

Proposta de Resolução do Exame Nacional de Física e Química A**11.º ano, 2016, 2.ª Fase, versão 1**

Sociedade Portuguesa de Física, Divisão de Educação, 22 de julho de 2016

Exame Final Nacional do Ensino Secundário, Prova Escrita de Física e Química A, 11.º Ano de Escolaridade, 2.ª Fase, Instituto de Avaliação Educativa, IAVE, 21.07.2016: <http://cdn.iave.pt/provas/2016/EX-FOA715-F2-2016-V1-net.pdf>

Grupo I**1. (B)**

Na preparação rigorosa de uma solução por diluição e para “medir com rigor um determinado volume da solução mais concentrada” utiliza-se uma pipeta.

Os restantes instrumentos de medição não têm a precisão necessária para obter uma solução cuja concentração se pretenda que seja conhecida com rigor.

2. (C)

Pretende preparar-se uma solução cinco vezes mais diluída do que a solução-mãe, ou seja, de concentração cinco vezes menor: $\frac{c_i}{c_f} = 5$, em que c_i e c_f representam, respetivamente, as concentrações da solução-mãe e da solução diluída.

Numa diluição apenas se acrescenta água (solvente), o volume aumenta ($V_f > V_i$ em que V_f é o volume da solução diluída e V_i o volume da solução-mãe), mas a quantidade de soluto, n , permanece constante. Segue-se que o fator de diminuição da concentração (fator de diluição), $\frac{c_i}{c_f}$, é igual ao fator de aumento do volume, $\frac{V_f}{V_i}$.

$$\frac{c_i}{c_f} = 5 \Rightarrow \frac{n}{\frac{V_i}{V_f}} = 5 \Rightarrow \frac{V_f}{V_i} = 5 \Rightarrow V_f = \frac{V_i}{5} = \frac{250,0 \text{ cm}^3}{5} = 50,00 \text{ cm}^3.$$

3. A massa da solução-mãe contida no picnómetro é:

$$m_{\text{solução-mãe}} = m_{\text{pic. + solução-mãe}} - m_{\text{pic. vazio}} = 145,09 - 31,55 = 113,54 \text{ g.}$$

Dado existirem $2,35 \times 10^{-3}$ mol de KCl em cada 1,00 g de solução, a quantidade de KCl existente em 113,54 g de solução é: $n_{\text{KCl}} = 2,35 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{113,54 \text{ g}}{1,00 \text{ g}} = 0,2668 \text{ mol.}$

Como o volume de 113,54 g de solução é $98,73 \text{ cm}^3$, a concentração da solução-mãe, em KCl, quantidade de KCl por unidade de volume, é:

$$c_i = \frac{n_{\text{KCl}}}{V_i} = \frac{0,2668 \text{ mol}}{98,73 \text{ cm}^3} = \frac{0,2668 \text{ mol}}{98,73 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 2,702 \text{ mol dm}^{-3}.$$

$$\text{Assim, o fator de diluição é } \frac{c_i}{c_f} = \frac{2,702 \text{ mol dm}^{-3}}{0,27 \text{ mol dm}^{-3}} = 10.$$

OU

A densidade da solução-mãe, ρ_i , massa por unidade de volume, é o quociente da massa pelo volume da solução: $\rho_i = \frac{m}{V} = \frac{(145,09 - 31,55) \text{ g}}{98,73 \text{ cm}^3} = 1,150 \text{ g cm}^{-3}.$

Dado existirem $2,35 \times 10^{-3}$ mol de KCl em cada 1,00 g de solução, segue-se que em 1,150 g de solução existem $2,35 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{1,150 \text{ g}}{1,00 \text{ g}} = 2,703 \times 10^{-3} \text{ mol}$ de KCl.

Como o volume de 1,150 g de solução é 1,000 cm³, a concentração da solução-mãe, em KCl, quantidade de KCl por unidade de volume, é:

$$c_i = \frac{n_{\text{KCl}}}{V_i} = \frac{2,703 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1,000 \text{ cm}^3} = \frac{2,703 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1,000 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 2,703 \text{ mol dm}^{-3}.$$

Assim, o fator de diluição é $\frac{c_i}{c_f} = \frac{2,703 \text{ mol dm}^{-3}}{0,27 \text{ mol dm}^{-3}} = 10$.

