemos, então, calcular a concentração do ácido original (concentrado):

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

$$c = \frac{0,555 \text{ mol}}{79,4 \times 10^{-3} \text{ dm}^3}$$

$$c = \frac{0,555 \text{ mol}}{79,4 \times 10^{-3} \text{ dm}^3}$$

$$c = 7,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Cálculo da razão entre as duas concentrações (fator de diluição):

$$\frac{7,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}{0,138 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} = 51$$

### Item 8.

Vamos definir o sistema como a massa de gelo que irá fundir ao ser atingida pelo meteorito.

O meteorito, de massa  $m$ , transfere para o gelo a sua energia cinética, por intermédio do trabalho  $W$  das forças dissipativas que atuam entre o meteorito e o gelo quando este se enterra. Desprezando-se variações da energia potencial gravítica, este trabalho corresponderá ao módulo da variação da energia cinética do meteorito:

$$W = \left| \frac{1}{2} \times m \times (0^2 - v^2) \right|$$

Por outro lado, no processo de arrefecimento até o meteorito se encontrar em equilíbrio térmico a  $0^\circ\text{C}$ , será cedida ao gelo energia por calor:

$$Q = |m \times c \times \Delta\theta|$$

Assim, o gelo irá receber do meteorito uma energia total,  $E_{\text{total}}$ , correspondente à soma das energias cedidas pelo meteorito:

$$E_{\text{total}} = Q + W$$

$$E_{\text{total}} = |m \times c \times \Delta\theta| + \left| \frac{1}{2} \times m \times (0^2 - v^2) \right|$$

$$E_{\text{total}} = |12 \times 830 \times (0 - 3100)| + \frac{1}{2} \times 12 \times (10 \times 10^3)^2$$

$$E_{\text{total}} = 0,31 \times 10^8 + 6,0 \times 10^8$$

$$E_{\text{total}} = 6,31 \times 10^8 \text{ J}$$

Dado que são necessários  $3,34 \times 10^5 \text{ J}$  para a fusão de 1 kg de gelo, esta energia permitiria a fusão de:

$$\frac{6,31 \times 10^8 \text{ J}}{3,34 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}} = 1,9 \times 10^3 \text{ kg de gelo}$$

### Item 9.

A chegada simultânea da pena e do martelo permite concluir que se trata de uma queda livre e, com base nas leis do movimento, pode-se obter a aceleração gravítica  $g$  à superfície do planeta.

Considerando um eixo  $xx$  da direção vertical do local, com o sentido positivo de cima para baixo e com origem na posição inicial, ter-se-á, como os objetos foram largados ( $v_0 = 0$ ) simultaneamente:

$$x = x_0 + v_0 \times t + \frac{1}{2} \times g \times t^2$$

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

$$x = \frac{1}{2} \times g \times t^2$$

Substituindo para  $x(1,70) = 1,60 \text{ m}$ , ter-se-á:

$$1,60 = \frac{1}{2} \times g \times 1,70^2$$

$$g = \frac{2 \times 1,60}{1,70^2}$$

$$g = \frac{2 \times 1,60}{1,70^2}$$

$$g = 1,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

O conhecimento do perímetro  $P$  do planeta permite calcular o seu raio  $R$ :

$$\pi = \frac{P}{2R}$$

$$R = \frac{P}{2\pi}$$

$$R = \frac{50\,000}{2\pi}$$

$$R = 8,0 \times 10^3 \text{ m}$$

Por último, a aplicação da Lei Fundamental da Dinâmica permite o cálculo da massa do planeta, dado que a única força atuante é a força gravítica, expressa pela Lei da Gravitação Universal e, como o movimento é circular e uniforme, a aceleração apresenta apenas a componente centrípeta  $a_c$ , coincidente com a aceleração gravítica  $g$  anteriormente determinada:

$$F_r = m \times a_c$$

$$F_g = m \times g$$

$$\frac{G \times M_{\text{planeta}} \times m}{R^2} = m \times g$$

$$\frac{G \times M_{\text{planeta}}}{R^2} = g$$

$$M_{\text{planeta}} = \frac{g \times R^2}{G}$$

$$M_{\text{planeta}} = \frac{1,11 \times (8,0 \times 10^3)^2}{6,67 \times 10^{-11}}$$

$$M_{\text{planeta}} = 1,1 \times 10^{18} \text{ kg}$$