

Proposta de Resolução do Exame Nacional de Física e Química A

11.º ano, 2.ª Fase, versão 1

Sociedade Portuguesa de Física, Divisão de Educação

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, 19.07.2017: <http://cdn.iae.pt/provas/2017/EX-FQA715-F2-2017-V1.pdf>

Grupo I

1. (A)

No percurso considerado, o deslocamento é horizontal e o peso é vertical. Sendo estes dois vetores perpendiculares, o trabalho do peso, no percurso considerado, é nulo.

2. (C)

Para a mesma energia cinética, $\frac{1}{2}m_A v_A^2 = \frac{1}{2}m_B v_B^2 \Leftrightarrow \frac{3}{4}m_B v_A^2 = m_B v_B^2$, segue-se que $\sqrt{\frac{3}{4}}v_A = v_B \Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{4}{3}}v_B$.

OU

Da expressão da energia cinética, $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, determina-se o módulo da velocidade: $v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$: para a mesma energia cinética, a velocidade é inversamente proporcional à raiz quadrada da massa, $v_A\sqrt{m_A} = v_B\sqrt{m_B}$, assim,

$$v_A = \sqrt{\frac{m_B}{m_A}}v_B = \sqrt{\frac{m_B}{\frac{3}{4}m_B}}v_B = \sqrt{\frac{4}{3}}v_B.$$

3.

3.1. (B)

No instante t_1 os conjuntos têm igual velocidade.

O gráfico da componente escalar da velocidade em função do tempo permite concluir sobre o sentido do movimento, a aceleração e a distância percorrida num dado intervalo de tempo.

No intervalo $[0, t_2]$, as componentes escalares da velocidade são ambas positivas (os conjuntos movem-se no mesmo sentido, o sentido positivo) e os módulos das variações de velocidade são iguais, o que implica que tenham o mesmo módulo da aceleração. Sendo iguais as áreas entre o gráfico e o eixo do tempo, as distâncias percorridas são iguais.

3.2. A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam em A no percurso considerado é igual à variação de energia mecânica do sistema A + Terra nesse percurso, isto é, à soma das variações das energias cinética e potencial gravítica. Como a velocidade de A aumenta, a sua energia cinética também, ou seja, a variação da energia cinética é positiva.

Como o percurso é horizontal, a energia potencial gravítica é constante, ou seja, não há variação de energia potencial gravítica.

Conclui-se que a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam em A, no percurso considerado, é positiva.

OU

A soma dos trabalhos realizados pelas forças aplicadas em A é igual à soma dos trabalhos realizados pelo peso e pelas forças não conservativas.

O trabalho realizado pelo peso é nulo dado que este (vertical) é perpendicular ao deslocamento (horizontal).

Assim, a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam em A, no percurso considerado, é igual à soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam em A, portanto, igual à variação de energia cinética que é positiva, dado que a velocidade de A aumenta.

3.3. (D)

A aceleração tem a mesma direção e o mesmo sentido da resultante das forças. Como a velocidade diminui, a aceleração tem sentido contrário à velocidade (vetor com o sentido do movimento).

4. O conjunto *bicicleta + ciclista* tem movimento retilíneo e está sujeito a um sistema de forças de resultante constante, logo, move-se com aceleração constante, de componente escalar a segundo a direção do movimento. Assim, a componente escalar do seu deslocamento obedece à relação $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$.

O ciclista desloca-se 100 m em 20 s e a componente escalar, segundo $0x$, da sua velocidade inicial é $6,0 \text{ m s}^{-1}$, portanto, $100 \text{ m} = 6,0 \text{ m s}^{-1} \times 20 \text{ s} + \frac{1}{2} \times a \times (20 \text{ s})^2$.

Logo, $a = \frac{(100-120) \text{ m}}{\frac{1}{2} \times 20^2 \text{ s}^2} = -0,100 \text{ m s}^{-2}$. Da Segunda Lei de Newton obtém-se o módulo da

resultante das forças: $|\vec{F}_R| = m|a| = 80 \text{ kg} \times 0,100 \text{ m s}^{-2} = 8,0 \text{ N}$.

5. A velocidade é, em cada ponto, tangente à trajetória. Como a trajetória é curvilínea a direção das tangentes à trajetória varia continuamente, por isso, a velocidade não é constante, dado variar em direção. Como há variação de velocidade, a aceleração, taxa temporal de variação da velocidade, não é nula.