OU

Como a massa da solução é diretamente proporcional ao seu volume, o volume V ocupado por 1,00 g de solução obtém-se dessa relação:

$$\frac{(145,09 - 31,55) \text{ g}}{98,73 \text{ cm}^3} = \frac{1,00 \text{ g}}{V} \Rightarrow V = \frac{1,00 \text{ g}}{113,54 \text{ g}} \times 98,73 \text{ cm}^3 \Rightarrow V = 0,8696 \text{ cm}^3.$$

Dado existirem $2,35 \times 10^{-3}$ mol de KCl em cada 1,00 g de solução, a concentração da solução-mãe, em KCl, quantidade de KCl por unidade de volume, é:

$$c_i = \frac{n_{\text{KCl}}}{V_i} = \frac{2,35 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,8696 \text{ cm}^3} = \frac{2,35 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,8696 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 2,703 \text{ mol dm}^{-3}.$$

Assim, o fator de diluição é $\frac{c_i}{c_f} = \frac{2,703 \text{ mol dm}^{-3}}{0,27 \text{ mol dm}^{-3}} = 10$.

4. Densímetro

Os densímetros são instrumentos que permitem determinar de forma direta a massa volúmica, ou densidade, de líquidos.

Esta medição direta baseia-se na lei de Arquimedes. O densímetro flutua no líquido, estando, portanto, em equilíbrio, ou seja, a resultante das forças que nele atuam é nula. Atuando duas forças sobre o densímetro, o peso e a impulsão, conclui-se que o módulo da impulsão exercida sobre o densímetro é igual ao módulo do seu peso. Colocando o mesmo densímetro em líquidos de diversas densidades, o volume imerso será inversamente proporcional à densidade do líquido. A graduação da escala do densímetro é estabelecida usando um líquido de densidade conhecida.

Grupo II

1. Para uma solução saturada de cloreto de potássio, KCl(aq), a uma determinada temperatura, a massa de cloreto de potássio dissolvido, KCl(aq), é diretamente proporcional à massa de solução. Pode, assim, determinar-se a massa de KCl dissolvida, m'_{KCl} , em 250 g de solução:

$$\frac{m_{\text{KCl}}}{m_{\text{solução}}} = \frac{m'_{\text{KCl}}}{m'_{\text{solução}}} \Rightarrow \frac{35,54 \text{ g}}{(100 + 35,54) \text{ g}} = \frac{m'_{\text{KCl}}}{250 \text{ g}} \Rightarrow m'_{\text{KCl}} = 250 \text{ g} \times \frac{35,54}{135,54} \Rightarrow m'_{\text{KCl}} = 65,55 \text{ g}$$

OU

Para uma solução saturada de cloreto de potássio, KCl(aq), a uma determinada temperatura, a massa de cloreto de potássio dissolvido, KCl(aq), é diretamente proporcional à massa de água. Pode, assim, determinar-se a massa de KCl dissolvida, m'_{KCl} , em (250 g - m'_{KCl}) de

$$\text{água: } \frac{m_{\text{KCl}}}{m_{\text{água}}} = \frac{m'_{\text{KCl}}}{m'_{\text{água}}} \Rightarrow \frac{35,54 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{m'_{\text{KCl}}}{250 \text{ g} - m'_{\text{KCl}}} \Rightarrow 0,3554 \times (250 \text{ g} - m'_{\text{KCl}}) = m'_{\text{KCl}} \Rightarrow$$

$$1,3554 m'_{\text{KCl}} = 250 \text{ g} \times 0,3554 \Rightarrow m'_{\text{KCl}} = 65,55 \text{ g}.$$

A quantidade de KCl, n'_{KCl} , em 65,55 g deste composto é:

$$n'_{\text{KCl}} = \frac{m'_{\text{KCl}}}{M(\text{KCl})} = \frac{65,55 \text{ g}}{(39,10+35,45) \text{ g mol}^{-1}} = 0,879 \text{ mol.}$$

2. Um aumento de temperatura favorece a reação que ocorre com absorção de energia, i.e., a reação endotérmica.

A reação de dissolução do KCl(s) ($\text{KCl(s)} \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) é endotérmica, uma vez que a variação de entalpia, ΔH , associada a este processo é positiva.

