

Proposta de Resolução do Exame Nacional de Física e Química A**11.º ano, 2015, 1.ª Fase, versão 1**

Sociedade Portuguesa de Física, Divisão de Educação, 18 de junho de 2015

*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, I.P. (IAVE), 18.06.2015: <http://cdn.iave.pt/provas/2015/EX-FQA715-F1-2015-V1.pdf>**Critérios de classificação (versão de trabalho): <http://cdn.iave.pt/provas/2015/EX-FQA715-F1-2015-CC-VT.pdf>***Grupo I****1. (D)**

O calor não é uma propriedade de um sistema, mas um processo de transferência de energia entre sistemas.

2. –100 JA variação de energia interna, ΔU , de um sistema resulta das transferências de energia com a vizinhança por trabalho, W , e por calor, Q .Neste caso o sistema recebe uma energia de 300 J por trabalho, por isso, $W = 300$ J, e cede à vizinhança uma energia de 400 J por calor, por isso, $Q = -400$ J. Segue-se que $\Delta U = W + Q = 300$ J + (-400) J = -100 J.**3. Energia necessária para que a temperatura do gelo aumente de $-10,0$ °C até $0,0$ °C:**

$$E_{\text{aumentar a temperatura}} = mc\Delta t = 0,400 \text{ kg} \times 2,11 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times [0,0 - (-10,0)] \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$E_{\text{aumentar a temperatura}} = 8,44 \times 10^3 \text{ J}$$

Cálculo da energia disponível para a fusão do gelo:

$$\Delta U = E_{\text{aumentar a temperatura}} + E_{\text{fusão}} \Rightarrow E_{\text{fusão}} = \Delta U - E_{\text{aumentar a temperatura}} \Rightarrow$$

$$E_{\text{fusão}} = 92,0 \times 10^3 \text{ J} - 8,44 \times 10^3 \text{ J} = 8,356 \times 10^4 \text{ J}$$

Cálculo da massa de gelo que fundiu:

$$\Delta h_{\text{fusão}} = \frac{E_{\text{fusão}}}{m} \Rightarrow m = \frac{E_{\text{fusão}}}{\Delta h_{\text{fusão}}} \Rightarrow m_{\text{gelo que fundiu}} = \frac{8,356 \times 10^4 \text{ J}}{3,34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}} = 0,2502 \text{ kg}$$

Massa de gelo que não fundiu: $(0,400 - 0,2502) \text{ kg} = 0,150 \text{ kg}$ **4. (C)**

A potência, P , da radiação emitida por unidade de área, A , por um corpo à temperatura termodinâmica T é dada pela seguinte expressão: $\frac{P}{A} = e\sigma T^4$, em que σ é uma constante e e é a emissividade da superfície do corpo à temperatura T . Supondo que a emissividade total¹ da superfície não depende da temperatura pode concluir-se que a energia da radiação emitida por unidade de tempo, $\frac{E}{\Delta t} = P$, é diretamente proporcional a T^4 : $\frac{P}{T^4} = e\sigma A$ é constante para uma certa superfície de área A .

A taxa temporal de emissão de radiação pela superfície de um corpo negro, emissor ideal ($e = 1$), é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura termodinâmica: $\frac{P}{T^4} = \sigma A$.

¹ Emissividade total pois tem em conta a radiação emitida em todos os comprimentos de onda. Tem também em conta a radiação emitida em todas as direções visíveis da superfície (emissividade total ou emissividade total hemisférica). A emissividade espectral depende, em geral, da temperatura. Tendo em conta essa dependência deixaria de existir proporcionalidade direta com T^4 .

Grupo II

1.

1.1. (A)

A roda executa 50 rotações por minuto, o que significa que todos os pontos da roda descrevem um ângulo de $2\pi \times 50$ radianos em 60 segundos, assim, o módulo da velocidade angular ω é:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi \times 50 \text{ rad}}{60 \text{ s}} = \frac{2\pi \times 50}{60} \text{ rad s}^{-1}.$$

OU

A frequência f é $\frac{50}{60 \text{ s}} = \frac{50}{60} \text{ s}^{-1}$, logo o módulo da velocidade angular:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \text{ rad} \times \frac{50}{60} \text{ s}^{-1} = \frac{2\pi \times 50}{60} \text{ rad s}^{-1}.$$

