

* 1.1. Versão 1 – (a) – (1) eletromagnética; (b) – (3) pode ser atrativa ou repulsiva; (c) – (3) entre cátions e eletrões livres; (d) – (2) metálica.

Versão 2 – (a) – (3) eletromagnética; (b) – (2) pode ser atrativa ou repulsiva; (c) – (1) entre cátions e eletrões livres; (d) – (1) metálica.

Todas as ligações químicas têm origem em interações eletromagnéticas, as quais resultam, fundamentalmente, de interações entre cargas elétricas (positivas dos núcleos dos átomos e negativas dos eletrões que se movem na proximidade dos núcleos). São de atração quando as cargas tiverem sinais contrários e de repulsão quando as cargas tiverem o mesmo sinal.

No caso dos metais, a ligação química, designada ligação metálica, ocorre por partilha de eletrões de valência, mas esta partilha não é localizada entre átomos vizinhos, os eletrões de valência são partilhados por todos os átomos do metal, comportando-se como eletrões livres.

Neste modelo, pode considerar-se o metal como uma rede de iões positivos imersos numa nuvem de eletrões (estes eletrões são livres de se mover ao longo da estrutura metálica).

1.2. Versão 1 – (D); Versão 2 – (C).

O número de átomos, N , de um dado elemento é diretamente proporcional à massa dos átomos desse elemento, m , e inversamente proporcional à sua massa molar, M , e a massa dos átomos do elemento numa amostra de uma mistura é diretamente proporcional à sua percentagem em massa:

$$N = n N_A = \frac{m}{M} N_A ; \quad m(x) = m_{\text{total}} \times \%(m/m)$$

Assim:

$$\begin{aligned} \frac{N(\text{Ag})}{N(\text{Au})} &= \frac{\frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})} \times N_A}{\frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} \times N_A} = \frac{m(\text{Ag})}{m(\text{Au})} \times \frac{M(\text{Au})}{M(\text{Ag})} = \frac{m_{\text{total}} \times \% \left(\frac{m}{m} \right) (\text{Ag})}{m_{\text{total}} \times \% \left(\frac{m}{m} \right) (\text{Au})} \times \frac{M(\text{Au})}{M(\text{Ag})} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{N(\text{Ag})}{N(\text{Au})} &= \frac{0,988}{0,012} \times \frac{196,97}{107,87} = 1,5 \times 10^2 \end{aligned}$$

OU

Na medalha de ouro, as massas de prata e de ouro são:

$$m(\text{Ag}) = \frac{98,8}{100} \times 556 \text{ g} = 549,33 \text{ g} \quad \text{e} \quad m(\text{Au}) = \frac{1,2}{100} \times 556 \text{ g} = 6,67 \text{ g}$$

A partir das massas molares da prata, 107,87 g/mol, e do ouro, 196,97 g/mol, calculam-se os números de átomos de prata e de ouro na medalha:

$$\begin{aligned} \frac{549,33 \text{ g}}{N(\text{Ag})} &= \frac{107,87 \text{ g}}{6,02 \times 10^{23}} \Rightarrow N(\text{Ag}) = 3,066 \times 10^{24} \quad \text{e} \quad \frac{6,67 \text{ g}}{N(\text{Au})} = \frac{196,97 \text{ g}}{6,02 \times 10^{23}} \Rightarrow \\ \Rightarrow N(\text{Au}) &= 2,04 \times 10^{22} \end{aligned}$$

O quociente entre o número de átomos de prata e o número de átomos de ouro é:

$$\frac{N(\text{Ag})}{N(\text{Au})} = \frac{3,066 \times 10^{24}}{2,04 \times 10^{22}} = 1,5 \times 10^2$$

*** 1.3.** A massa molar do cobre-63 é $62,93 \text{ g mol}^{-1}$, logo, a massa deste isótopo na medalha é:

$$m(\text{Cu-63}) = 4,653 \text{ mol} \times 62,93 \text{ g mol}^{-1} = 292,81 \text{ g}$$

Na medalha, a massa de cobre é:

$$m(\text{Cu}) = 0,95 \times 450 \text{ g} = 427,5 \text{ g}$$

Consequentemente, a percentagem em massa de cobre-63 no cobre da medalha é:

$$\%(m/m)(\text{Cu-63}) = \frac{m(\text{Cu-63})}{m(\text{Cu})} \times 100 = \frac{292,81 \text{ g}}{427,5 \text{ g}} \times 100 = 68,5\%$$

*** 2.1.** A potência é o quociente da energia transferida, para aumentar a temperatura da amostra de prata ($E = m c \Delta T$) e para a sua fusão ($E_{\text{fusão}} = m \Delta h_{\text{fusão}}$), pelo intervalo de tempo, Δt , que essa transferência de energia demorou:

$$P = \frac{m c \Delta T + m \Delta h_{\text{fusão}}}{\Delta t} = m \times \left(\frac{c \Delta T + \Delta h_{\text{fusão}}}{\Delta t} \right) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow P = 1,40 \text{ kg} \times \left(\frac{235 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (961,8 - 25,0) ^\circ\text{C} + 105 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}}{600 \text{ s}} \right) = 759 \text{ W}$$

Note-se que $\Delta T = 1 ^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$.