Grupo II

1. (D)

Uma variação de temperatura expressa em grau Celsius tem, por definição, o mesmo valor do que expressa em kelvin: $\Delta t = 0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 10^\circ\text{C}$ ou $\Delta T = 273\text{ K} - 263\text{ K} = 10\text{ K}$.

2.

2.1. (D)

Quando ocorre fusão a temperatura mantém-se constante, mas a amostra de gelo recebe energia, aumentando a sua energia interna.

A energia recebida é utilizada na quebra das ligações intermoleculares (as ligações entre as moléculas de água ficam, em média, menos intensas, ou seja, a energia potencial associada à interação entre as moléculas aumenta).

- 2.2. O sistema água + gelo é isolado, portanto, a sua energia interna é constante: a energia cedida pela água líquida ao arrefecer de 20 °C a 0 °C é igual à energia absorvida pelo gelo na fusão, $E_{\text{cedida}} = E_{\text{absorvida}}$, ou seja, $-m_{\text{água líquida}}c\Delta t = E_{\text{fusão}}$.

A massa mínima de água, a 20 °C, que é necessário adicionar para a fusão do gelo é

$$m_{\text{água líquida}} = \frac{E_{\text{fusão}}}{-c\Delta t} = \frac{m_{\text{gelo}}\Delta h_{\text{fusão}}}{-c\Delta t} = \frac{0,150 \cancel{\text{kg}} \times 3,34 \times 10^5 \cancel{\text{J kg}^{-1}}}{-4,18 \times 10^3 \cancel{\text{J kg}^{-1} \cancel{\text{°C}^{-1}}} \times (0-20) \cancel{\text{°C}}} = \frac{5,01 \times 10^4 \cancel{\text{J}}}{8,36 \times 10^4 \cancel{\text{J kg}^{-1}}} = 0,60 \text{ kg.}$$

2.3. (B)

O rendimento, em percentagem, é $\eta(\%) = \frac{E_u}{E_f} \times 100 = \frac{1,4 \times 10^4 \text{ J}}{250 \cancel{\text{J s}^{-1}} \times 1,5 \times 60 \cancel{\text{s}}} \times 100 = 62\%$.

Grupo III

1. Na região de comprimentos de onda considerada, à medida que o comprimento de onda, λ , aumenta, o índice de refração, n , do vidro SF10 diminui.

O índice de refração, n , de um certo meio é inversamente proporcional à velocidade de propagação da luz, v , nesse meio: $n = \frac{c}{v}$. Assim, se o índice de refração diminui, a velocidade de propagação da luz aumenta.

Conclui-se que, na região considerada, a velocidade de propagação da luz, v , aumenta com o comprimento de onda, λ .

2.

- 2.1. A amplitude do ângulo entre o feixe refletido e a face do paralelepípedo na qual o feixe se refletiu é 65°.

O ângulo entre o feixe incidente e a normal à superfície de separação vidro-ar (ângulo de incidência), 25°, é igual ao ângulo entre o feixe refletido e essa normal (ângulo de reflexão). O ângulo entre o feixe refletido e a face do paralelepípedo na qual o feixe se refletiu é complementar do ângulo de reflexão: $90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$.

Quando a luz se propaga de um meio de maior índice de refração para outro de menor, neste caso, do vidro para o ar, existe um ângulo de incidência limite, α_{limite} , para a ocorrência de refração, ou seja, para o qual o ângulo de refração é 90° . Aplicando a Lei de Snell-Descartes, $n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{limite}} = n_{\text{ar}} \sin 90^\circ$, obtém-se $\alpha_{\text{limite}} = \sin^{-1} \left(\frac{n_{\text{ar}} \sin 90^\circ}{n_{\text{vidro}}} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{1,000 \times 1}{1,728} \right) = 35,4^\circ$.

Para ângulos de incidência superiores a $35,4^\circ$ ocorre reflexão total.

Grupo IV

- 1.** Gráfico do pH da solução resultante da titulação em função do volume da solução de titulante adicionado.

2. (A)

A concentração da solução de ácido clorídrico é $c_{\text{HCl}} = \frac{2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 0,200 \text{ mol dm}^{-3}$.

Da equação da reação, $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{NaCl}(\text{aq})$, conclui-se que 1 mol de ácido, $\text{HCl}(\text{aq})$, é estequiometricamente equivalente a 1 mol de base, $\text{NaOH}(\text{aq})$:

$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}} \Leftrightarrow c_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} = c_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}$, donde se obtém o volume de solução de NaOH que deverá ter sido adicionado até ao ponto de equivalência, $V_{\text{NaOH}} = \frac{c_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}}{c_{\text{NaOH}}} = \frac{0,200 \text{ mol dm}^{-3} \times 50,0 \text{ cm}^3}{0,400 \text{ mol dm}^{-3}} = 25,0 \text{ cm}^3$.