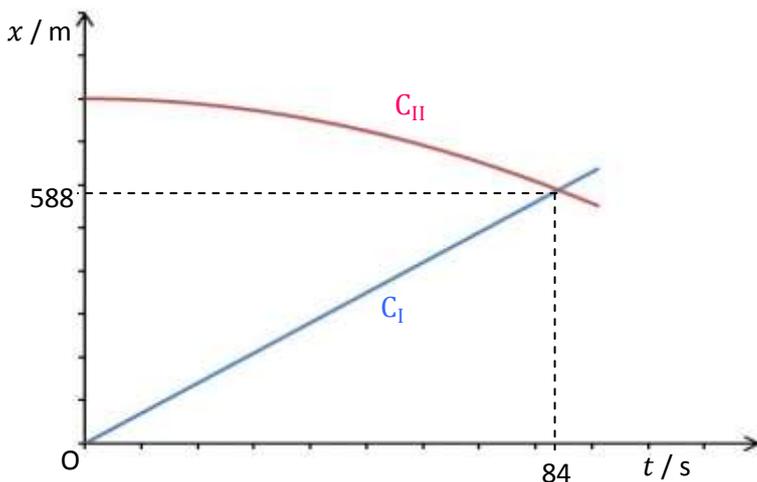
1.2. (A)

Sendo a velocidade angular constante², todos os pontos da roda executam um movimento circular e uniforme, e, por isso, a aceleração de qualquer desses pontos é centrípeta: $a = a_n$.

O módulo da componente normal da aceleração (ou aceleração centrípeta), a_n , de um ponto qualquer a uma distância r do eixo da roda é $a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{(\omega r)^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r$. Num certo instante, todos os pontos da roda têm a mesma velocidade angular, portanto, quanto mais afastados estiverem do eixo da roda, maior r , maior será a aceleração centrípeta. Encontrando-se o ponto P mais afastado do eixo, maior r , a sua aceleração é maior do que a de Q.

2.

2.1.



$$t = 84 \text{ s} \Rightarrow x_{C_I} = x_{C_{II}} = 588 \text{ m}$$

² Se a velocidade angular não for constante, a aceleração de um ponto da roda tem uma componente centrípeta e uma componente tangencial. O módulo da aceleração, a , de um ponto aumenta com a distância r ao eixo. Mostra-se que são diretamente proporcionais: $\frac{a}{r}$ é, num certo instante, o mesmo para todos os pontos da roda.

2.2. (D)

Dado que $x_{C_{II}}$ diminui ao longo do tempo o movimento é no sentido negativo, apontando a velocidade neste sentido. O módulo do declive da tangente ao gráfico de $x_{C_{II}}(t)$ aumenta com o tempo, ou seja, a velocidade de C_{II} aumenta no decurso do tempo (o movimento é acelerado). Como o movimento de C_{II} é acelerado, a sua aceleração aponta no sentido da sua velocidade, portanto, também no sentido negativo.

OU

Da equação $x_{C_{II}} = 800 - 0,030t^2$ (SI) obtém-se a componente escalar da aceleração, $a_{C_{II}} = -0,060 \text{ m s}^{-2}$, e a lei das velocidades, $v_{C_{II}} = -0,060t$ (SI). As componentes escalares da aceleração e da velocidade são negativas, por isso os vetores apontam no sentido convencionalmente negativo.

2.3. (C)

No contexto do modelo da partícula material, a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam em C_1 é igual ao trabalho realizado pela resultante das forças³ e, por sua vez, este trabalho é igual à variação da energia cinética de C_1 .

Como C_1 tem velocidade, v , constante, a sua energia cinética, $\frac{1}{2}mv^2$, também é constante, portanto não varia. Sendo nula a variação de energia cinética é também nula a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam em C_1 .

3. Variação de energia cinética do conjunto: $\Delta E_c = E_{c,f} - E_{c,i} = \frac{1}{2}mv_f^2 - E_{c,i} \Rightarrow$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 80 \text{ kg} \times 3,5^2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} - 2,0 \times 10^3 \text{ J} = -1,51 \times 10^3 \text{ J}.$$

Variação de energia potencial gravítica do conjunto + Terra:

$$\Delta E_p = mgh_f - mgh_i = mg(h_f - h_i) = 80 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times (3,0 - 0) \text{ m} = 2,40 \times 10^3 \text{ J}.$$

Variação de energia mecânica do conjunto + Terra:

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = -1,51 \times 10^3 \text{ J} + 2,40 \times 10^3 \text{ J} = 8,90 \times 10^2 \text{ J}.$$

Cálculo da intensidade da resultante das forças não conservativas, F_{NC} , na direção do

deslocamento⁴: $W_{\vec{F}_{NC}} = \Delta E_m \Rightarrow F_{NC}d \cos 0^\circ = \Delta E_m \Rightarrow F_{NC} = \frac{\Delta E_m}{d} = \frac{8,90 \times 10^2 \text{ J}}{68 \text{ m}} = 13 \text{ N}.$

Grupo III

1.