A potência recebida pela amostra de prata foi 759 W .

A potência mínima do forno é a prevista para um rendimento de 100%, ou seja, admitindo que toda a energia fornecida pelo forno é recebida pela amostra de prata, portanto $P_{\text{min}} = 759 \text{ W}$.

*** 2.2.1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (D).**

O número de oxidação do ouro em Au (s) é zero (0).

Quando combinados com outros elementos, os números de oxidação do hidrogénio e do oxigénio são, em geral, +1 e -2, respetivamente.

O cloro é do grupo 17, e quando combinado com outros elementos com menor tendência para atrair para eles um eletrão, como neste caso, pode admitir-se que tem número de oxidação -1, o que permite determinar o número de oxidação do ouro em HAuCl_4 :

$$+1 + \text{n. o. (Au)} + 4 \times (-1) = 0 \Rightarrow \text{n. o. (Au)} = +3$$

Na reação, o número de oxidação do ouro passa de 0 (zero), em Au (s) , para +3, em HAuCl_4 . Aumentando o seu número de oxidação, o ouro oxida-se.

Cálculo do número de oxidação do nitrogénio em HNO_3 :

$$+1 + \text{n. o. (N)} + 3 \times (-2) = 0 \Rightarrow \text{n. o. (N)} = +5$$

Cálculo do número de oxidação do nitrogénio em NO :

$$\text{n. o. (N)} + (-2) = 0 \Rightarrow \text{n. o. (N)} = +2$$

Assim o número de oxidação do nitrogénio, em HNO_3 , diminui de +5 para +2 ao ser originada a espécie NO .

Diminuindo o seu número de oxidação, o nitrogénio reduz-se, logo o HNO_3 atua como oxidante.

*** 2.2.2.** A 60,0 g de ouro corresponde a seguinte quantidade de matéria:

$$n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} = \frac{60,0 \text{ g}}{196,97 \text{ g mol}^{-1}} = 0,3046 \text{ mol}$$

De acordo com a estequiometria da reação, a quantidade mínima de HCl será quatro vezes maior

$$n(\text{HCl}) = 4 \times n(\text{Au}) = 4 \times 0,3046 \text{ mol} = 1,218 \text{ mol}$$

e a esta quantidade corresponde a seguinte massa de HCl :

$$m(\text{HCl}) = 1,218 \text{ mol} \times 36,46 \text{ g mol}^{-1} = 44,41 \text{ g}$$

A massa da solução que contém essa massa de HCl é:

$$m_{\text{solução}} = \frac{m(\text{HCl})}{0,37} = \frac{44,41 \text{ g}}{0,37} = 120,0 \text{ g}$$

O volume de solução é:

$$V_{\text{solução}} = \frac{m_{\text{solução}}}{\rho} = \frac{120,0 \text{ g}}{1,19 \text{ g cm}^{-3}} = 1,0 \times 10^2 \text{ cm}^3$$

*** 2.2.3. Versão 1 – (C); Versão 2 – (B).**

O número de neutrões é a diferença do número de massa (197 – soma dos números de prótons e neutrões) pelo número atômico (79 – número de prótons): $197 - 79 = 118$.

*** 3.1. Versão 1 – (D); Versão 2 – (C).**

Num movimento circular uniforme existe variação da direção da velocidade, portanto, existe aceleração, logo, a resultante das forças não é nula.

Como os atletas se movem lado a lado, a linha que une os seus centros de massa ao centro das circunferências descreve ângulos iguais no mesmo intervalo de tempo. Assim, têm iguais velocidades angulares. Tem maior velocidade o que percorre a pista por fora, porque no mesmo tempo percorre um arco de circunferência maior.

*** 3.2.** Admitindo que o atleta B tem aceleração com o sentido da sua velocidade, no referencial considerado, em unidades de base SI, as equações do movimento dos atletas A e B são:

$$x_A = 10 + 6,5 t$$

$$x_B = 6,5 t + \frac{1}{2} \times 0,10 t^2 = 6,5 t + 0,050 t^2$$

No instante em que o atleta A chega à meta, $x_A = 84 \text{ m}$, decorreu o tempo $t = \frac{84 - 10}{6,5} \text{ s} = 11,4 \text{ s}$.

