



*Associação Portuguesa de
Professores de Física e de Química*

Proposta de resolução

Exame Final Nacional do Ensino Secundário

Prova de Física e Química A – 715

11.º ano de escolaridade

2.ª fase

18 de julho de 2024

Resolução comentada e explicada, dedicada a todos os alunos que se preparam para o exame.

Nos itens de seleção é aqui apresentada a opção referente à versão 1.

Índice

<u>ITEM 1.</u>	<u>2</u>
1.1.	3
1.2.	3
1.3.	3
1.4.	3
1.4.1.	3
1.4.2.	3
<u>ITEM 2.</u>	<u>3</u>
2.1.	3
2.2.	3
<u>ITEM 3.</u>	<u>3</u>
3.1.	3
3.2.	3
3.3.	3
<u>ITEM 4.</u>	<u>3</u>
4.1.	3
4.2.	4
4.3.	4
4.4.	4
<u>ITEM 5.</u>	<u>4</u>
5.1.	4
5.1.1.	4
5.1.2.	4
5.2.	4
5.3.	4
5.3.1.	4
5.3.2.	4
<u>ITEM 6.</u>	<u>4</u>
6.1.	4
6.2.	4
6.3.	4
6.4.	4

Item 1.**1.1.**

Opção (D) “maior comprimento de onda e menor energia por fotão”	A energia e, portanto, a frequência da radiação visível é superior à energia da radiação infravermelha (IV). Sendo a velocidade da radiação eletromagnética no vácuo uma constante, o comprimento de onda das radiações (λ) é inversamente proporcional à sua frequência. Ou seja, as radiações visíveis têm λ inferiores às das radiações IV. Uma vez que o telescópio JWST opera, essencialmente, na região do IV, ele detetará radiações de maior comprimento de onda, mas menor energia por fotão que o telescópio espacial Hubble, que opera na região do visível.
---	---

1.2.

(a) – (2); (b) – (1) (c) – (3) (d) – (1)	<p>Se a função do escudo solar é impedir que a luz proveniente do Sol, Terra e Lua atinjam alguns dos equipamentos do JWST, o escudo deverá refletir a energia que lhe é transferida por estes astros por radiação.</p> <p>Dos hidrocarbonetos apresentados na coluna c), apenas C_2H_6 é saturado (etano) pois só possui ligações covalentes simples [o C_2H_4 possui uma ligação covalente dupla e o C_2H_2 uma ligação covalente tripla entre os átomos de carbono].</p> <p>Das espécies apresentadas na coluna d), apenas o metano, CH_4, possui moléculas apolares, característica comum a todos os hidrocarbonetos devido à baixa polaridade da ligação carbono-hidrogénio e, no caso do metano, como consequência da sua geometria tetraédrica.</p>
---	--

1.3.

Opção (B) “a diminuição ... $U \times I^{\square}$ ”	Os painéis fotovoltaicos do JWST são geradores de corrente contínua. A potência gerada por esses painéis aumenta com a diminuição do ângulo entre os raios luminosos incidentes e a normal ao plano do painel, atingindo o valor máximo quando os raios incidentes são perpendiculares ao plano do painel,
--	---

correspondendo ao aumento da irradiância sobre a sua superfície (recordar atividade laboratorial, Física 10.º Ano). A potência elétrica gerada pelos painéis, que corresponde à sua potência útil, é calculada pela expressão $P = U \times I$, sendo U a diferença de potencial elétrico aos terminais do painel e I a corrente elétrica que o percorre.

1.4.

1.4.1.

Se os espelhos têm igual área e igual espessura da camada metálica, os átomos que fazem o seu revestimento distribuem-se, necessariamente, pelo mesmo volume $V_{\text{Au}} = V_{\text{Al}} = V$.

Sendo

$$M(\text{Au}) = 196,97 \text{ g mol}^{-1}; \quad M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g mol}^{-1};$$

$$\rho(\text{Au}) = 19,3 \text{ g cm}^{-3}; \quad \rho(\text{Al}) = 2,7 \text{ g cm}^{-3}$$

Como $\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho \times V$ e $n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{\rho \times V}{M}$, podemos escrever:

$$\frac{N(\text{Au})}{N(\text{Al})} = \frac{n(\text{Au}) \times N_A}{n(\text{Al}) \times N_A} = \frac{\frac{\rho(\text{Au}) \times V}{M(\text{Au})}}{\frac{\rho(\text{Al}) \times V}{M(\text{Al})}} = \frac{\rho(\text{Au}) \times M(\text{Al})}{\rho(\text{Al}) \times M(\text{Au})} = \frac{19,3 \times 26,98}{2,7 \times 196,97} \approx 1$$

Ou seja: $N(\text{Au}) = N(\text{Al})$

1.4.2.