Assim, no equilíbrio do KCl(s) e da solução saturada de KCl(aq), $\text{KCl(s)} \rightleftharpoons \text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$, um aumento de temperatura favorecerá a dissolução deste sal (reação no sentido direto), ou seja, aumentará a concentração dos iões $\text{K}^+(\text{aq})$ e $\text{Cl}^-(\text{aq})$ na solução saturada, i.e., aumentará a solubilidade do KCl em água.

3. (D)

A solubilidade s do KClO_4 em água é a concentração do KClO_4 dissolvido numa solução saturada que contenha apenas este sal.

O produto de solubilidade deste sal, K_s , é a constante do equilíbrio $\text{KClO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{K}^+(\text{aq}) + \text{ClO}_4^-(\text{aq})$. Da estequiometria desta reação segue-se que $s = [\text{KClO}_4]_{\text{dissolvido}} = [\text{K}^+]_e = [\text{ClO}_4^-]_e$.

A partir do produto de solubilidade, K_s , pode determinar-se a solubilidade, s , em água:

$$K_s = [\text{K}^+]_e[\text{ClO}_4^-]_e \Rightarrow K_s = s^2 \Rightarrow s = \sqrt{K_s} \Rightarrow s = \sqrt{1,05 \times 10^{-2}} \text{ mol dm}^{-3} \Rightarrow s = 1,02 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}.$$

Grupo III

1.

1.1. (C)

A potência é a energia transferida por unidade de tempo, assim, um aumento de potência significa uma maior taxa temporal de transferência de energia, pelo que a mesma energia será transferida num intervalo de tempo menor.

A energia necessária para fundir a amostra depende apenas da massa e do material constituinte da amostra. O mesmo se pode afirmar da energia necessária para que a temperatura da amostra aumente 1 K.

- 1.2. A variação de temperatura no intervalo $[0, 36] \text{ s}$ é 64 K (OU 64 °C).

$$T(36) - T(0) = (1044 - 980) \text{ K} = 64 \text{ K} = 64 \text{ °C}$$

1.3. (D)

Em todos os intervalos de tempo o sistema recebe energia, como calor Q , logo a energia interna, U , do sistema está sempre a aumentar: $\Delta U = Q + W = Q > 0$ (a variação de energia interna é positiva).

OU

Nos intervalos $[0, 36]$ s e $[273, 310]$ s a temperatura do sistema aumenta, o que significa que a energia interna, U , está a aumentar: $\Delta U > 0$ (em termos das unidades estruturais do sistema, esse aumento de energia interna traduz-se, essencialmente, num aumento da energia cinética média dos iões K^+ e Cl^-). No intervalo $[36, 273]$ s está a ocorrer a fusão do KCl, processo endotérmico, a que corresponde um aumento da energia interna (em termos das unidades estruturais do sistema, esse aumento traduz-se num aumento da energia potencial elétrica associada à interação entre os iões do KCl e não a um aumento de energia cinética dos iões K^+ e Cl^- , por isso, a temperatura da amostra não aumenta).

- 1.4.** A energia necessária para fundir a amostra de KCl é a energia por ela absorvida no intervalo de tempo em que a temperatura permaneceu constante, ou seja, no intervalo $[36, 273]$ s.

Sendo o rendimento de 100% a energia absorvida, $E_{\text{absorvida}}$, pela amostra é igual à fornecida pela fonte, E_{fonte} , naquele intervalo:

$E_{\text{absorvida}} = E_{\text{fonte}} = P\Delta t = 300 \text{ W} \times (273 - 36) \text{ s} = 7,110 \times 10^4 \text{ J}$ (energia necessária para fundir 200 g, a massa m da amostra, de KCl).