Neste instante, B está na posição $x_B = (6,5 \times 11,4 + 0,05 \times 11,4^2) \text{ m} = 80,6 \text{ m}$.

Verifica-se que, quando A chega à meta, $x_A > x_B$, consequentemente o atleta A cruzou primeiro a linha de meta, vencendo assim a corrida de treino.

*** 4.1. Versão 1 – (D); Versão 2 – (A).**

Entre os mesmos átomos, uma ligação dupla apresenta uma maior energia de ligação e um menor comprimento de ligação.

À medida que o número de pares de elétrons ligantes aumenta, as forças atrativas são mais intensas e os núcleos dos átomos ligados aproximam-se mais, diminuindo o comprimento de ligação. A ligação fica mais forte e, conseqüentemente, a energia de ligação aumenta.

*** 4.2. Versão 1 – (A); Versão 2 – (D).**

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Fazendo o quociente das concentrações final e inicial de H_3O^+ obtém-se:

$$\frac{10^{-(\text{pH} - 0,5)}}{10^{-\text{pH}}} = 10^{0,5} = 3,16$$

Assim, a concentração de H_3O^+ aumentou cerca de três vezes.

*** 4.3. A quantidade de matéria de NaOH, adicionada até atingir o ponto de equivalência, é:**

$$\begin{aligned} n(\text{NaOH}) &= c(\text{NaOH}) \times V = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \times 11,20 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = \\ &= 1,120 \times 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

No ponto de equivalência da titulação, de acordo com a estequiometria da reação, são iguais as quantidades de hidróxido de sódio, NaOH (aq), e de ácido láctico, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ (aq).

Assim, a concentração de ácido láctico é:

$$c_{\text{ácido láctico}} = [\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]_{\text{inicial}} = \frac{1,120 \times 10^{-4} \text{ mol}}{50,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 2,240 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

Para a constante de acidez tem-se:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_e [\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]_e}{[\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]_e}$$

Pode considerar-se

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_e \simeq [\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]_e$$

$$\text{e } [\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]_e = [\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}]_{\text{inicial}} - [\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-]_e$$

Substituindo valores na constante de acidez

$$1,38 \times 10^{-4} = \frac{([\text{H}_3\text{O}^+]_e)^2}{2,240 \times 10^{-3} - [\text{H}_3\text{O}^+]_e}$$

obtém-se uma equação do 2.º grau:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_e^2 + 1,38 \times 10^{-4} [\text{H}_3\text{O}^+]_e - 3,091 \times 10^{-7} = 0$$

Resolvendo a equação de 2.º grau, a solução positiva (a única com significado físico) é:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_e = 4,912 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

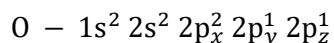
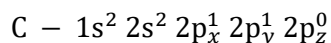
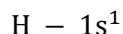
Conseqüentemente, $\text{pH} = -\log (4,912 \times 10^{-4}) = 3,31$.

Sendo o valor de pH calculado diferente do indicado no rótulo, pode concluir-se que aquela indicação está incorreta.

*** 4.4. Versão 1 – (a) – (2)** Tem quatro eletrões de valência; **(b) – (1)** Possui três orbitais totalmente preenchidas; **(c) – (4)** Adquire configuração de gás nobre ao ganhar um eletrão.

Versão 2 – (a) – (5) Adquire configuração de gás nobre ao ganhar um eletrão; **(b) – (2)** Tem quatro eletrões de valência; **(c) – (3)** Possui três orbitais totalmente preenchidas.

No estado fundamental, as configurações eletrónicas podem ser escritas da seguinte forma:



O átomo de carbono tem duas orbitais preenchidas (orbitais com dois eletrões: 1s e 2s) e duas semipreenchidas (orbitais com um eletrão: duas orbitais 2p); no último nível (o nível 2) tem 4 eletrões (dois na orbital 2s e dois nas orbitais 2p).

O oxigénio tem três orbitais preenchidas (orbitais com dois eletrões: 1s, 2s e uma 2p) e duas semipreenchidas (orbitais com um eletrão: duas orbitais 2p); no último nível (o nível 2) tem 6 eletrões (dois na orbital 2s e quatro nas orbitais 2p).

O hidrogénio tem 1 eletrão e se receber outro fica com a configuração eletrónica do hélio (gás nobre).

