

Proposta de Resolução do Exame Nacional de Física e Química A

11.º ano, 2017, 1.ª Fase, versão 1

Sociedade Portuguesa de Física, Divisão de Educação, 22 de junho de 2017

Exame Final Nacional do Ensino Secundário, Prova Escrita de Física e Química A, 11.º Ano de Escolaridade, 1.ª Fase, Instituto de Avaliação Educativa, IAVE, 21.07.2017: <http://cdn.iave.pt/provas/2017/EX-FQA715-F1-2017-V1.pdf>

Grupo I

1.

1.1. (C)

0,05%(*m/m*) de CO₂ no ar significa que existem 0,05 g de CO₂ em cada 100 g = 10² g de ar seco. Segue-se que em 1 milhão de gramas (10⁶ g = 10² × 10⁴ g) de ar seco deverão existir 0,05 × 10⁴ g = 5 × 10² g de CO₂, ou seja, o teor de CO₂ no ar seco é 5 × 10² ppm (partes por milhão).

OU

$$0,05\%(\text{m/m}) \Rightarrow \frac{0,05 \cancel{\text{g}}}{10^2 \cancel{\text{g}}} = \frac{0,05 \times 10^4 \cancel{\text{g}}}{10^2 \times 10^4 \cancel{\text{g}}} = \frac{5 \times 10^2 \cancel{\text{g}}}{10^6 \cancel{\text{g}}} \Rightarrow \frac{5 \times 10^2}{10^6} \times 10^6 \text{ ppm} = 5 \times 10^2 \text{ ppm}$$

1.2. (A)

Em 100 g de ar seco existem 0,05 g de CO₂, logo, em 100 × 10 g de ar seco existem 0,05 × 10 g de CO₂.

A massa molar do CO₂ é $M_{\text{CO}_2} = (12,01 + 2 \times 16,00) \text{ g mol}^{-1} = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$, segue-se que a quantidade de CO₂ em 0,05 × 10 g de CO₂ é $n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{0,05 \times 10 \cancel{\text{g}}}{44,01 \cancel{\text{g mol}^{-1}}} = \frac{0,05 \times 10}{44,01} \text{ mol}$.

2. Nas condições PTN, a massa de 1 dm³ de ar é 1,30 g ($\rho_{\text{ar}} = 1,30 \text{ g dm}^{-3}$) e a massa de O₂ nesse volume é 23,14% ($\frac{23,14 \cancel{\text{g}}}{100 \cancel{\text{g}}}$) da massa de ar: $m_{\text{O}_2} = 1,30 \text{ g} \times \frac{23,14 \cancel{\text{g}}}{100 \cancel{\text{g}}} = 0,3008 \text{ g}$.

A massa molar do O₂ é $M_{\text{O}_2} = 2 \times 16,00 \text{ g mol}^{-1} = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$ e, em condições PTN, o volume molar de um gás é $V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$, logo, o volume ocupado por 0,3008 g de O₂ é

$$V_{\text{O}_2} = V_m \cdot n_{\text{O}_2} = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \times \frac{0,3008 \cancel{\text{g}}}{32,00 \cancel{\text{g mol}^{-1}}} = 0,211 \text{ dm}^3.$$

Assim, a razão entre o volume de O₂ e o volume de ar seco é $\frac{0,211 \text{ dm}^3}{1 \text{ dm}^3} = 0,211$, ou seja, a percentagem em volume de O₂ é 21,1%.

OU

Nas condições PTN, o volume de 100 g de ar é $V_{\text{ar}} = \frac{m_{\text{ar}}}{\rho_{\text{ar}}} = \frac{100 \cancel{\text{g}}}{1,30 \cancel{\text{g dm}^{-3}}} = 76,92 \text{ dm}^3$ e neste volume há 23,14 g de O₂.

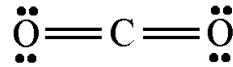
A massa molar do O₂ é $M_{\text{O}_2} = 2 \times 16,00 \text{ g mol}^{-1} = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$ e, em condições PTN o volume molar de um gás é $V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$, logo, o volume ocupado por 23,14 g de O₂ é

$$V_{\text{O}_2} = V_m \cdot n_{\text{O}_2} = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \times \frac{23,14 \cancel{\text{g}}}{32,00 \cancel{\text{g mol}^{-1}}} = 16,20 \text{ dm}^3.$$

Assim, a razão entre o volume de O₂ e o volume de ar seco é $\frac{16,20 \text{ dm}^3}{76,92 \text{ dm}^3} = 0,211$, ou seja, a percentagem em volume de O₂ é 21,1%.

