

**Proposta de Resolução do Exame Nacional de Física e Química A****11.º ano, 2015, 2.ª Fase, versão 1**

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

*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, I.P. (IAVE), 17.07.2015: <http://cdn.iave.pt/provas/2015/EX-FOA715-F2-2015-V1.pdf>**Critérios de classificação: <http://cdn.iave.pt/provas/2015/EX-FOA715-F2-2015-CC.pdf>***Grupo I****1. (D)**

“... comprimentos de onda, no vácuo, da ordem de grandeza do centímetro”:

$$\lambda \sim 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}; c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \sim 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \sim \frac{10^8 \text{ m s}^{-1}}{10^{-2} \text{ m}} = 10^{10} \text{ s}^{-1} = 10^{10} \text{ Hz}$$

**2. (C)**Representando por  $d$  a distância do obstáculo à antena emissora:

$$2d = c\Delta t \Rightarrow d = \frac{c\Delta t}{2} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \times \Delta t}{2} = \frac{3,00 \times 10^8 \times \Delta t}{2} \text{ m}$$

**3. (B)**

Como as linhas de campo são paralelas e equidistantes conclui-se que o campo magnético na região representada na Figura 1 é uniforme: constante em módulo, direção e sentido. Assim, naquela região, o módulo do campo magnético tem sempre o mesmo valor independentemente da maior ou menor proximidade aos polos.

**4. (D)**

A radiação eletromagnética ao passar do meio 1 para o meio 2 afasta-se da normal, ou seja, o ângulo de incidência,  $\alpha_1$ , é menor do que o ângulo de refração,  $\alpha_2$ , logo o índice de refração do meio 1,  $n_1$ , é superior ao índice de refração do meio 2,  $n_2$ :  $\alpha_1 < \alpha_2 \Rightarrow \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{n_1}{n_2} > 1 \Rightarrow n_1 > n_2$ .

Um maior índice de refração  $n$  implica uma menor velocidade de propagação  $v$  (como  $n = \frac{c}{v}$ ,  $n$  e  $v$  são inversamente proporcionais dado  $c$  ser constante), assim a velocidade de propagação dessa radiação no meio 1,  $v_1$ , é inferior a essa velocidade no meio 2,  $v_2$ :  $n_1 > n_2 \Rightarrow v_1 < v_2$ .

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

$$1,7 \text{ ppm}_V = \frac{1,7}{10^6} = \frac{1,7 \times 10^{-4}}{10^2} = 1,7 \times 10^{-4} \% \text{ em volume.}$$

OU

$$1,7 \text{ ppm}_V = \frac{V}{V_{\text{total}}} \times 10^6 = \left( \frac{V}{V_{\text{total}}} \times 10^2 \right) \times 10^4 = \%(V/V) \times 10^4 \Rightarrow \%(V/V) = \frac{1,7}{10^4} \% = 1,7 \times 10^{-4} \%.$$

1.2. 3 vezes.

Massa molar de  $\text{CH}_4$ :  $M_{\text{CH}_4} = 1 \times 12,01 + 4 \times 1,01 = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$ .

Massa molar de  $\text{N}_2\text{O}$ :  $M_{\text{N}_2\text{O}} = 2 \times 14,01 + 1 \times 16,00 = 44,02 \text{ g mol}^{-1}$ .

Proporção entre as massas de volumes iguais de  $\text{N}_2\text{O}$  e de  $\text{CH}_4$  nas mesmas condições de pressão e de temperatura:  $\frac{m_{\text{N}_2\text{O}}}{m_{\text{CH}_4}} = \frac{n_{\text{N}_2\text{O}} M_{\text{N}_2\text{O}}}{n_{\text{CH}_4} M_{\text{CH}_4}} = \frac{M_{\text{N}_2\text{O}}}{M_{\text{CH}_4}} = \frac{44,02 \text{ g mol}^{-1}}{16,05 \text{ g mol}^{-1}} = 3$ , dado que volumes iguais de diferentes gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, contêm o mesmo número de moléculas, logo a mesma quantidade de matéria:  $n_{\text{N}_2\text{O}} = n_{\text{CH}_4}$ .