*** 5. Versão 1 – (A); Versão 2 – (C).**

À temperatura a que o corpo humano está, emite radiação predominantemente na zona do infravermelho.

6.1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (B).

Considerando que a diferença de potencial elétrico é constante, a potência elétrica,

$$P = U I = U \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

é igual ao quociente da energia transferida pelo intervalo de tempo, $P = \frac{E}{\Delta t}$, igualando as expressões e obtém-se uma expressão para intervalo de tempo:

$$\frac{U^2}{R} = \frac{E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{E R}{U^2}$$

*** 6.2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (A).**

Num metal, percorrido por uma corrente elétrica, há um movimento orientado de eletrões do polo negativo para o polo positivo de um gerador.

A corrente elétrica, por definição, tem o sentido do polo positivo para o polo negativo.

*** 7.1.** Considerando desprezável a resistência do ar, após o atleta largar o contacto com o solo, entre os instantes t_1 e t_3 , na subida e na descida, no atleta apenas atua uma força constante, a força gravítica exercida pela Terra, com sentido de cima para baixo.

Assim, após o atleta perder o contacto com o solo, a aceleração do atleta é a aceleração gravítica (constante).

De t_1 a t_2 , a aceleração tem sentido contrário à velocidade, logo, o movimento é uniformemente retardado.

Considerando um referencial unidimensional de sentido de baixo para cima, a componente escalar da aceleração é $-9,8 \text{ m s}^{-2}$.

Na altura máxima, após decorrerem $0,15 \text{ s}$ de largar o solo, a velocidade anula-se:

$$v = v_0 + a \times t \Leftrightarrow 0 = v_0 - 9,8 \text{ m s}^{-2} \times 0,15 \text{ s} \Rightarrow v_0 = 1,47 \text{ m s}^{-1}$$

Admitindo que no intervalo de tempo entre t_0 e t_1 ($0,20 \text{ s}$), a velocidade do centro de massa do atleta aumentou de 0 m s^{-1} para $1,47 \text{ m s}^{-1}$ (Nota 1), o módulo da sua aceleração média, a_m , nesse intervalo de tempo foi:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(1,47 - 0) \text{ m s}^{-1}}{0,20 \text{ s}} = 7,35 \text{ m s}^{-2}$$

Em contacto com a superfície, entre os instantes t_0 e t_1 , no atleta atuam duas forças de direção vertical e de sentidos opostos: a força normal exercida pelo solo, $\vec{N}$, de baixo para cima, e a força gravítica exercida pela Terra, $\vec{P}$, de cima para baixo.

No instante t_0 , com o atleta em repouso, a força normal e a força gravítica têm igual intensidade.

De seguida, a intensidade da força normal irá aumentar, o atleta sairá do repouso e irá mover-se no sentido ascendente, logo, $|\vec{N}| = N > P = |\vec{P}|$:

$$F_{\text{resultante}} = N - P \Leftrightarrow m \times a_{\text{média}} = N_{\text{média}} - m \times g \Leftrightarrow N_{\text{média}} = m \times a_{\text{média}} + m \times g$$

Admitindo que a aceleração média determinada é válida neste intervalo de tempo, tem-se:

$$N_{\text{média}} = m \times (a_{\text{média}} + g) = 70 \text{ kg} \times (7,35 \text{ m s}^{-2} + 9,8 \text{ m s}^{-2}) = 1,2 \times 10^3 \text{ N}$$

Nota 1: Uma partícula não pode ter aceleração durante um certo intervalo de tempo e ficar imóvel. A situação descrita pode ser analisada considerando-se o corpo do atleta como um sistema físico deformável, com o seu centro de massa em movimento apesar de haver ainda contacto de parte do corpo com o solo.

7.2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (B).

O trabalho realizado é diretamente proporcional ao deslocamento. Na subida, a força gravítica tem o sentido contrário do deslocamento, pelo que o trabalho realizado é negativo.

7.3. Versão 1 – (B); Versão 2 – (D).

A atmosfera da Lua é tão fina que se pode considerar um vácuo para efeitos do movimento de salto de um astronauta. Assim, no salto do astronauta na Lua, após perder o contacto com o solo, apenas atua a força gravítica da Lua.

A força de resistência do ar depende de características do corpo (tamanho e forma), características do ar atmosférico e da velocidade com que o corpo se move. Não conhecendo estes dados, para

comparar a altura do salto na Terra com a do salto na Lua, pode supor-se a situação de resistência de ar desprezável na Terra, isto é, apenas se considera o movimento de um grave (corpo sobre o qual atua apenas a força gravítica).