Para fundir $m' = 1,0 \text{ kg}$ de KCl será necessária uma energia $E'_{\text{absorvida}}$:

$$\frac{E'_{\text{absorvida}}}{E_{\text{absorvida}}} = \frac{m'}{m} \Rightarrow \frac{E'_{\text{absorvida}}}{7,110 \times 10^4 \text{ J}} = \frac{1,0 \text{ kg}}{0,200 \text{ kg}} \Rightarrow E'_{\text{absorvida}} = 3,6 \times 10^5 \text{ J}.$$

OU

A energia, E , necessária para a fusão de uma amostra de massa m é:

$E = m\Delta H_{\text{fusão}} \Rightarrow P\Delta t = m\Delta H_{\text{fusão}} \Rightarrow 300 \text{ W} \times (273 - 36) \text{ s} = 0,200 \text{ kg} \times \Delta H_{\text{fusão}} \Rightarrow \Delta H_{\text{fusão}} = 3,56 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$, em que $\Delta H_{\text{fusão}}$ é a variação de entalpia mássica de fusão (energia por unidade de massa de cloreto de potássio, KCl, necessária para a fusão).

Conclui-se que para fundir 1,0 kg de KCl é necessária uma energia de $3,6 \times 10^5 \text{ J}$.

- 1.5.** No intervalo $[0, 36]$ s, antes da fusão, o KCl é sólido e no intervalo $[273, 310]$ s, depois da fusão, o KCl é líquido.

As variações de temperatura por unidade de tempo, $\frac{\Delta T}{\Delta t}$, dadas pelos declives do gráfico naqueles dois intervalos de tempo são aproximadamente iguais.

Como $E = mc\Delta T \Leftrightarrow P\Delta t = mc\Delta T \Leftrightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{P}{mc}$, portanto, o declive do gráfico depende da potência absorvida, P , da massa da amostra, m , e da capacidade térmica mássica, c . Para esta amostra (m constante), nas condições dadas (mesma potência P), apenas poderia variar a capacidade térmica mássica c , logo declives semelhantes implicam capacidades térmicas mássicas semelhantes do KCl sólido e do KCl líquido.

2.

- 2.1.** A amostra considerada contém $3,23 \times 10^{24}$ iões.

Em 2,68 mol de KCl existem 2,68 mol de iões K^+ e 2,68 mol de iões Cl^- , logo, no total $2 \times 2,68 \text{ mol} = 5,36 \text{ mol}$ de iões.

Como em cada mole existem $6,02 \times 10^{23}$ unidades estruturais, segue-se que o número de iões na amostra é $N = nN_A = 5,36 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3,23 \times 10^{24}$.

2.2. (B)

Os iões K^+ e Cl^- têm ambos 18 eletrões (o ião K^+ resulta do átomo de potássio, com 19 eletrões, por perda de 1 eletrão e o ião Cl^- resulta do átomo de cloro, com 17 eletrões, por ganho de 1 eletrão).

Como apresentam o mesmo número de eletrões, as suas configurações eletrónicas ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$), as orbitais de valência (quatro orbitais, a orbital 3s e as três orbitais 3p), os números de orbitais ocupadas (nove orbitais, um orbital por cada par de eletrões), os números de eletrões de valência (oito, os eletrões do último nível de energia, $n = 3$, dois na orbital 3s e seis nas orbitais 3p), nos respetivos estados fundamentais, são também os mesmos.

Grupo IV

1. $Li(g) \rightarrow Li^+(g) + e^-$

Na ionização do lítio, 1 mol de eletrões é removida de 1 mol de átomos de lítio, $Li(g)$, no estado fundamental, em fase gasosa, o que origina 2 mol de partículas: 1 mol de iões lítio, $Li^+(g)$, no estado fundamental, em fase gasosa, e 1 mol de eletrões, e^- .

2.

2.1. (D)

Uma reação considera-se completa quando a concentração de pelo menos um dos reagentes não é mensurável, por ser muitíssimo pequena, ou seja, na prática, quando pelo menos um dos reagentes se “esgote”.

2.2. (A)

O lítio, Li, é uma substância elementar, a que se associa um número de oxidação nulo, e transforma-se numa substância composta, LiOH, em que o lítio surge na forma iónica, Li^+ , cujo número de oxidação é +1, portanto, o lítio oxida-se dado o seu número de oxidação aumentar.

Neste caso o lítio cede eletrões (oxida-se) à espécie que com ele reage, a água, a qual ganha eletrões (reduz-se): como o lítio reduz a água, diz-se que atua como redutor.