Opção (A)

“redutor, e o seu número de oxidação aumenta”

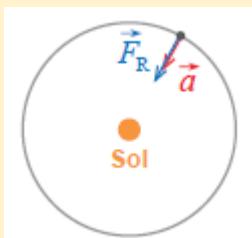
Na equação química apresentada o número de oxidação (n.o.) do alumínio passa de 0, em $\text{Al}(s)$, para +3, em $\text{Al}_2\text{O}_3(s)$. Ou seja $\Delta \text{n.o.} = +3 - 0 = +3$. O alumínio sofre uma oxidação, por perda de eletrões e, consequente, com o aumento do seu n.o.

O alumínio é, pois, um redutor (ou agente redutor).

Item 2.

2.1.

Opção (A)



O JWST executa o seu movimento de translação segundo uma trajetória circular e com módulo da velocidade constante (movimento circular e uniforme) pelo que, a resultante das forças sobre ele aplicadas é perpendicular à velocidade em cada ponto.

Tal fará com que a direção da força resultante assuma, em cada ponto, a direção radial e o sentido centrípeto (aponta para o centro da trajetória).

Pela Lei Fundamental da Dinâmica, e dado que a massa é sempre um escalar positivo, a direção e o sentido da aceleração são sempre iguais à direção e ao sentido da resultante das forças que lhe deu origem.

2.2.

O telescópio JWST encontra-se sob a ação da força gravítica exercida pelo Sol (36,03 N) e da força gravítica exercida pela Terra, cuja magnitude poderá ser calculada pela Lei da Gravitação Universal:

$$F_g = G \frac{m_{\text{JWST}} \times m_{\text{Terra}}}{d_{\text{JWST-Terra}}^2}$$

$$F_g = 6,67 \times 10^{-11} \frac{6200 \times 5,97 \times 10^{24}}{(1,50 \times 10^9)^2}$$

$$F_g = 1,097 \text{ N}$$

Dado que a força gravítica exercida pelo Sol e a força gravítica exercida pela Terra no telescópio JWST têm, a cada instante, a mesma direção e sentido, produzirão uma força resultante F_r de magnitude $36,03 \text{ N} + 1,097 \text{ N} = 37,13 \text{ N}$

Aplicando-se a Lei fundamental da Dinâmica e dado que se trata de um movimento circular e uniforme

$$F_r = m \times a_c$$

$$F_r = m \times \frac{v^2}{r}$$

$$F_r = m \times \frac{(r \times \omega)^2}{r}$$

$$F_r = m \times r \times \omega^2$$

$$F_r = m \times r \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

$$F_r = m \times r \times \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$T^2 = m \times r \times \frac{4\pi^2}{F_r}$$

$$T = \sqrt{6200 \times (1,496 \times 10^{11} + 1,50 \times 10^9) \times \frac{4\pi^2}{37,13}}$$

$$T = 6200 \times (1,496 \times 10^{11} + 1,50 \times 10^9) \times \frac{4\pi^2}{37,13}$$

$$T = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$$

$$T = \frac{3,156 \times 10^7}{24 \times 60 \times 60}$$

$$T = 365,3 \text{ dias}$$

Antecipadamente se conclui que teria de ser este valor obtido pois, como é dito no enunciado, a localização especial do JWST “permite que o telescópio acompanhe a Terra no seu movimento de translação”. Assim, se o período orbital da Terra em torno do Sol é de 365 dias, igual valor terá o período de translação do JWST.

Item 3.

3.1.

Opção (B)

Dados fornecidos:

$$\begin{aligned} N &= 20\,000 \text{ espiras}; \\ A_{\text{espira}} &= 1,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2; \\ \Delta B &= 1,0 \text{ T} \\ \Delta t &= 1,0 \text{ ms} \end{aligned}$$

Aplicando a Lei de Faraday podemos calcular o módulo da força eletromotriz induzida, ε_i :

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

onde $\Delta\Phi$ corresponde à variação do fluxo magnético e Δt o intervalo de tempo durante o qual este ocorre.

- Cálculo do módulo da variação do fluxo magnético ($|\Delta\Phi|$) total da bobina

$$|\Delta\Phi| = N \times |\Delta B| \times A_{\text{espira}} \times \cos 0^\circ$$

N = número de espiras da bobina;

$|\Delta B|$ = módulo da variação do módulo do campo magnético

A_{espira} = área da espira.

$$|\Delta\Phi| = 20\,000 \times 1,0 \times 1,25 \times 10^{-3}$$

$$|\Delta\Phi| = 25 \text{ Wb}$$

- Cálculo do módulo da força eletromotriz induzida, ε_i :

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$|\varepsilon_i| = \frac{25}{1 \times 10^{-3}}$$

$$|\varepsilon_i| = 2,5 \times 10^4 \text{ V}$$

Se o número de espiras, N , aumentar, o módulo da força eletromotriz induzida também aumentará, pois o módulo da força eletromotriz induzida é diretamente proporcional ao módulo da variação do fluxo magnético na bobina que, por sua vez, é diretamente proporcional ao número de espiras.