- 1.3. Quantidade de  $\text{CO}_2$ :  $n_{\text{CO}_2} = \frac{V}{V_m(\text{PTN})} = \frac{50,0 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 2,232 \text{ mol}$ . O número total de moléculas de  $\text{CO}_2$  é  $N_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} N_A = 2,232 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,344 \times 10^{24}$ .  
Em cada molécula de  $\text{CO}_2$  existem 3 átomos, assim o número total de átomos que existem em  $50,0 \text{ dm}^3$  é  $3 \times (1,344 \times 10^{24}) = 4,03 \times 10^{24}$ .

2. (C)

A estrutura de Lewis da molécula de  $\text{CO}_2$  é  $\ddot{\text{O}} = \text{C} = \ddot{\text{O}}$ .

O átomo central, o de carbono, não apresenta eletrões de valência não ligantes. A geometria que minimiza as repulsões é a linear dado que maximiza a distância entre os pares de eletrões ligantes das duas ligações  $\text{C} = \text{O}$ .

3.

3.1. (A)

Como  $E_{\text{final}} = E_2 > E_1 = E_{\text{inicial}}$ , a energia do átomo aumenta, portanto há absorção de energia. Neste caso é absorvida uma energia igual a  $E_2 - E_1 = -5,45 \times 10^{-19} \text{ J} - (-2,18 \times 10^{-18} \text{ J}) = 1,64 \times 10^{-18} \text{ J}$ .

3.2. (C)

O átomo de carbono tem 6 prótons (número atómico 6) logo, também, 6 eletrões. Assim, a sua configuração eletrónica no estado fundamental é  $(1s)^2 (2s)^2 (2p)^2$ .

O número quântico de momento angular,  $l$ , das orbitais s é 0, portanto há 4 eletrões em orbitais com  $l = 0$  (os 2 eletrões da orbital 1s e os 2 da orbital 2s); e o  $l$  das orbitais p é 1, portanto há 2 eletrões em orbitais com  $l = 1$  (os 2 eletrões das orbitais 2p).

As orbitais com  $n = 2$  são a orbital 2s e as orbitais 2p, logo, no total, existem 4 eletrões em orbitais com  $n = 2$  (2 eletrões na orbital 2s e 2 eletrões nas orbitais 2p).

**3.3.** O carbono antecede o nitrogénio no segundo período da tabela periódica. Encontrando-se estes elementos no mesmo período, os eletrões de ambos os átomos distribuem-se pelo mesmo número de níveis de energia,  $[_6\text{C}: (1s)^2 (2s)^2 (2p)^2; _7\text{N}: (1s)^2 (2s)^2 (2p)^3]$ , encontrando-se, por isso, os eletrões de valência no mesmo nível de energia.

Como o número de prótons no núcleo do átomo de carbono é inferior ao número de prótons no nitrogénio, os eletrões de valência no carbono são menos atraídos do que no nitrogénio. Assim, é necessário fornecer menos energia para arrancar o eletrão de valência mais energético no átomo de carbono, ou seja, a energia de ionização do carbono é menor do que a do nitrogénio.

### Grupo III

1.

**1.1.** Variação da quantidade de nitrogénio,  $\text{N}_2$ :

$$\Delta n_{\text{N}_2} = n_{\text{N}_2, \text{equilíbrio}} - n_{\text{N}_2, \text{inicial}} = [\text{N}_2]_{\text{equilíbrio}} V - [\text{N}_2]_{\text{inicial}} V \Rightarrow$$

$$\Delta n_{\text{N}_2} = 0,144 \text{ mol dm}^{-3} \times 1,00 \text{ dm}^3 - 0,200 \text{ mol dm}^{-3} \times 1,00 \text{ dm}^3 = -0,056 \text{ mol}$$

A quantidade de  $\text{N}_2$  diminui 0,056 mol, logo a de  $\text{NH}_3$  aumenta  $2 \times 0,056 \text{ mol}$  (de acordo com a estequiometria da reação 1 mol de  $\text{N}_2$  origina 2 mol de  $\text{NH}_3$ ).

