

GRUPO I

1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (C)

[Na esfera atuam a força gravítica (vertical), a força normal (perpendicular ao plano inclinado) e a força de atrito (paralela ao plano inclinado). Como a velocidade da esfera aumenta, a resultante das forças tem o sentido do movimento, logo a força de atrito é menor do que a componente da força gravítica na direção do plano inclinado.]

2.1. Versão 1 – (B); Versão 2 – (A)

[Num dado local, o trabalho realizado pela força gravítica, $W_{\vec{F}_g}$, depende da massa, m , da esfera e da variação de altura, Δh : $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{pg} = -m g \Delta h = mg(h_i - h_f)$, portanto, para uma dada esfera (m constante) e para a mesma posição final (mesmo h_f) dependerá apenas da altura da posição inicial, h_i .]

2.2. Sendo a esfera largada, a sua velocidade inicial é nula ($v_0 = 0$), e a equação das posições para o movimento da esfera (movimento retilíneo com aceleração constante) é dada por $x = x_0 + \frac{1}{2}at^2$. Para o movimento de A a C, $L = 0 + \frac{1}{2}at_A^2$, e para o movimento de B a C, $L = \frac{1}{4}L + \frac{1}{2}at_B^2 \Leftrightarrow \frac{3}{4}L = \frac{1}{2}at_B^2$. Assim, $\frac{1}{2}at_B^2 = \frac{3}{4} \times \left(\frac{1}{2}at_A^2\right) \Leftrightarrow \frac{t_B^2}{t_A^2} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{t_B}{t_A} = \sqrt{\frac{3}{4}}$.

3.1. O volume de água escoado foi 4,40 cm³.

[O volume de água escoado é a diferença entre o nível de água no final (6,00 cm³) e o nível de água no início (1,60 cm³).]

3.2.1. Versão 1 – (D); Versão 2 – (B)

[A massa de água vertida em cada segundo é $m = \rho V = 1,0 \text{ g cm}^{-3} \times 1,6 \text{ cm}^3 = 1,6 \text{ g}$, a que corresponde uma quantidade de matéria $n = \frac{m}{M} = \frac{1,6 \text{ g}}{18,02 \text{ g mol}^{-1}} = 8,88 \times 10^{-2} \text{ mol}$. O número de moléculas na água vertida em cada segundo é $N = nN_A = 8,88 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 5,3 \times 10^{22}$.]

3.2.2. O volume, V , vertido pela bureta num intervalo de tempo t é $V = 1,6t$ (V em cm³ e t em s).

Num movimento retilíneo em que a velocidade aumenta proporcionalmente com o tempo, a distância percorrida é $d = v_0t + \frac{1}{2}at^2$. Sendo a esfera largada, a velocidade inicial é nula ($v_0 = 0$), logo $d = \frac{1}{2}at^2$.

Das relações anteriores obtém-se $d = \frac{1}{2}a \left(\frac{V}{1,6}\right)^2 = \frac{a}{5,12}V^2$ (d em m e V em cm^3): d varia linearmente com V^2 (V é uma medida do tempo).

Os valores a utilizar na construção do gráfico $d = f(V^2)$ são apresentados na tabela. A equação da reta de ajuste ao gráfico é $d = 9,583 \times 10^{-2}V^2 + 0,035$. A ordenada na origem resulta de incertezas experimentais, podendo concluir-se que $\frac{a}{5,12} = 9,583 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-2} \Leftrightarrow a = 0,49 \text{ m s}^{-2}$.

V^2 / cm^6	d / m
31,36	3,00
25,00	2,50
20,70	2,00
15,21	1,50
10,24	1,00

GRUPO II

1.1. Versão 1 – (C); Versão 2 – (D)

[O trabalho realizado por $\vec{F}_g$ é simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *gota A + Terra* ($W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{pg}$). A soma dos trabalhos realizados por $\vec{F}_g$ e por $\vec{F}_{ar}$ é positiva, dado que a energia cinética de A aumenta: $W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}_{ar}} = \Delta E_c > 0$. Como $W_{\vec{F}_g}$ é positivo ($\vec{F}_g$ tem o sentido do movimento) e $W_{\vec{F}_{ar}}$ é negativo ($\vec{F}_{ar}$ tem sentido oposto ao do movimento) conclui-se que, em módulo, $W_{\vec{F}_g}$ é maior do que $W_{\vec{F}_{ar}}$: $W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}_{ar}} > 0 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} > -W_{\vec{F}_{ar}} \Rightarrow |W_{\vec{F}_g}| > |W_{\vec{F}_{ar}}|$.]