1.1. (B)

A partir da frequência, $f = 330 \text{ Hz}$, determina-se o período, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{330 \text{ s}^{-1}} = 3,03 \times 10^{-3} \text{ s}$. Da análise da figura conclui-se que um período, variação da abcissa entre, por exemplo, dois máximos consecutivos, corresponde a 3 divisões: $\frac{3,03 \times 10^{-3} \text{ s}}{3 \text{ div}} = \frac{3,03 \text{ ms}}{3 \text{ div}} = 1,0 \text{ ms/div}$.

³ Na sua formulação geral, a lei da conservação de energia pode escrever-se como $\Delta U + \Delta E_c = \sum W_{\vec{F}_{ext}} + Q$. A soma dos trabalhos das forças exteriores, $\sum W_{\vec{F}_{ext}}$, é igual ao trabalho da resultante das forças, $W_{\vec{F}_R}$, se, por exemplo, se desprezar a variação de energia interna do sistema, ΔU , assim como o calor, Q ($\Delta U = Q = 0$); daí a referência ao modelo da partícula material.

⁴ Considerando apenas a resultante das forças não conservativas que atuam na direção do deslocamento, o ângulo desta resultante com o deslocamento poderia ser 0° ou 180° . Sendo a variação de energia mecânica positiva, o trabalho das forças não conservativas é também positivo, logo o ângulo tem de ser 0° ($\cos 0^\circ = 1 > 0$), dado que para 180° , o trabalho teria de ser negativo ($\cos 180^\circ = -1 < 0$).

1.2. (D)

Percutir o diapasão com maior intensidade significa fornecer, inicialmente, mais energia ao diapasão, aumentando a amplitude de vibração das suas hastes e, em consequência, a amplitude de pressão do sinal sonoro que se propaga e a amplitude do correspondente sinal elétrico, detetado no osciloscópio.

A frequência não é alterada, uma vez que é característica do diapasão que está a ser percutido (cada diapasão emite um som de uma frequência bem característica, dito som puro, descrito por uma função sinusoidal).

2. (D)

$$U = U_{\text{máx}} \sin(\omega t) = 5,0 \sin(8,80 \times 10^2 \pi t) \text{ (SI)} \Rightarrow \omega = 8,80 \times 10^2 \pi = 2,764 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1} \text{ (frequência angular)}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \text{ rad}}{2,764 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}} = 2,27 \times 10^{-3} \text{ s (período)}$$

3. O sinal sonoro, onda de pressão, origina uma vibração da membrana. Esta vibração transmite-se à bobina que se move em relação ao íman. Este movimento relativo faz variar o fluxo magnético que atravessa a bobina, $\Delta\Phi \neq 0$, criando uma força eletromotriz, $|\varepsilon_i| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$, dita, por isso, induzida. Esta força eletromotriz é a responsável pelo sinal elétrico detetado (corrente elétrica).

Grupo IV

1.

1.1. (C)

Dois átomos dizem-se isótopos se tiverem o mesmo número de prótons, Z (número atómico), e diferente número de neutrões, N . O número de nucleões, $A = Z + N$ (prótons e neutrões), de dois isótopos é diferente, por diferirem no número de neutrões. Neste caso o átomo de cloro-35 tem 35 nucleões e o de cloro-37 tem 37 nucleões. Ambos têm o mesmo número de prótons que é a propriedade que identifica o elemento cloro.

1.2. (D)

Consultando a tabela periódica constata-se que o número atómico, Z , do cloro é 17. Um átomo de cloro tem um núcleo com 17 prótons, logo, também, 17 eletrões.

A configuração eletrónica do cloro, ${}_{17}\text{Cl}$, é $(1s)^2 (2s)^2 (2p)^6 (3s)^2 (3p)^5$. As orbitais de valência são as do último nível, $n = 3$: a orbital 3s e as orbitais 3p. Destas, a menos energética é a orbital 3s.

O número quântico principal da orbital 3s é 3 ($n = 3$), o de momento angular (ou secundário) é 0 por se tratar de uma orbital s ($l = 0$) e, sendo $l = 0$, necessariamente o número quântico magnético também é nulo ($m_l = 0$): $(n, l, m_l) = (3, 0, 0)$.