Em síntese, o Li oxida-se, pois, o seu número de oxidação aumenta ($0 \rightarrow +1$), ou seja, cede eletrões, pelo que é o agente redutor.

2.3. Dado o valor de pH pode calcular-se a concentração do ião hidróxido, $[OH^-]$, na solução resultante, pois a 25 °C: $pH + pOH = 14 \Rightarrow pOH = 14 - 13,27 \Rightarrow pOH = 0,73 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-pOH} \text{ mol dm}^{-3} = 10^{-0,73} \text{ mol dm}^{-3} = 0,186 \text{ mol dm}^{-3}$.

Como o volume da solução resultante é de 200 cm^3 , a quantidade de iões OH^- nessa solução é: $n_{OH^-} = c \times V = 0,186 \text{ mol dm}^{-3} \times 200 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,0372 \text{ mol}$.

Admitindo que o hidróxido de lítio, que se formou na reação, está totalmente dissociado, a quantidade de iões OH^- , na solução, é igual à quantidade de LiOH que se formou. Por outro lado, de acordo com a estequiometria da reação, 2 mol de LiOH são estequiometricamente equivalentes a 1 mol de H_2 .

Assim, $n_{\text{H}_2} = (0,0372 \text{ mol LiOH}) \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol LiOH}} = 0,0186 \text{ mol H}_2$, portanto, o volume de H_2 formado, medido em condições de pressão e temperatura normais (o volume molar, V_m , nestas condições é $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$), é:

$$V_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2} \times V_m = 0,0186 \text{ mol} \times 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 4,17 \times 10^{-1} \text{ dm}^3.$$

OU

O pH determina a concentração do ião hidrónio, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ mol dm}^{-3} = 10^{-13,27} \text{ mol dm}^{-3} = 5,370 \times 10^{-14} \text{ mol dm}^{-3}.$$

A constante do equilíbrio da autoionização da água, $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+]_e [\text{OH}^-]_e$, produto iónico da água, determina a concentração do ião hidróxido, $\text{OH}^-(\text{aq})$:

$$[\text{OH}^-]_e = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]_e} \Rightarrow [\text{OH}^-]_e = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{5,370 \times 10^{-14}} \text{ mol dm}^{-3} = 0,1862 \text{ mol dm}^{-3}.$$

A quantidade de hidróxido em 200 cm^3 é:

$$n_{\text{OH}^-} = [\text{OH}^-]_e V = 0,1862 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,200 \text{ dm}^3 = 3,724 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

Da estequiometria da reação, e admitindo que o LiOH está totalmente dissociado, verifica-se que quando se formam 2 mol de iões $\text{OH}^-(\text{aq})$, liberta-se 1 mol de moléculas

$$\text{H}_2(\text{g}), \text{ portanto, } n_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{OH}^-}}{2} = \frac{3,724 \times 10^{-2} \text{ mol}}{2} = 1,862 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

Em condições de pressão e temperatura normais (PTN), 1 mol de qualquer gás ocupa $22,4 \text{ dm}^3$ (nestas condições o volume molar, V_m , é $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$), logo, o volume ocupado por $1,862 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de $\text{H}_2(\text{g})$, em condições PTN, é:

$$V_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2} V_m = 1,862 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 4,17 \times 10^{-1} \text{ dm}^3.$$

2.4. A reatividade do lítio, Li, e do potássio, K, com a água está relacionada com os eletrões de valência dos respetivos átomos, cujas configurações eletrónicas são:

$$1s^2 2s^1 \text{ para o Li e } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \text{ para o K}.$$

O eletrão de valência do átomo de potássio encontra-se num nível de energia superior ($n = 4$) ao do átomo de lítio ($n = 2$), assim, a energia do eletrão de valência é maior no potássio.

Na reação do lítio e do potássio com a água, estes transformam-se em iões positivos, ou seja, perdem os respetivos eletrões de valência. Como o eletrão de valência do átomo de potássio tem maior energia, é mais facilmente removido, por isso, a reação do potássio com a água é mais vigorosa.

OU

Na reação do lítio e do potássio com a água formam-se os iões Li^+ e K^+ , ou seja, em ambos os casos estes átomos ionizam-se, perdendo o eletrão de valência.