1.2. Nos últimos 0,1 m da queda, a velocidade da gota A é constante pelo que a resultante das forças que nela atuam é nula, por outro lado, nos primeiros 0,1 m da queda a velocidade da gota A não é constante pelo que a resultante das forças que nela atuam não é nula. Assim, a intensidade da resultante das forças que atuam na gota A é maior nos primeiros 0,1 m da queda.

1.3.1. O trabalho que seria realizado pela resultante das forças de resistência do ar (resultante das forças não conservativas) é igual à variação de energia mecânica do sistema *gota B + Terra* na queda de 2,0 m: $W_{\vec{F}_{ar}} = \Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pg} = \left(\frac{1}{2}mv_i^2 - 0\right) + mg\Delta h$. Como $v_i = 5,0 \text{ m s}^{-1}$ e $\Delta h = -2,0 \text{ m}$ (a altura da gota diminui) fica $W_{\vec{F}_{ar}} = \left[\frac{1}{2} \times 4,2 \times 10^{-6} \times 5,0^2 + 4,2 \times 10^{-6} \times 10 \times (-2,0)\right] \text{ J} = -3,2 \times 10^{-5} \text{ J}$. Assim, a energia dissipada é $3,2 \times 10^{-5} \text{ J}$.

1.3.2. Versão 1 – (B); Versão 2 – (C)

[Se, em dadas condições, a energia para vaporizar 1,0 g de água é 2,4 kJ, então a energia para vaporizar $4,2 \times 10^{-3} \text{ g}$ de água, nas mesmas condições, será $2,4 \times 4,2 \times 10^{-3} \text{ kJ} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ kJ} = 10 \text{ J}$.]

2. Versão 1 – (D); Versão 2 – (B)

[Sabemos que $m_{ar} = 2m_{\text{água}}$ e $c_{\text{água}} = 4c_{ar}$ e que a energia fornecida à amostra de ar e à gota de água foi a mesma: $E_{\text{água}} = E_{ar}$.

Conclui-se que $m_{\text{água}}c_{\text{água}}\Delta T_{\text{água}} = m_{ar}c_{ar}\Delta T_{ar} \Leftrightarrow m_{\text{água}}4c_{ar}\Delta T_{\text{água}} = 2m_{\text{água}}c_{ar}\Delta T_{ar} \Leftrightarrow \Delta T_{\text{água}} = \frac{1}{2}\Delta T_{ar}$.]

GRUPO III

1.1. Versão 1 – (C); Versão 2 – (B)

[A rotação da espira não altera o campo magnético em pontos da superfície delimitada pela espira (a posição da espira relativamente ao ímã mantém-se), logo o fluxo magnético através dessa superfície mantém-se constante, $\Delta\phi_m = 0$. Conclui-se que a força eletromotriz induzida na espira é nula: $\varepsilon_i = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = 0$.]

1.2. Versão 1 – (B); Versão 2 – (D)

[O campo magnético diminui com o aumento da distância ao polo norte do ímã, mas não é nulo em C.]

2. Versão 1 – (B); Versão 2 – (A)

[O comprimento de onda é $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{800 \times 10^3 \text{ s}^{-1}} = 3,75 \times 10^2 \text{ m}$.]

3. A partir de $U_g = \varepsilon - rI$ obtém-se $8,74 \text{ V} = 9,20 \text{ V} - 2,0 \Omega \times I \Leftrightarrow I = 0,230 \text{ A}$ (corrente elétrica no gerador).

Os condutores A e B estão ligados em paralelo (têm os mesmos terminais), logo, a diferença de potencial elétrico nos seus terminais é a mesma: $U_A = U_B \Leftrightarrow R_A I_A = R_B I_B \Leftrightarrow 3R_B I_A = R_B I_B \Leftrightarrow 3I_A = I_B$. Por outro lado, a corrente elétrica no gerador é igual à soma das correntes elétricas nos condutores A e B: $I = I_A + I_B \Leftrightarrow I = I_A + 3I_A \Leftrightarrow I_A = \frac{I}{4} = \frac{0,230 \text{ A}}{4} = 5,75 \times 10^{-2} \text{ A}$.