3. (C)

Numa titulação ácido forte-base forte, a solução resultante no ponto de equivalência é neutra (as concentrações dos iões H_3O^+ e OH^- são iguais, logo, também as respetivas quantidades) e, a 25°C , o pH no ponto de equivalência é 7,0.

- 4.** O ácido clorídrico ioniza-se completamente, $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, logo, a quantidade de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ em $50,0 \text{ cm}^3$ de solução é

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+} = [\text{H}_3\text{O}^+] V_{\text{solução ácida}} = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \times 50,0 \text{ cm}^3 = 1,000 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

O hidróxido de sódio dissocia-se completamente, $\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$, logo, a quantidade de $\text{OH}^-(\text{aq})$ em $40,0 \text{ cm}^3$ de solução é

$$n_{\text{OH}^-} = [\text{OH}^-] V_{\text{solução básica}} = 0,400 \text{ mol dm}^{-3} \times 40,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 1,600 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Os iões hidróxido reagem com os iões oxónio, $\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, na proporção 1:1. Como $n_{\text{OH}^-} > n_{\text{H}_3\text{O}^+}$, na solução resultante fica uma certa quantidade de $\text{OH}^-(\text{aq})$ em excesso: $n_{\text{OH}^- \text{ em excesso}} = (1,600 \times 10^{-2} - 1,000 \times 10^{-2}) \text{ mol}$. A concentração de $\text{OH}^-(\text{aq})$ na solução resultante é $[\text{OH}^-] = \frac{n_{\text{OH}^- \text{ em excesso}}}{V_{\text{solução resultante}}} = \frac{6,00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{90,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 6,67 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$.

Do equilíbrio de autoionização da água determina-se a concentração de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{6,67 \times 10^{-2}} \text{ mol dm}^{-3} = 1,50 \times 10^{-13} \text{ mol dm}^{-3} \text{ a } 25^\circ\text{C}$$

$$\text{A solução resultante tem pH} = -\log \left\{ \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{\text{mol dm}^{-3}} \right\} = -\log \left(\frac{1,50 \times 10^{-13} \text{ mol dm}^{-3}}{\text{mol dm}^{-3}} \right) = 12,82$$

Grupo V

1. Na tabela apresentam-se as quantidades iniciais, e de equilíbrio, de A, B, C e D, e as correspondentes variações, tendo em conta a estequiométria: $A(g) + 2 B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$.

Substância	A	B	C	D
n_0 / mol	0,80	1,30	0	0
$n_{\text{eq}} / \text{mol}$	$n_{A, \text{eq}}$	$n_{B, \text{eq}}$	$n_{C, \text{eq}} = 0,45$	$n_{D, \text{eq}}$
$\Delta n / \text{mol}$	$n_{A, \text{eq}} - 0,80 = -0,45$	$n_{B, \text{eq}} - 1,30 = -0,45 \times 2$	$0,45 - 0 = 0,45$	$n_{D, \text{eq}} - 0 = 0,45$

Segue-se que $n_{A, \text{eq}} = 0,35 \text{ mol}$, $n_{B, \text{eq}} = 0,40 \text{ mol}$ e $n_{D, \text{eq}} = 0,45 \text{ mol}$. Como o volume é $1,00 \text{ L}$, as concentrações das diferentes espécies, em mol L^{-1} , são numericamente iguais às suas quantidades, em mol. A constante de equilíbrio é $K_c = \frac{[C]_e[D]_e}{[A]_e[B]_e^2} = \frac{0,45 \times 0,45}{0,35 \times 0,40^2} = 3,6$.

2. 1 mol de A é estequiométricamente equivalente a 2 mol de B, assim, para reagir completamente com $0,80 \text{ mol}$ de A seriam necessários $(2 \times 0,80) \text{ mol} = 1,60 \text{ mol}$ de B. Como há apenas $1,30 \text{ mol}$ de B, este é o reagente limitante.

Se $1,30 \text{ mol}$ de B reagissem totalmente, seriam produzidos $\frac{1,30 \text{ mol}}{2} = 0,650 \text{ mol}$ de C. Consequentemente, o rendimento da reação, em percentagem, nas condições consideradas, é $\eta(\%) = \frac{0,45}{0,650} \times 100 = 69\%$.