Quantidade de  $\text{NH}_3$  no equilíbrio:

$$n_{\text{NH}_3, \text{equilíbrio}} = [\text{NH}_3]_{\text{equilíbrio}} V = 0,112 \text{ mol dm}^{-3} \times 1,00 \text{ dm}^3 = 0,112 \text{ mol.}$$

Como a quantidade de  $\text{NH}_3$  no equilíbrio, 0,112 mol, coincide com a que se formou,  $2 \times 0,056 \text{ mol}$ , a partir do  $\text{N}_2$  consumido, verifica-se que, inicialmente, não existia  $\text{NH}_3$  no sistema.

**1.2. (D)**

$$Q_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{0,112^2}{0,144 \times (2 \times 0,332)^3} = \frac{0,112^2}{0,144 \times 0,664^3}$$

**2.** Na formação de 2 mol de  $\text{NH}_3$  estabelecem-se  $2 \times 3 \text{ mol}$  de ligações N – H, dado existirem 3 ligações N – H em cada molécula. Assim a energia libertada na formação das ligações em 2 mol de  $\text{NH}_3$  é  $(393 \text{ kJ mol}^{-1} \times 3) \times 2 \text{ mol} = 2358 \text{ kJ}$ .

A variação de energia\* associada à formação de 2 mol de  $\text{NH}_3$  resulta do balanço da energia absorvida e da libertada:

$$\Delta E = E_{\text{absorvida}} - E_{\text{libertada}} \Rightarrow -92 \text{ kJ} = E_{\text{absorvida}} - 2358 \text{ kJ} \Leftrightarrow E_{\text{absorvida}} = 2266 \text{ kJ.}$$

\* Despreza-se as diferenças entre as energias cinéticas de reagentes e de produtos a temperatura constante.

**3. (C)**

O número de oxidação do nitrogénio em  $N_2$  é 0 dado tratar-se de uma substância elementar.

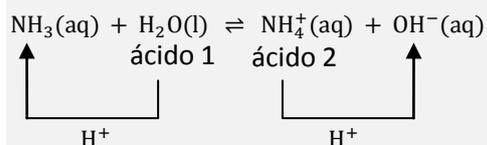
O número de oxidação do hidrogénio é +1 (exceto nos hidretos) dado estar associado a outros átomos, neste caso o nitrogénio.

O número de oxidação do nitrogénio em  $NH_3$  pode-se calcular com base no facto da soma dos números de oxidação dos átomos que constituem a molécula ser igual à sua carga, ou seja, zero:  $0 = 1 \times \text{n.o.}(N) + 3 \times (+1) \Leftrightarrow \text{n.o.}(N) = -3$ .

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

Ácidos de Brønsted-Lowry são as espécies dadoras de um ião  $H^+$ .

Na reação direta uma molécula de água,  $H_2O$ , dá um ião  $H^+$  a uma molécula de  $NH_3$  transformando-a no ião  $NH_4^+$ . Na reação inversa um ião amónio,  $NH_4^+$ , dá um ião  $H^+$  a um ião  $OH^-$  transformando-o numa molécula  $H_2O$ .


**2.**
**2.1. Concentração do ião hidrónio:**

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} \text{ mol dm}^{-3} = 10^{-10,97} \text{ mol dm}^{-3} = 1,072 \times 10^{-11} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{Cálculo da concentração do ião hidróxido: } K_w = [H_3O^+][OH^-] \Leftrightarrow [OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} \Rightarrow$$

$$[OH^-] = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{1,072 \times 10^{-11}} \text{ mol dm}^{-3} = 9,328 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}.$$

Quantidade do ião hidróxido em  $250 \text{ cm}^3$  de solução:

$$n_{OH^-} = [OH^-]V = 9,328 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \times 0,250 \text{ dm}^3 = 2,332 \times 10^{-4} \text{ mol}.$$

A quantidade do ião amónio é igual à do ião hidróxido† (1 mol de  $OH^-$  para 1 mol de  $NH_4^+$ ):  $n_{NH_4^+} = 2,332 \times 10^{-4} \text{ mol}$ .