3. (C)

Na molécula de dióxido de carbono, o átomo de carbono é o átomo central e não tem pares de eletrões de valência não ligantes (devido a formar duas ligações duplas com os átomos de oxigénio). A geometria que minimiza as repulsões entre os pares de eletrões ligantes das ligações aos átomos de oxigénio é a que corresponde a um maior afastamento dos eletrões, o que significa uma geometria linear.



- 4.** As configurações eletrónicas do carbono, $Z = 6$, e do oxigénio, $Z = 8$, no estado fundamental são $1s^2 2s^2 2p^2$ e $1s^2 2s^2 2p^4$, respetivamente.

Os eletrões do carbono e do oxigénio distribuem-se pelo mesmo número de níveis de energia, neste caso dois.

Como o carbono tem menor carga nuclear do que o oxigénio (menor número de protões), a atração sobre os eletrões é menos intensa, prevendo-se um maior tamanho da nuvem eletrónica, o que explica o maior raio atómico do carbono.

5. (B)

O ião O^{+} resulta do átomo de oxigénio ($Z = 8$) por perda de um eletrão, apresentando, por isso, 7 eletrões.

A configuração eletrónica deste ião no estado fundamental é $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$: os eletrões de valência, os do nível $n = 2$, distribuem-se por quatro orbitais (a orbital $2s$ e as três orbitais $2p$). Os três eletrões das orbitais $2p$ encontram-se um em cada uma das três orbitais e todos com o mesmo spin (de acordo com as regras de Hund, a configuração que minimiza a energia do sistema é a que corresponde à maximização do número de eletrões desemparelhados, daí se começar por colocar um eletrão em cada uma das três orbitais, todos com o mesmo spin. Só se iniciaria o emparelhamento se existissem mais de três eletrões a distribuir pelas orbitais $2p$).

Grupo II
1. (D)

A capacidade térmica mássica, c , de um material é energia, E , por unidade de massa, m , e por unidade de variação de temperatura, ΔT : $c = \frac{E}{m \Delta T}$, donde se obtém $\Delta T = \frac{E}{m c}$.

A variação de temperatura do ar é $\Delta T_{\text{ar}} = \frac{E}{m_{\text{ar}} c_{\text{ar}}} = \frac{E}{\frac{1}{2} m_{\text{água}} \times \frac{1}{4} c_{\text{água}}} = 8 \times \frac{E}{m_{\text{água}} c_{\text{água}}} = 8 \Delta T_{\text{água}}$ (para a mesma energia, a variação de temperatura do ar é 8 vezes maior do que a da água, pois a massa de ar é 2 vezes menor e a sua capacidade térmica mássica é 4 vezes menor).

2. (A)

O ar mais quente torna-se menos denso, o que dá origem a uma corrente quente ascendente. Este ar, ao subir, vai arrefecendo, ao transferir energia para o ar que encontra, tornando-se assim mais denso, o que irá originar uma corrente descendente de ar mais frio.

3. (C)

A variação de energia interna, ΔU , da amostra resulta das trocas de energia com a vizinhança como trabalho, W , e por calor, Q : $\Delta U = W + Q$ (1.ª Lei da Termodinâmica).

Como há energia fornecida à amostra como trabalho, $W = 240\text{ J}$, e a energia interna dessa amostra diminui 500 J , $\Delta U = -500\text{ J}$, segue-se que deve ter sido transferida energia, por calor, para a vizinhança (a amostra cedeu mais energia por calor do que aquela que recebeu como trabalho):

$$Q = \Delta U - W = -500\text{ J} - 240\text{ J} = -740\text{ J} \text{ (a amostra cedeu à vizinhança } 740\text{ J por calor).}$$

Grupo III**1.****1.1. (D)**

O período é o intervalo de tempo mínimo de repetição da função: $T = 3,0\text{ ms} = 3,0 \times 10^{-3}\text{ s}$.

$$\text{A frequência angular é } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi \text{ rad}}{3,0 \times 10^{-3} \text{ s}} = 2,1 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}.$$

1.2. (C)

A amplitude da variação de pressão é igual ao valor máximo da função representada, o qual permanece constante.