A potência dissipada no condutor A é $P_A = U_A I_A = U_g I_A$ (as diferenças de potencial elétrico nos terminais do condutor A, U_A , e nos terminais do gerador, U_g , são iguais dado estarem ligados em paralelo). Da relação anterior obtém-se $P_A = 8,74 \text{ V} \times 5,75 \times 10^{-2} \text{ A} = 0,50 \text{ W}$.

GRUPO IV

1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (D)

[Isótopos são átomos do mesmo elemento, ou seja, com o mesmo número de prótons, e que diferem no número de neutrões e, consequentemente, na massa.]

2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (D)

${}_6\text{C} - 1s^2 2s^2 2p^2$; ${}_8\text{O} - 1s^2 2s^2 2p^4$.

Os eletrões de valência dos átomos de carbono e de oxigénio no estado fundamental encontram-se no mesmo nível de energia ($n = 2$). A carga nuclear do átomo de oxigénio (+8) é superior à do átomo de carbono (+6), por isso, sobre os eletrões de valência é mais intensa a força atrativa exercida pelo núcleo do átomo de oxigénio do que a exercida pelo núcleo do átomo de carbono. Em consequência, o raio atómico do oxigénio é menor do que o raio atómico do carbono.]

3. Versão 1 – (D); Versão 2 – (C)

[Na molécula de CO₂ existem, no total, dezasseis eletrões de valência (quatro que provêm do átomo de carbono e seis de cada um dos dois átomos de oxigénio). Desses eletrões de valência, oito são eletrões ligantes partilhados pelo átomo de carbono e pelos átomos de oxigénio em duas ligações duplas. Os restantes oito eletrões de valência são não ligantes.]

4.1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (C)

[O número de oxidação do carbono é -4 no reagente CH₄ (g) e +4 no produto CO₂ (g), pelo que a variação do número de oxidação do carbono na reação considerada é +8 (Δ n. o. (C) = (+4 - (-4)).]

4.2. Cálculo da quantidade de O₂ (g) disponível, por cada mole de CH₄ (g):

De acordo com estequiometria da reação, com 1 mol CH₄ reagem 2 mol O₂.

$$n_{\text{O}_2 \text{ disponível}} = 2 \text{ mol} + \frac{5,0}{100} \times 2 \text{ mol} = 2,100 \text{ mol}$$

Cálculo da quantidade de O₂ (g) que reagiu, por cada mole de CH₄ (g)

$$n_{\text{CH}_4 \text{ que reagiu}} = 1 \text{ mol} - 0,016 \text{ mol} = 0,984 \text{ mol}$$

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{2 \text{ mol O}_2} = \frac{0,984 \text{ mol}}{n_{\text{O}_2}} \Rightarrow n_{\text{O}_2 \text{ reagiu}} = 1,968 \text{ mol}$$

Cálculo da quantidade de O₂ (g) que não reagiu, por cada mole de CH₄ (g)

$$n_{\text{O}_2 \text{ não reagiu}} = n_{\text{O}_2 \text{ disponível}} - n_{\text{O}_2 \text{ reagiu}} = (2,100 - 1,968) \text{ mol} = 0,13 \text{ mol.}$$

5.1. Versão 1 – (B); Versão 2 – (A)

$$[x_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{ar}}} ; \text{ppm}_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{ar}}} \times 10^6 = \frac{n_{\text{CO}_2} V_m}{n_{\text{ar}} V_m} \times 10^6 = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{ar}}} \times 10^6 = x_{\text{CO}_2} \times 10^6 = 3,20 \times 10^{-4} \times 10^6 = 3,20 \times 10^2 \text{ ppm.}]$$

5.2. Por leitura do gráfico, as frações molares médias de CO₂ em 1999 e em 2015 são, respetivamente,

$$x_{\text{CO}_2 (1999)} = 3,68 \times 10^{-4} \text{ e } x_{\text{CO}_2 (2015)} = 4,00 \times 10^{-4}$$