Quantidade total de amoníaco (ionizado e não ionizado):

$$n_{NH_3} = [NH_3]V = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \times 0,250 \text{ dm}^3 = 1,250 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

$$\text{Quantidade de amoníaco não ionizado: } n_{NH_3, \text{ não ionizado}} = n_{NH_3} - n_{NH_4^+} \Rightarrow$$

$$n_{NH_3, \text{ não ionizado}} = 1,250 \times 10^{-2} \text{ mol} - 2,332 \times 10^{-4} \text{ mol} = 1,23 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

† A contribuição da autoionização da água é desprezável por ser muito menor do que a que resulta da ionização do amoníaco.

## 2.2. (A)

A adição da solução de um ácido forte origina um aumento da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$ . O ião  $\text{H}_3\text{O}^+$  reage com o ião  $\text{OH}^-$  originando uma diminuição da concentração deste ião e, portanto, uma diminuição do pH.

Diminuindo a concentração do ião  $\text{OH}^-$ , o sistema evolui no sentido do aumento da concentração de  $\text{OH}^-$ , o sentido da reação direta, ou seja, a ionização do amoníaco torna-se mais extensa.

## Grupo V

### 1. (A)

A taxa temporal de transferência de energia, por condução, aumenta com a condutividade térmica e diminui com a espessura das placas. Esta taxa será maior através da placa do melhor condutor, o alumínio dado apresentar maior condutividade, e a mais fina, a de 0,7 mm de espessura.

### 2.

#### 2.1. (B)

O comprimento de onda da radiação de máxima intensidade diminui com o aumento da temperatura: de acordo com a lei do deslocamento de Wien para um corpo negro esse comprimento de onda é inversamente proporcional à temperatura.

A potência da radiação emitida aumenta com a temperatura: de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann para um corpo negro essa potência é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura.

#### 2.2. 0,80 ou 80%

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{fornecida}}} = \frac{36 \text{ kJ}}{4,5 \times 10^4 \text{ J}} = \frac{36 \times 10^3 \text{ J}}{4,5 \times 10^4 \text{ J}} = 0,80 \Rightarrow \eta(\%) = 0,80 \times 100\% = 80\%$$

3. Dado que a taxa temporal de fornecimento de energia é constante, e o rendimento também (neste caso considera-se um rendimento de 100%), a variação de temperatura do cilindro é diretamente proporcional ao tempo de aquecimento, assim pode-se aplicar um modelo linear† a esta dependência. A equação da reta de ajuste ao gráfico da variação de temperatura,  $\Delta\theta$ , em função do tempo,  $t$  é  $\Delta\theta = 3,28 \times 10^{-3} t$  (SI).

Como toda a energia fornecida é absorvida pelo cilindro e não há perdas para o exterior:

$$E_{\text{fornecida}} = mc\Delta\theta \Leftrightarrow P\Delta t = mc\Delta\theta \Leftrightarrow \Delta\theta = \frac{P}{mc}(t - 0) \Leftrightarrow \Delta\theta = \frac{P}{mc}t.$$

Cálculo da capacidade térmica mássica do alumínio:  $\frac{P}{mc_{\text{Al}}} = 3,28 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C s}^{-1} \Rightarrow$

$$\frac{3,0 \text{ J s}^{-1}}{1,010 \text{ kg} \times c_{\text{Al}}} = 3,28 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C s}^{-1} \Rightarrow c_{\text{Al}} = \frac{3,0 \text{ J s}^{-1}}{1,010 \text{ kg} \times 3,28 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C s}^{-1}} = 9,1 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}.$$

† Admite-se que no intervalo de temperatura considerado a capacidade térmica mássica do alumínio é constante.