Sendo iguais as velocidades de «abandono» dos solos lunar e terrestre, e como na altura máxima a velocidade é nula, a variação de energia cinética do astronauta é igual nas duas situações e, consequentemente, também são iguais os trabalhos das forças gravíticas. Dado que a intensidade da força gravítica na Lua é aproximadamente $1/6$ da na Terra, a altura máxima na Lua será cerca de seis vezes maior do que na Terra.

*** 8.1.** Para medir a velocidade de propagação do som no ar, suposta constante, é necessário primeiro medir uma distância, d , que pode ser a distância entre os dois alunos, e depois medir o intervalo de tempo, Δt , que um impulso sonoro demora a percorrer essa distância.

O módulo da velocidade de propagação do som é o quociente da distância pelo intervalo de tempo:

$$v_{\text{som}} = \frac{d}{\Delta t}$$

A fita métrica permite medir uma distância, o cronómetro permite medir um intervalo de tempo, o apito pode emitir um som e a lanterna pode emitir luz.

Os alunos usam a fita métrica para medir a distância a que se colocam.

Algumas hipóteses de distribuição dos restantes equipamentos seriam possíveis e alternativas.

Uma hipótese seria o aluno A ter o apito e a lanterna e o aluno B ter o cronómetro.

A aluno A emite um apito e, simultaneamente, liga a lanterna, apontada para o aluno B.

O aluno B, assim que vê a lanterna acender, aciona o cronómetro e para-o quando ouve o som do apito, medindo assim um intervalo Δt .

Como a velocidade da luz é muito maior do que a velocidade do som, o intervalo de tempo que esta demora a percorrer a distância definida é desprezável em relação ao intervalo de tempo necessário para a propagação do som. Assim, pode admitir-se nulo o intervalo de tempo entre o instante em que a luz surge na lanterna de um aluno e o instante em que é visualizada pelo outro aluno.

Assim, o intervalo de tempo medido corresponderá ao tempo que o som demorou a propagar-se de A para B. De seguida, calculam a velocidade de propagação do som.

Nota 2: De acordo com a proposta, para minimizar erros experimentais, os dois alunos, A e B, estariam suficientemente afastados numa zona plana e livre de obstáculos. Todavia, com o procedimento possível obter-se-iam sempre erros significativos.

Como diminui a intensidade do som num local com a distância a que está da fonte emissora, há um limite para a distância definida na experiência, pois o som pode tornar-se inaudível para distâncias maiores. Contudo, mesmo para uma distância de centenas de metros, e tendo em consideração a medida possível com uma fita métrica, haveria erros relevantes nessa medição. Há ainda que contar com os tempos de reação, quer de apitar e de ligar a lanterna (que só por acaso ocorre em simultâneo) quer de acionar e de parar o cronómetro.

*** 8.2. Versão 1 – (A); Versão 2 – (D).**

O som no ar é uma onda que se propaga por compressões e descompressões de camadas de ar na direção de propagação da onda sonora. Assim, é uma onda mecânica longitudinal.

*** 9.1.** De acordo com a descrição do enunciado, uma diminuição da temperatura do sistema favorece o sentido direto da reação, ou seja, o da formação de iões $[\text{FeSCN}]^{2+}$ (aq).

De acordo com o Princípio de Le Châtelier, o sistema evolui no sentido em que contraria a perturbação a que foi sujeito. Assim, se ocorreu diminuição de temperatura, prevê-se que o sistema evolua no sentido em que liberta energia, que é o que contraria a diminuição de temperatura, e, portanto, o da reação exotérmica. Neste caso, este é o sentido direto.

Então, como a evolução ocorre no sentido direto, o da reação exotérmica, há libertação de energia, e, por definição, a esta situação corresponde uma variação de entalpia negativa (o sistema diminui a sua energia).

*** 9.2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (A).**

Na solução, há um sistema químico num processo reversível, em equilíbrio químico. Assim, todas as espécies, Fe^{3+} (aq), SCN^- (aq) e $[\text{FeSCN}]^{2+}$ (aq) se encontram presentes.

A adição de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ origina iões Fe^{3+} (aq), consequentemente, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, a adição de um reagente conduzirá o sistema a evoluir no sentido direto, aumentando desta forma a intensidade da cor vermelha.

A adição de NaOH origina OH^- (aq) que por reação com Fe^{3+} (aq) precipita na forma $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (s), uma vez que este sal é pouco solúvel, conduzindo assim à diminuição da concentração de Fe^{3+} (aq).

De acordo com o Princípio de Le Châtelier, a remoção de um reagente levará o sistema a evoluir no sentido da formação de reagentes, ou seja, no sentido inverso, diminuindo a intensidade da cor vermelha.