3.2.

Opção (D) $1,25 \times 10^{-2} \Omega$	<p>Sendo $U = 9,00 \text{ V}$; $I = 40,0 \text{ A}$; $\varepsilon = 12,00 \text{ V}$</p> <p>Dado que a diferença de potencial total da associação das seis células em série é de $9,00 \text{ V}$, podemos obter a diferença de potencial elétrico para uma única célula:</p> $U_{\text{Total}} = 6 * U_{\text{celula}} \Leftrightarrow U_{\text{celula}} = 9,00 / 6 = 1,50 \text{ V},$ <p>conduzindo a:</p> $U = \varepsilon - r_i \times I \Rightarrow 1,50 = 2,00 - r_i \times 40 \Leftrightarrow r_i = 0,0125 \Omega$ <p>para o valor da resistência interna da célula 1 (ou qualquer outra destas células).</p>
--	--

3.3.

A energia térmica fornecida pela resistência de imersão é dada por:

$$E = P \times \Delta t$$

sendo E a energia fornecida pela potência, P , da resistência de imersão durante o intervalo de tempo Δt durante o qual a resistência está a funcionar.

Esta energia é absorvida pelo líquido tendo como consequência o aumento da sua temperatura, $\Delta\theta$. A expressão que relaciona a energia envolvida nessa variação de temperatura é

$$E = m \times c \times \Delta\theta$$

onde m representa a massa do líquido, c a sua capacidade térmica mássica.

Considerando o sistema isolado, a igualdade das duas expressões conduz a

$$P \times \Delta t = m \times c \times \Delta\theta \Leftrightarrow$$

$$c = \frac{P \times \Delta t}{m \times \Delta\theta}$$

A massa m e a potência P são constantes, por serem iguais para ambos os líquidos e nos dois ensaios efetuados.

A temperatura a que se encontram inicialmente os dois líquidos são iguais, pelo que bastará medir a temperatura final em ambos os líquidos para avaliar a sua variação de temperatura, $\Delta\theta$.

Assim,

para um mesmo tempo de aquecimento, a capacidade térmica mássica é inversamente proporcional à temperatura final atingida pelo líquido

OU

para a mesma temperatura final atingida por ambos os líquidos, a capacidade térmica mássica é diretamente proporcional ao tempo necessário para que essa temperatura ser atingida.

Possíveis procedimentos experimentais seriam:

- preparar as duas amostras idênticas de líquidos diferentes, com massas iguais e à mesma temperatura inicial;
- colocar a resistência totalmente imersa no primeiro líquido e ligar, iniciando o cronómetro simultaneamente;
- monitorizar a temperatura do líquido utilizando o termómetro e:

PROCEDIMENTO 1

- medir o tempo decorrido até que a temperatura do líquido atingir um determinado valor; repetir o procedimento para o segundo líquido, mantendo as condições experimentais constantes.

OU

PROCEDIMENTO 2

- medir a temperatura atingida pelo líquido para um determinado tempo de aquecimento; repetir o procedimento para o segundo líquido, mantendo as condições experimentais constantes.

Para um mesmo tempo de aquecimento, o líquido mais adequado seria o de maior capacidade térmica mássica que corresponderia ao de menor temperatura final atingida (no caso do procedimento 1) ou ao de maior tempo necessário para o aquecimento (no caso do procedimento 2).

Item 4.**4.1.**

Dados fornecidos:

$$m_{\text{automóvel}} = 1000 \text{ kg}$$

Pela análise do gráfico, nos primeiros 6,0 s de movimento, a sua velocidade aumenta 6,0 s ($\Delta t = 6,0 \text{ s}$)

$$\eta = 90\%$$

- Cálculo da variação da energia cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} m \times (v_f^2 - v_i^2) \Leftrightarrow$$

$$E_c = \frac{1}{2} \times 1000 \times (12^2 - 0^2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow E_c = 7,20 \times 10^4 \text{ J}$$

- Cálculo da energia fornecida pelo automóvel:

$$\eta = \frac{E_u}{E_f} \times 100 \Leftrightarrow$$

$$90 = \frac{7,20 \times 10^4}{E_f} \times 100 \Leftrightarrow$$

$$E_f = 8,0 \times 10^4 \text{ J}$$

4.2.

Durante os seis primeiros segundos do movimento, a moto deslocou-se com movimento uniforme e, à taxa de 10 m s^{-1} , percorrerá 60 m ($6 \text{ s} \times 10 \text{ m s}^{-1} = 60 \text{ m}$).