A energia de ionização do potássio, K, é menor do que a do lítio, Li, dado que o eletrão removido do átomo de potássio tem maior energia, está no nível $n = 4$, enquanto o do átomo de lítio está no nível $n = 2$.

Como a ionização é mais fácil para o potássio, K, do que para o lítio, Li, dado ocorrer com menor dispêndio de energia, “o potássio reage mais vigorosamente com a água do que o lítio”.

Grupo V

1.

1.1. (A)

O trabalho realizado pela força gravítica que atua na bola, $W_{\vec{F}_g}$, num determinado deslocamento é o simétrico da variação de energia potencial gravítica, $-\Delta E_{pg}$, nesse deslocamento.

A altura da posição inicial, posição em que a bola é abandonada é $h_i = 1,70$ m, e a altura da posição final, altura máxima após o primeiro ressalto é $h_f = 0,94$ m. Assim, o trabalho realizado pela força gravítica que atua na bola, de massa m , entre aquelas posições é:

$$W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{pg} = -mg\Delta h = -mg(h_f - h_i) = -m \times 10 \text{ m s}^{-2} \times (0,94 - 1,70) \text{ m}.$$

1.2. (C)

Durante a queda da bola, e, também durante a sua subida, apenas atua a força gravítica, conservando-se a energia mecânica do sistema *bola + Terra*.

Antes da colisão, a energia mecânica do sistema no momento em que atinge o solo é igual à energia potencial gravítica na sua posição mais alta. Após a colisão, a energia mecânica do sistema é igual à energia potencial gravítica quando a bola atinge uma nova altura máxima (nessas duas posições a energia cinética da bola é nula).

Conclui-se que a variação de energia mecânica durante uma colisão é igual à variação de energia potencial gravítica entre essas posições: no 1.º ressalto entre as posições de alturas $h_{1,i} = 1,70$ m e $h_{1,f} = 0,94$ m e no 2.º ressalto entre as posições de alturas $h_{2,i} = 0,94$ m e $h_{2,f}$ que se pretende calcular.

Designando as variações de energia mecânica no 1.º e 2.º ressaltos por $\Delta E_{m,1}$ e $\Delta E_{m,2}$, respetivamente, e considerando que a proporção de energia mecânica perdida nestes dois ressaltos é a mesma, obtém-se:

$$\frac{\Delta E_{m,1}}{E_{m,1,i}} = \frac{\Delta E_{m,2}}{E_{m,2,i}} \Rightarrow \frac{mg\Delta h_1}{mgh_{1,i}} = \frac{mg\Delta h_2}{mgh_{2,i}} \Rightarrow \frac{\Delta h_1}{h_{1,i}} = \frac{\Delta h_2}{h_{2,i}} \Rightarrow \frac{(0,94-1,70) \text{ m}}{1,70 \text{ m}} = \frac{\Delta h_2}{0,94 \text{ m}} \Rightarrow \Delta h_2 = -0,42 \text{ m}.$$

Como, no 2.º ressalto, a bola cai de uma altura $h_{2,i} = 0,94$ m e atinge, após o ressalto, uma altura máxima $h_{2,f}$ que se encontra 0,42 m abaixo desta, obtém-se $h_{2,f} = 0,52$ m:

$$\Delta h_2 = -0,42 \text{ m} \Rightarrow h_{2,f} - h_{2,i} = -0,42 \text{ m} \Rightarrow h_{2,f} - 0,94 \text{ m} = -0,42 \text{ m} \Rightarrow h_{2,f} = 0,52 \text{ m}.$$

1.3. (D)

A força exercida pela bola sobre o solo, aplicada no solo, e a força exercida pelo solo sobre a bola, aplicada na bola, constituem um par ação-reação, portanto, têm, de acordo com a Terceira Lei de Newton, a mesma direção, a mesma intensidade e sentidos opostos.

2.