Cálculo da quantidade de matéria de CO₂ em 1999 e em 2015 em 1 dm³ de ar seco

$$x_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{ar seco}}} ; n_{\text{ar seco}} = \frac{V_{\text{ar seco}}}{V_m} = \frac{1 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 0,04464 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2 (1999)} = x_{\text{CO}_2 (1999)} \times n_{\text{ar seco}} = 3,68 \times 10^{-4} \times 0,04464 \text{ mol} = 1,643 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2 (2015)} = x_{\text{CO}_2 (2015)} \times n_{\text{ar seco}} = 4,00 \times 10^{-4} \times 0,04464 \text{ mol} = 1,786 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Cálculo da massa de CO₂ em 1999 e em 2015 em 1 dm³ de ar seco

$$m_{\text{CO}_2 (1999)} = n_{\text{CO}_2 (1999)} \times M(\text{CO}_2) = 1,643 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 44,01 \text{ g mol}^{-1} = 7,231 \times 10^{-4} \text{ g}$$

$$m_{\text{CO}_2 (2015)} = n_{\text{CO}_2 (2015)} \times M(\text{CO}_2) = 1,786 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 44,01 \text{ g mol}^{-1} = 7,860 \times 10^{-4} \text{ g}$$

Cálculo da taxa temporal média, entre 1999 e 2015, de variação da massa de CO₂ por dm³ de ar seco

$$\begin{aligned} \frac{\Delta m}{V \Delta t} &= \frac{m_{\text{CO}_2 (2015)} - m_{\text{CO}_2 (1999)}}{V \Delta t} = \frac{(7,860 \times 10^{-4} - 7,231 \times 10^{-4}) \text{ g}}{1 \text{ dm}^3 \times (2015 - 1999) \text{ a}} \\ &= 3,9 \times 10^{-6} \text{ g dm}^{-3} \text{ a}^{-1} \end{aligned}$$

OU

Por leitura do gráfico, as frações molares médias de CO_2 em 1999 e em 2015 são, respetivamente,

$$x_{\text{CO}_2(1999)} = 3,68 \times 10^{-4} \text{ e } x_{\text{CO}_2(2015)} = 4,00 \times 10^{-4}$$

$$\frac{\Delta m_{\text{CO}_2}}{V \Delta t} = \frac{\Delta n_{\text{CO}_2} M(\text{CO}_2)}{V \Delta t} = \frac{\Delta x_{\text{CO}_2} n_{\text{ar seco}} M(\text{CO}_2)}{n_{\text{ar seco}} V_m \Delta t} = \frac{\Delta x_{\text{CO}_2} M(\text{CO}_2)}{V_m \Delta t}$$

$$\frac{\Delta m_{\text{CO}_2}}{V \Delta t} = \frac{(4,00 \times 10^{-4} - 3,68 \times 10^{-4}) \times 44,01 \text{ g mol}^{-1}}{22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \times (2015 - 1999) \text{ a}} = 3,9 \times 10^{-6} \text{ g dm}^{-3} \text{ a}^{-1}$$

6. Versão 1 – (A); Versão 2 – (D)

[A constante de equilíbrio está relacionada com a extensão das reações químicas. Um valor elevado da constante de equilíbrio significa que a reação, à temperatura considerada, é muito extensa, ou seja, a formação dos produtos da reação é favorecida, uma vez que no equilíbrio o produto dos valores numéricos das concentrações dos produtos da reação elevados aos respetivos coeficientes estequiométricos é muito maior do que o produto dos valores numéricos das concentrações dos reagentes elevados aos respetivos coeficientes estequiométricos.]

GRUPO V

$$1. K_a = \frac{|\text{HCO}_3^-| |\text{H}_3\text{O}^+|}{|\text{H}_2\text{CO}_3|}$$

2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (A)

[Uma base conjugada de um ácido de Brønsted-Lowry é a espécie química que resulta da perda de um protão, H^+ , pelo ácido. Assim, a espécie HCO_3^- é a base conjugada do ácido H_2CO_3 . A espécie CO_3^{2-} é a base conjugada da espécie HCO_3^- .]

3. A diminuição do pH das águas dos oceanos resulta de um aumento da concentração de H_3O^+ (aq). De acordo com o Princípio de Le Châtelier, o aumento de H_3O^+ (aq) favorece o sentido inverso da reação (2), com consequente diminuição da concentração de iões carbonato, CO_3^{2-} (aq), nas águas dos oceanos. Por sua vez, esta diminuição de iões carbonato favorece, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, a dissolução do carbonato de cálcio, CaCO_3 (s). Prevê-se, assim, que a diminuição do pH das águas dos oceanos contribui para a dissolução das conchas de organismos marinhos.