Grupo VI

1. O significado físico do declive da reta representada, $V(n)$, é o volume molar de um gás (ideal), a 20°C e 1 atm .

O declive da reta $V(n)$ é o volume molar: $\frac{\Delta V}{\Delta n} = \frac{V-0}{n-0} = \frac{V}{n} = V_m$ (nas mesmas condições de pressão e temperatura, o volume de um gás ideal é diretamente proporcional à quantidade de matéria).

2. A massa volúmica determina-se pelo quociente entre a massa da mistura e o volume que ela ocupa, $\rho = \frac{m}{V}$.

Em 100 g da mistura há $76,5 \text{ g}$ de $\text{N}_2(\text{g})$ e $23,5 \text{ g}$ de $\text{O}_2(\text{g})$. A estas massas correspondem as seguintes quantidades de matéria:

$$n_{\text{N}_2} = \frac{m}{M(\text{N}_2)} = \frac{76,5 \text{ g}}{2 \times 14,01 \text{ g mol}^{-1}} = \frac{76,5 \text{ g}}{28,02 \text{ g mol}^{-1}} = 2,73 \text{ mol},$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{m}{M(\text{O}_2)} = \frac{23,5 \text{ g}}{2 \times 16,00 \text{ g mol}^{-1}} = \frac{23,5 \text{ g}}{32,00 \text{ g mol}^{-1}} = 0,73 \text{ mol}.$$

Para a quantidade total, $(2,73 + 0,73) \text{ mol} = 3,46 \text{ mol}$, pode ler-se no gráfico o volume de

$$84 \text{ dm}^3, \text{ logo, } \rho = \frac{100 \text{ g}}{84 \text{ dm}^3} = 1,2 \text{ g dm}^{-3}.$$

3. (C)

A massa molar do nitrogénio, N_2 , é $M(N_2) = (2 \times 14,01) \text{ g mol}^{-1} = 28,02 \text{ g mol}^{-1}$.

Em 100 g de N_2 a quantidade de matéria é $n_{N_2} = \frac{m}{M} = \frac{100 \text{ g}}{28,02 \text{ g mol}^{-1}} = 3,569 \text{ mol}$, a que corresponde o seguinte número de moléculas de N_2 : $3,569 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 2,148 \times 10^{24}$. Cada molécula de N_2 tem 2 átomos de N, logo, o número de átomos de N é $2 \times 2,148 \times 10^{24} = 4,30 \times 10^{24}$.

4. (A)

O número de oxidação do oxigénio, O, diminui de 0, em O_2 , para -2 , em NO: o oxigénio reduz-se, logo, O_2 é o oxidante.

O número de oxidação do nitrogénio, N, aumenta de 0, em N_2 , para $+2$, em NO: o nitrogénio oxida-se, logo, o N_2 é o redutor.

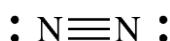
Grupo VII

1. Na notação de Lewis da molécula de N_2 são representados 10 eletrões.

O nitrogénio, $Z = 7$, com configuração eletrónica no estado fundamental $1s^2 2s^2 2p^3$, tem 5 eletrões de valência.

Na notação de Lewis representam-se os eletrões de valência dos dois átomos, portanto, 10 eletrões.

Um traço representa um par de eletrões partilhados e cada ponto representa um dos eletrões de valência não partilhados.



2. (C)

Para obter 2 mol de átomos de N por decomposição de 1 mol de moléculas de N_2 é necessário que as moléculas absorvam energia, portanto, para a transformação $N_2(g) \rightarrow 2 N(g)$ a variação de entalpia é positiva, $+945 \text{ kJ}$.

Para obter 4 mol de átomos de N por decomposição de 2 mol de moléculas de N_2 , $2 N_2(g) \rightarrow 4 N(g)$, a variação de entalpia é $+(2 \times 945) \text{ kJ}$.

3. (B)

O nitrogénio, $Z = 7$, com configuração eletrónica no estado fundamental $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$, tem os 5 eletrões de valência distribuídos por quatro orbitais. A orbital 2s apresenta menor energia do que as orbitais 2p.

4. (B)

O número de neutrões é igual à diferença entre o número de massa (número de nucleões, 15) e o número atómico (número de protões, 7): $(15 - 7) = 8$ neutrões.

5. O elemento do 2.º período da tabela periódica que apresenta menor raio atómico é o néon.

Na Tabela Periódica há uma tendência geral para a diminuição do raio atómico ao longo de um período (linha horizontal), prevendo-se que o último elemento de cada período, gás nobre, seja o que apresenta menor raio atómico. O gás nobre do 2.º período é o néon.