2.1. (B)

Desprezando-se a resistência do ar, sobre a bola apenas atua a força gravítica que é vertical. Assim, na direção do eixo Ox , horizontal, não atua nenhuma força sobre a bola, $\vec{F}_{Rx} = \vec{0}$. Logo, de acordo com a Lei da Inércia, a componente da velocidade da bola nessa direção, \vec{v}_x , é constante (o movimento componente segundo a horizontal é uniforme). A componente escalar da velocidade segundo o eixo Ox , v_x , é o declive da tangente ao gráfico $x(t)$, portanto, esse gráfico deve ter declive constante e positivo (a componente escalar x da bola aumenta no decurso do tempo): deve ser uma linha reta de declive positivo ($v_x > 0$).

2.2. (D)

Como a força de resistência do ar é desprezável, sobre a bola apenas atua a força gravítica exercida pela Terra. Essa força é constante, tem direção vertical e sentido para baixo.

2.3. As equações que traduzem as componentes escalares x e y da posição da bola em função do tempo, t , são:

$$\begin{cases} x = x_0 + v_0 t \\ y = y_0 - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

Nessas equações v_0 é a componente escalar da velocidade inicial, velocidade da bola ao passar sobre a rede, segundo o eixo Ox ($v_{0x} = v_0 =$ módulo da velocidade inicial; como a velocidade inicial é horizontal, a sua componente vertical é nula, $v_{0y} = 0$) e g o módulo da aceleração da gravidade.

Com os dados da Figura 2 determina-se o tempo que a bola demora a atingir o solo, t_{queda} , e o módulo da velocidade inicial, v_0 :

$$\begin{cases} 9,0 = 0,0 + v_0 t_{\text{queda}} \\ 0,0 = 1,35 - \frac{1}{2} \times 10 t_{\text{queda}}^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 = \frac{9,0}{t_{\text{queda}}} = \frac{9,0 \text{ m}}{0,520 \text{ s}} = 17,3 \text{ m s}^{-1} \\ t_{\text{queda}} = 0,520 \text{ s} \end{cases}$$

Durante a queda, a componente horizontal da velocidade, v_x , permanece constante (a componente do movimento segundo a direção horizontal é uniforme) e a componente vertical, v_y , aumenta proporcionalmente ao tempo decorrido: $\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = -gt \end{cases}$.

Assim, as componentes escalares da velocidade da bola ao atingir o solo, 0,520 s depois de ter passado sobre a rede são:

$$\begin{cases} v_x = 17,3 \text{ m s}^{-1} \\ v_y = -10 \text{ m s}^{-2} \times 0,520 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_x = 17,3 \text{ m s}^{-1} \\ v_y = -5,20 \text{ m s}^{-1} \end{cases}$$

O módulo da velocidade com que a bola atinge o solo, $|\vec{v}_f|$, determina-se com base no

Teorema de Pitágoras: $|\vec{v}_f| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{[17,3^2 + (-5,20)^2]} \text{ m}^2\text{s}^{-2} = 18 \text{ m s}^{-1}$.

OU

Durante a queda da bola só atua sobre ela a força gravítica exercida pela Terra, logo há conservação da energia mecânica do sistema *bola + Terra*:

$$E_{m,i} = E_{m,f} \Rightarrow mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2 = 0 + \frac{1}{2}mv_f^2 \Rightarrow v_f^2 = 2gh_i + v_i^2 \Rightarrow v_f = \sqrt{2gh_i + v_i^2}.$$

O módulo da velocidade com que a bola atinge o solo, v_f , é:

$$v_f = \sqrt{2 \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 1,35 \text{ m} + (17,3 \text{ m s}^{-1})^2} = \sqrt{326 \text{ m}^2\text{s}^{-2}} = 18 \text{ m s}^{-1}.$$

Grupo VI

1. A frequência dessa radiação eletromagnética é $4,6 \times 10^{14}$ Hz.

A frequência, f , de uma radiação eletromagnética cujo comprimento de onda, λ , no vácuo, é $6,5 \times 10^{-7}$ m é:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{6,5 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4,6 \times 10^{14} \text{ Hz, dado que no vácuo a luz se propaga com velocidade } c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}.$$

2. (A)

Ao passar do ar para o vidro, o índice de refração, $n = \frac{c}{v}$, aumenta, logo a velocidade de propagação, v , diminui e, em consequência, diminui, também, o comprimento de onda λ (distância a que a luz se propaga ao fim de um período): $v_{\text{vidro}} < v_{\text{ar}} \Rightarrow v_{\text{vidro}} \times \frac{1}{f} < v_{\text{ar}} \times \frac{1}{f} \Rightarrow \lambda_{\text{vidro}} < \lambda_{\text{ar}}$.