No gráfico apenas se representa uma determinada propriedade num certo ponto do espaço em função do tempo, não existindo qualquer informação sobre o facto de a onda ser transversal ou longitudinal.

O sinal apresentado corresponde a uma onda harmónica (um sinal complexo não tem um padrão sinusoidal). Este gráfico traduz a periodicidade no tempo e não nos dá informação nem sobre a periodicidade no espaço nem sobre a velocidade de propagação.

2. (A)

O som demora mais $1,14\text{ s}$ a propagar-se no ar do que na água: $t_{\text{ar}} = t_{\text{água}} + 1,14\text{ s} \Leftrightarrow t_{\text{ar}} - t_{\text{água}} = 1,14\text{ s}$.

Estando os sensores equidistantes do local onde o som é emitido, este propaga-se na mesma distância na água e no ar: $d_{\text{água}} = d_{\text{ar}} \Leftrightarrow v_{\text{água}} t_{\text{água}} = v_{\text{ar}} t_{\text{ar}} \Leftrightarrow 1,5 \times 10^3 \text{ m s}^{-1} \times t_{\text{água}} = 3,4 \times 10^2 \text{ m s}^{-1} \times t_{\text{ar}}$.

Grupo IV**1.****1.1. (B)**

Como o desnível entre A e B é o mesmo que entre C e D, $h_B - h_A = h_D - h_C$, e despreza-se a variação da aceleração da gravidade, o trabalho do peso é o mesmo naqueles dois percursos: $W_p = -\Delta E_{\text{pg}} = -mg\Delta h$ (o trabalho do peso depende da massa do corpo, m , do módulo da aceleração da gravidade, g , e do desnível entre as posições consideradas, Δh).

1.2. (B)

A energia mecânica é a soma das energias cinética e potencial gravítica: $E_m = E_c + E_{pg}$.

Como o balão se move com velocidade de módulo v constante, a sua energia cinética, $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, é, também, constante. Como a energia potencial gravítica varia linearmente com a altura h , $E_{pg} = mgh$, conclui-se que a energia mecânica também varia linearmente com a altura: $E_m = E_c + mgh$ (o gráfico da E_m em função de h é uma reta de declive mg e ordenada na origem igual a E_c).

- 1.3.** Como o balão se move com velocidade constante, a sua energia cinética é, também, constante, ou seja, a variação de energia cinética entre A e B é nula, logo, de acordo com o teorema da energia cinética, também, é nulo o trabalho realizado pela resultante das forças.

Como o movimento é retilíneo, a resultante das forças só pode ser segundo a direção do movimento. Sendo o deslocamento não nulo e o trabalho nulo, conclui-se que a resultante das forças deve ser nula.

OU

Havendo deslocamento, o trabalho da resultante das forças é nulo se for nula a resultante das forças ou se o deslocamento e a resultante das forças forem perpendiculares. Como num movimento retilíneo a resultante das forças não é perpendicular ao deslocamento, conclui-se que terá de ser nula a resultante das forças.

- 1.4.** A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas é igual à variação da energia mecânica: $W_{NC} = \Delta E_m$.

A variação de energia mecânica é a soma das variações de energias cinética e potencial gravítica, $\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pg}$: a variação de energia cinética é nula, $\Delta E_c = 0$, dado que o balão se desloca com velocidade de módulo constante e a variação de energia potencial gravítica, ΔE_{pg} , depende do desnível, Δh , entre A e B que coincide com o deslocamento, Δy , do balão entre aquelas posições:

$$\Delta E_{pg} = mg\Delta y = mgv\Delta t = 0,600 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 5,8 \text{ m } \cancel{s}^{-1} \times 45 \cancel{s} = 1,6 \times 10^3 \text{ J.}$$

Portanto, a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas é $1,6 \times 10^3 \text{ J}$.

2. (D)

A velocidade de propagação da radiação eletromagnética no ar é praticamente igual à sua velocidade no vácuo, c .