1.3. (B)

O flúor e o cloro pertencem ao grupo 17, apresentando ambos, por isso, 7 eletrões de valência. Assim, a configuração eletrónica de valência destes elementos, no estado fundamental, é $(ns)^2 (np)^5$, sendo n o número quântico principal de valência: $n = 2$ para o flúor, por se encontrar no 2.º período, e $n = 3$ para o cloro, por se encontrar no 3.º período.

Existindo três orbitais p em cada nível $n > 1$, a configuração eletrónica de valência pode ser escrita como $(ns)^2 (np_x)^2 (np_y)^2 (np_z)^1$, existindo para ambos os átomos uma orbital com 1 eletrão (semipreenchida).

Quanto às orbitais completamente preenchidas, com 2 eletrões, o cloro tem mais uma orbital s preenchida (a orbital 3s) e mais três orbitais p preenchidas (uma orbital 2p e duas orbitais 3p) do que o flúor, o que está de acordo com o facto de o cloro (${}_{17}\text{Cl}$) ter mais 8 eletrões do que o flúor (${}_{9}\text{F}$).

1.4. $\text{Cl}^+(\text{g})$

A energia de ionização é a energia mínima necessária para remover um eletrão de um átomo de cloro, em fase gasosa, no estado fundamental: é a energia mínima que o átomo de cloro, no estado fundamental, tem de absorver para que ocorra o processo $\text{Cl}(\text{g}) \rightarrow \text{Cl}^+(\text{g}) + \text{e}^-$.

2.

2.1. $6,02 \times 10^{22}$.

A quantidade de flúor, F_2 , é $n_{\text{F}_2} = 5,00 \times 10^{-2}$ mol. O número de moléculas de flúor, F_2 , é $N_{\text{F}_2} = n_{\text{F}_2} N_A$.

Uma molécula de flúor, F_2 , tem 2 átomos de flúor, F. Assim, o número total de átomos de flúor, F, é:

$$N_{\text{F}} = 2N_{\text{F}_2} = 2n_{\text{F}_2} N_A = 2 \times 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 6,02 \times 10^{22}.$$

2.2. Massas molares de F_2 e de Cl_2 : $M(\text{F}_2) = 2 \times 19,00 \text{ g mol}^{-1} = 38,00 \text{ g mol}^{-1}$;

$$M(\text{Cl}_2) = 2 \times 35,45 \text{ g mol}^{-1} = 70,90 \text{ g mol}^{-1}.$$

$$\text{Massa total da mistura gasosa: } m = m_{\text{F}_2} + m_{\text{Cl}_2} \Rightarrow$$

$$m = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 38,00 \text{ g mol}^{-1} + 8,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 70,90 \text{ g mol}^{-1} = 7,572 \text{ g}.$$

$$\text{Volume da mistura: } V = V_{\text{F}_2} + V_{\text{Cl}_2} = n_{\text{F}_2} V_m + n_{\text{Cl}_2} V_m = (n_{\text{F}_2} + n_{\text{Cl}_2}) V_m \Rightarrow$$

$$V = (5,00 \times 10^{-2} + 8,00 \times 10^{-2}) \text{ mol} \times 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 2,912 \text{ dm}^3.$$

$$\text{Massa volúmica (densidade) da mistura: } \rho = \frac{m}{V} = \frac{7,572 \text{ g}}{2,912 \text{ dm}^3} = 2,60 \text{ g dm}^{-3}.$$

3.

3.1. Oito.

O átomo de cloro, Cl, sendo do grupo 17, tem 7 eletrões de valência, e o de hidrogénio, H, tem 1. Logo, a molécula de HCl terá 8 eletrões de valência.

3.2. (B)

O cloro, Cl, antecede o iodo, I, no grupo 17 da tabela periódica, apresentando menor raio dado que no grupo quando o número atómico diminui, o raio atómico também diminui.

Como o raio do átomo Cl é menor do que o do átomo I e ambos estão ligados a um átomo de hidrogénio, segue-se que o comprimento da ligação H – Cl é também menor do que o comprimento da ligação H – I.

Grupo V

1. (B)

O número de oxidação do iodo na espécie I_2 é 0 e em HI é -1 , logo, a variação do número de oxidação do iodo é $-1 - 0 = -1$.