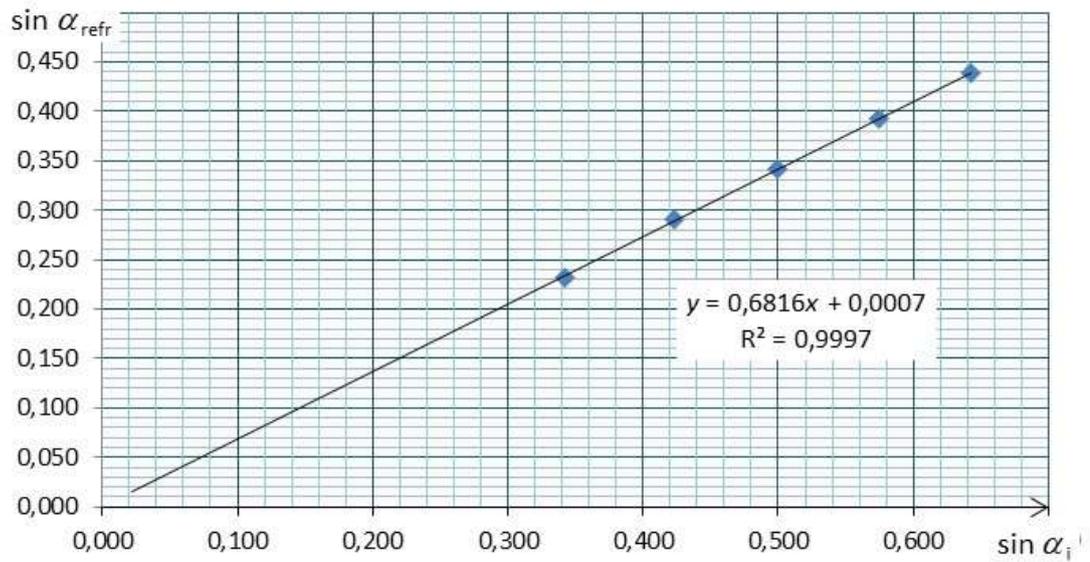
- 3.

- 3.1. (B)

Na reflexão da luz, a amplitude do ângulo entre o raio incidente e a normal à superfície no ponto de incidência, ângulo de incidência, α_i , é igual à amplitude do ângulo entre o raio refletido e a normal à superfície no ponto de incidência, ângulo de reflexão, α_{refl} . Assim, o gráfico $\alpha_{\text{refl}}(\alpha_i)$ tem declive 1 e a amplitude do ângulo entre a linha do gráfico e a horizontal é 45° , uma vez que a escala é igual nos dois eixos.

- 3.2. A equação da reta de ajuste ao gráfico de dispersão de $\sin \alpha_{\text{refr}}$ em função de $\sin \alpha_i$ é $\sin \alpha_{\text{refr}} = 0,6816 \sin \alpha_i + 7 \times 10^{-4} \Rightarrow \sin \alpha_{\text{refr}} = 0,6816 \sin \alpha_i$.

De acordo com a lei de Snell-Descartes, a ordenada na origem na equação anterior deveria ser nula. O valor 7×10^{-4} pode considerar-se uma ordenada na origem nula, dentro das incertezas experimentais.



Como a luz se propaga do ar para o vidro, obtém-se:

$$n_{\text{ar}} \sin \alpha_i = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{refr}} \Rightarrow 1,00 \sin \alpha_i = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{refr}} \Rightarrow \sin \alpha_{\text{refr}} = \frac{1,00}{n_{\text{vidro}}} \sin \alpha_i.$$

Esta relação mostra que o declive do gráfico $\sin \alpha_{\text{refr}} (\sin \alpha_i)$ é o inverso do índice de refração do vidro para a radiação considerada: $\frac{1,00}{n_{\text{vidro}}} = 0,6816 \Rightarrow n_{\text{vidro}} = 1,47$.