### Grupo VI

#### 1. (A)

Como a energia cinética de um corpo é diretamente proporcional ao quadrado da sua velocidade, segue-se que a velocidade de um corpo é diretamente proporcional à raiz quadrada da sua energia cinética: assim, se a energia cinética aumenta 4 vezes, a velocidade aumenta  $\sqrt{4} = 2$  vezes.

#### 2. (D)

Na descida, entre os pontos A e C, o ângulo entre o deslocamento e a força gravítica é menor do que  $90^\circ$ , logo o trabalho da força gravítica ( $W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos \theta$ ) é positivo ( $0^\circ \leq \theta < 90^\circ \Rightarrow \cos \theta > 0$ ).

No plano horizontal, entre os pontos C e D, o ângulo entre o deslocamento, horizontal, e a força gravítica, vertical, é  $90^\circ$ , logo o trabalho é nulo ( $\cos 90^\circ = 0$ ).

#### 3. Como entre os pontos A e C o trabalho das forças não conservativas é desprezável, segue-se que as energias mecânicas do sistema *carrinho + Terra* nos pontos A e C são iguais:

$$E_{m,C} = E_{m,A} = mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = 600 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 18 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 600 \text{ kg} \times (10 \text{ m s}^{-1})^2 \Rightarrow$$

$$E_{m,C} = 1,38 \times 10^5 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 1,38 \times 10^5 \text{ J}.$$

Cálculo da intensidade da resultante das forças de travagem:  $W_{\vec{F}_{NC}} = \Delta E_m \Rightarrow$

$$W_{\vec{N}} + W_{\vec{F}_{travagem}} = E_{m,D} - E_{m,C} \Rightarrow 0 + W_{\vec{F}_{travagem}} = E_{m,D} - E_{m,C} \Rightarrow F_{travagem} d \cos 180^\circ = E_{m,D} - E_{m,C} \Rightarrow$$

$$F_{travagem} \times 13 \text{ m} \times (-1) = 0 - 1,38 \times 10^5 \text{ J} \Rightarrow F_{travagem} = \frac{-1,38 \times 10^5 \text{ J}}{-13 \text{ m}} \Rightarrow F_{travagem} = 1,1 \times 10^4 \text{ N}.$$

### Grupo VII

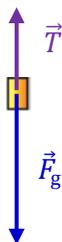
#### 1. (C)

Movendo-se o carrinho na horizontal segue-se que a componente vertical da resultante das forças é nula (no movimento retilíneo a resultante das forças tem a direção do movimento). Atuam 2 forças na direção vertical: a força gravítica e a força normal exercida pela calha que se equilibram, ou seja, a sua soma é nula.

A força gravítica exercida sobre o carrinho resulta da sua interação com a Terra, enquanto a força normal resulta da interação do carrinho com a calha: estas forças estão aplicadas no mesmo corpo e resultam de interações diferentes pelo que não constituem um par ação-reação.

#### 2.

##### 2.1.



$\vec{F}_g$  é a força gravítica exercida pela Terra sobre o corpo C e  $\vec{T}$  é a força exercida pelo fio sobre o corpo C.

**2.2.** Módulo da aceleração do carrinho enquanto o fio esteve sob tensão:

$$a = a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(0,660 - 0,180) \text{ m s}^{-1}}{(1,30 - 0,10) \text{ s}} = 0,400 \text{ m s}^{-2}.$$

Intensidade da resultante das forças:

$$F_{\text{resultante}} = ma = 0,20007 \text{ kg} \times 0,400 \text{ m s}^{-2} = 8,00 \times 10^{-2} \text{ N}.$$

**2.3.** A partir do instante em que o corpo C embate no solo a velocidade do carrinho permanece constante, segue-se que a resultante das forças que nele atua é nula.

Após o embate de C no solo, a força exercida pelo fio anula-se, atuando sobre o carrinho apenas a força gravítica, a força normal e as forças de atrito: a força gravítica e a força normal, perpendiculares ao movimento, anulam-se, portanto a resultante das forças de atrito é nula dado coincidir com a resultante das forças.