Assim, o comprimento de onda da radiação de frequência 1680 MHz é $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m } \cancel{s}^{-1}}{1680 \times 10^6 \cancel{s}^{-1}} = 0,179 \text{ m}$.

3.

- 3.1.** $\text{CaH}_2(\text{s}) + 2 \text{ H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2(\text{s}) + 2 \text{ H}_2(\text{g})$

3.2. (A)

O número de oxidação do hidrogénio nos hidretos é -1 . Designando por x o número de oxidação do cálcio pode escrever-se $x + 2 \times (-1) = 0$, obtendo-se $x = +2$.

Grupo V**1.****1.1. (D)**

O valor médio do tempo é $\bar{t}_B = \frac{(8,84+8,78+8,79)}{3} \text{ ms} = 8,80 \text{ ms}$.

Os desvios dos valores de t_B nos 1.º, 2.º e 3.º ensaios são, 0,04 ms, -0,02 ms e -0,01 ms, respetivamente. Tomando como incerteza absoluta o desvio máximo em módulo, 0,04 ms, por ser superior à incerteza de leitura do aparelho, 0,01 ms, pode apresentar-se o resultado da medição como $t_B = (8,80 \pm 0,04) \text{ ms}$.

1.2.

1.2.1. Considera-se que a velocidade da esfera no intervalo de tempo t_B é aproximadamente constante (despreza-se a variação de velocidade, porque o intervalo de tempo t_B é muito pequeno).

OU

Considera-se que a velocidade no instante em que a esfera se encontra em frente da célula é aproximadamente igual à velocidade média no intervalo de tempo t_B .

1.2.2. (A)

Para o cálculo de v_B utiliza-se a expressão $\frac{d}{t_B}$ em que d é o diâmetro da esfera e t_B é o tempo que a esfera demorou a passar em frente da célula B.

Se a esfera interromper o feixe luminoso por uma dimensão inferior à do seu diâmetro o valor medido de t_B será inferior ao valor verdadeiro, logo, $v_B = \frac{d}{t_B}$ será maior do que o verdadeiro e, em consequência, o valor experimental do módulo da aceleração gravítica, $g_{\text{exp}} = \frac{v_B - v_A}{t_{A \rightarrow B}} = \frac{v_B}{t_{A \rightarrow B}}$, também, será maior do que o verdadeiro, contendo, assim, um erro por excesso.

1.3. Considera-se que a velocidade da esfera no instante em que esta se encontra em frente da célula fotoelétrica A é nula: $v_A = 0$.

Esta aproximação pressupõe que a velocidade em A é desprezável comparada com a velocidade em B:

$$\Delta v = v_B - v_A = v_B.$$

2. Como se admite que a esfera parte do repouso, e a aceleração é constante, pode escrever-se:

$\Delta y = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2}{a}\Delta y$. Da expressão anterior conclui-se que o declive da reta de ajuste ao gráfico de $t_{A \rightarrow B}^2$ em função de Δy é igual a $\frac{2}{a}$ em que a é o módulo da aceleração da esfera entre A e B: $\frac{2}{a} = 0,198 \text{ s}^2 \text{ m}^{-1}$, logo, $a = \frac{2}{0,198 \text{ s}^2 \text{ m}^{-1}} = 10,1 \text{ m s}^{-2}$.

O erro relativo do módulo da aceleração gravítica é $\frac{(10,1 - 9,8) \text{ m s}^{-2}}{9,8 \text{ m s}^{-2}} = 0,031$, em percentagem 3,1%.

Grupo VI

1.

1.1. (B)

No reator existem, no total, $(0,400 + 0,400) \text{ mol} = 0,800 \text{ mol}$ de moléculas, portanto:
 $0,800 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 4,82 \times 10^{23} \text{ moléculas}$.

- 1.2. Na tabela apresentam-se as quantidades iniciais e finais de A, de B e de C, e as correspondentes variações.