Como o número de oxidação do iodo diminui, significa que a espécie I_2 é reduzida, logo a outra espécie, H_2 , será oxidada ao reagir com I_2 . Portanto, I_2 atua como oxidante.

2.

2.1. As quantidades de I_2 , no equilíbrio e no instante inicial, permitem determinar a variação de quantidade: $\Delta n_{I_2} = 1,46 \times 10^{-3} \text{ mol} - 2,56 \times 10^{-3} \text{ mol} = -1,10 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

	$I_2(g)$	$H_2(g)$	\rightleftharpoons	$2 HI(g)$
Inicial	$2,56 \times 10^{-3} \text{ mol}$	n_0		0
Variação	$-1,10 \times 10^{-3} \text{ mol}$	$-1,10 \times 10^{-3} \text{ mol}$		$+2 \times 1,10 \times 10^{-3} \text{ mol}$
Equilíbrio	$1,46 \times 10^{-3} \text{ mol}$	n_e		$2,20 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Cálculo da quantidade de H_2 , n_e , no equilíbrio, a uma temperatura de 763 K:

$$K_c = \frac{|HI|^2}{|I_2||H_2|} \Rightarrow 46 = \frac{\left(\frac{2,20 \times 10^{-3}}{1,0}\right)^2}{\left(\frac{1,46 \times 10^{-3}}{1,0}\right)\left(\frac{n_e \text{ mol}^{-1}}{1,0}\right)} \Rightarrow n_e = \frac{(2,20 \times 10^{-3})^2}{46 \times 1,46 \times 10^{-3}} \text{ mol} = 7,2 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

2.2. A constante de equilíbrio, K_c , diminui com o aumento da temperatura T : um aumento de temperatura faz evoluir o sistema no sentido da reação inversa.

De acordo com o Princípio de Le Châtelier, o aumento da temperatura favorece a reação endotérmica. Sendo a reação inversa endotérmica, a direta, a da formação de HI, é exotérmica.

Conclui-se que a energia libertada na formação das ligações de duas moléculas HI é superior à energia absorvida na quebra das ligações de uma molécula H_2 e uma I_2 .

Grupo VI

1. (A)

A bureta contém uma escala graduada rigorosa, geralmente em cm^3 , possuindo na extremidade inferior uma torneira de precisão que permite adicionar pequenos volumes de titulante na vizinhança do ponto final da titulação.

2. Quantidade de NaOH adicionada até ao ponto final da titulação:

$$n_{\text{NaOH}} = [\text{NaOH}]V_{\text{NaOH}} = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3} \times 24,60 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,46 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

O excesso, ou defeito, da quantidade de HCl que possa existir no ponto final da titulação relativamente ao ponto de equivalência é desprezável, dado que a variação de pH é brusca no ponto final da titulação, mudando o indicador de cor com um incremento de volume de titulante desprezável face ao volume total de titulante. Assim, pode tomar-se a quantidade de HCl no ponto final como sendo aproximadamente igual à do ponto de equivalência.

No ponto de equivalência, as quantidades de NaOH e de HCl estão na proporção estequiométrica, 1 mol de NaOH para 1 mol de HCl , portanto $n_{\text{HCl}} = 2,46 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

$$\text{Concentração da solução de HCl: } [\text{HCl}] = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{HCl}}} = \frac{2,46 \times 10^{-3} \text{ mol}}{50,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 4,92 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}.$$

3.

$$3.1. \frac{24,60 - 25,00}{25,00} \times 100\%$$

O erro relativo, ε_V , traduz a proporção entre o erro absoluto, $\Delta V = V_{\text{experimental}} - V_V$, e o valor verdadeiro, V_V :

$$\varepsilon_V = \frac{\Delta V}{V_V} = \frac{V_{\text{experimental}} - V_V}{V_V}. \text{ Expresso em percentagem obtém-se } \varepsilon_V(\%) = \frac{V_{\text{experimental}} - V_V}{V_V} \times 100\%.$$

Neste caso, obtém-se $\varepsilon_V(\%) = \frac{24,60 - 25,00}{25,00} \times 100\% = -1,6\%$. (um erro relativo de 1,6%, por defeito).

3.2. O pH no ponto de equivalência está incluído na região de variação brusca de pH.

Como a zona de viragem do verde de bromocresol (pH=3,8 a pH=5,5) está contida na região de variação brusca de pH (pH=3,5 a pH=10,0), $[3,8; 5,5] \subset [3,5; 10,5]$, este indicador pode ser utilizado para assinalar o ponto de equivalência da titulação.