Substância	A	B	C
$n_{\text{inicial}} / \text{mol}$	0,400	0,400	0
$n_{\text{equilíbrio}} / \text{mol}$	0,344	0,232	0,112
$\Delta n / \text{mol}$	$0,344 - 0,400 = -0,056$	$0,232 - 0,400 = -0,168$	$0,112 - 0 = 0,112$

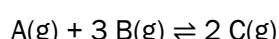
A proporção das quantidades de A e de B que reagem e a de C que se forma é A : B : C \rightarrow $\frac{0,056}{0,056} : \frac{0,168}{0,056} : \frac{0,112}{0,056} \rightarrow 1 : 3 : 2$, ou seja, 1 mol de A é estequiométricamente equivalente a 3 mol de B e a 2 mol de C. Portanto, a reação pode ser traduzida por $\text{A(g)} + 3 \text{ B(g)} \rightleftharpoons 2 \text{ C(g)}$.

A constante de equilíbrio desta reação, à temperatura T , é:

$$K_c = \frac{|C|_e^2}{|A|_e \times |B|_e^3} = \frac{\left(\frac{0,112}{1,00}\right)^2}{\frac{0,344}{1,00} \times \left(\frac{0,232}{1,00}\right)^3} = 2,92.$$

2. Um aumento de temperatura desloca o equilíbrio no sentido de contrariar esse aumento, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, ou seja, no sentido da reação endotérmica.

A variação de entalpia associada a esta reação, $\Delta_r H$, é negativa, o que significa que é exotérmica no sentido direto, o da formação do produto (C):



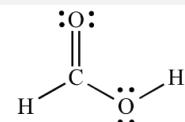
Assim, o aumento de temperatura desloca o equilíbrio no sentido da reação inversa, o do consumo de C, diminuindo a concentração de C e aumentando as concentrações de A e de B, no novo estado de equilíbrio a maior temperatura.

Conclui-se que a constante de equilíbrio, K_c , diminui com o aumento da temperatura.

Grupo VII

- A molécula de ácido metanoico tem 18 eletrões de valência.

A molécula de ácido metanoico, HCOOH, tem 2 átomos de hidrogénio, 2 de oxigénio e 1 de carbono. Estes elementos pertencem aos grupos 1, 16 e 14, respetivamente, e apresentam 1 eletrão de valência o H, 6 o O e 4 o C. Assim, nesta molécula existem $(2 \times 1 + 2 \times 6 + 4) = 18$ eletrões de valência (a título de exemplo, apresenta-se a estrutura de Lewis desta molécula, onde se pode verificar a existência de 9 pares de eletrões de valência, 5 ligantes e 4 não ligantes).



- Um par conjugado ácido-base são duas espécies que diferem entre si de um protão (ião H^+).

OU

Um par conjugado ácido-base são duas espécies em que uma resulta da outra por perda (ganho) de um protão (ião H^+).

- Da estequiometria da reação, e desprezando a contribuição da autoionização da água, deduz-se que as concentrações dos iões metanoato, $HC{O}O^-$, e oxónio, H_3O^+ , são as mesmas: $[HC{O}O^-]_e = [H_3O^+]_e = 10^{-3,20} \text{ mol dm}^{-3} = 6,31 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$.

A partir da constante de acidez do ácido metanoico, $K_a = \frac{|HC{O}O^-|_e \times |H_3O^+|_e}{|HCOOH|_e}$, pode determinar-se

a concentração do ácido metanoico não ionizado na solução de pH=3,20:

$$[HCOOH]_e = \frac{|HC{O}O^-|_e \times |H_3O^+|_e}{K_a} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{10^{-3,20} \times 10^{-3,20}}{1,7 \times 10^{-4}} \text{ mol dm}^{-3} = 2,34 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}.$$

Em 250,0 cm³, a quantidade de $HC{O}O^-$ (ácido ionizado) é

$$6,31 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \times 0,2500 \text{ dm}^3 = 1,58 \times 10^{-4} \text{ mol.}$$

E a quantidade de HCOOH (ácido não ionizado) é

$$2,34 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \times 0,2500 \text{ dm}^3 = 5,85 \times 10^{-4} \text{ mol.}$$

Assim, a quantidade total de ácido necessária para preparar a solução é

$$(1,58 \times 10^{-4} + 5,85 \times 10^{-4}) \text{ mol} = 7,43 \times 10^{-4} \text{ mol}, \text{ cuja massa é}$$

$$7,43 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 46,03 \text{ g mol}^{-1} = 3,4 \times 10^{-2} \text{ g.}$$