No mesmo intervalo de tempo, o automóvel deslocar-se-á com um movimento retilíneo uniformemente acelerado e o valor da distância por ele percorrida pode ser obtido pela área delineada pelo gráfico $v(t)$ com o eixo das abcissas, $\frac{12 \times 6,0}{2} = 36 \text{ m}$.

A partir dos 6,0 s, instante em que a moto se encontra a 60 m e o carro a 36 m do semáforo, ambos se encontram com movimento retilíneo e uniforme, sendo o automóvel (12 m s^{-1}) mais rápido do que a moto (10 m s^{-1}).

Quando se cruzarem terão a mesma posição em relação à origem, o que acontecerá num instante t contado a partir dos seis segundos iniciais, que pode ser obtido por:

$$x_{\text{automóvel}} = x_{\text{moto}}$$

$$36 + 12 \times t = 60 + 10 \times t$$

$$12 \times t - 10 \times t = 60 - 36$$

$$2 \times t = 24$$

$$t = 12 \text{ s}$$

onde o automóvel e a moto se encontrarão a 180 m do semáforo:

$$x_{\text{automóvel}} = 36 + 12 \times 12$$

$$x_{\text{automóvel}} = 180 \text{ m}$$

Ou

$$x_{\text{moto}} = 60 + 10 \times 12$$

$$x_{\text{moto}} = 180 \text{ m}$$

4.3.

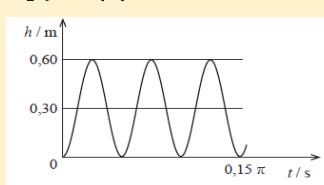
Opção (C)

“antes dos 6,0 s, tendo os dois veículos diferente energia cinética”

Como o automóvel parte do repouso e aumenta uniformemente a sua velocidade em magnitude até atingir os 12 m s^{-1} (no instante $t=6 \text{ s}$) e a moto se desloca sempre com uma velocidade de magnitude 10 m s^{-1} , os dois veículos encontram-se à mesma velocidade quando ambos estiverem com a velocidade de magnitude 10 m s^{-1} , o que terá de ocorrer necessariamente antes de $t=6 \text{ s}$.

Nesse instante, apesar de apresentarem velocidade de igual magnitude, a energia cinética, $E_c = \frac{1}{2}m v^2$ do automóvel será maior, dado que as suas energias cinéticas serão, neste caso, diretamente proporcionais às suas massas. Assim sendo, os dois veículos terão diferente energia cinética.

4.4.

Opção (C)


Dados fornecidos:

$$v = 12 \text{ m s}^{-1}$$

$$r = 30 \text{ cm}$$

- Cálculo do período:

Pela expressão $v = \omega \times r$, é calculada a velocidade angular, ω :

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{12}{30 \times 10^{-2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \omega = 40 \text{ rad s}^{-1}$$

Calculando o valor do período:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow$$

$$T = \frac{2\pi}{40} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow T = 0,05\pi \text{ s}$$

- Cálculo da altura, h :

Quando o ponto X está na parte superior da roda, a altura em relação ao solo é $r + r = 2r$

A altura máxima, h , será:

$$h_{\text{máxima}} = 2 \times 0,30 \text{ m} = 0,60 \text{ m}$$

Item 5.

5.1.

5.1.1.

Opção (A)

“N⁺, tendo cada ião dois eletrões desemparelhados”

A energia de ionização do nitrogénio (N) isolado e em fase gasosa é a energia mínima necessária para que, a partir de uma mole de átomos no estado fundamental, se forme uma mole de iões positivos (N⁺).

Um átomo de nitrogénio no estado fundamental tem a configuração eletrónica 1s²2s²2p³, tendo três eletrões desemparelhados na subcamada 2p.

Removendo um eletrão, forma-se o ião N⁺, com a configuração 1s²2s²2p², onde possui dois eletrões desemparelhados.

5.1.2.

Opção (D)

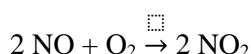
“menor e que o seu raio atómico é maior”.

O nitrogénio tem número atómico 7, o que significa que possui 7 protões no seu núcleo. O oxigénio tem número atómico 8, o que significa que possui 8 protões no seu núcleo. Portanto, a carga nuclear do nitrogénio é menor do que a do oxigénio.

Como o nível de valência é o mesmo, devido à carga nuclear menor do nitrogénio (7 protões) em comparação com a do oxigénio (8 protões), a atração dos eletrões de valência pelo núcleo é menor no nitrogénio. Com esta consideração, podemos verificar que o raio atómico do nitrogénio é maior do que o do oxigénio.

5.2.

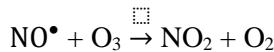
O gás monóxido de nitrogénio (NO), proveniente dos escapes dos automóveis, oxida-se facilmente na troposfera para formar dióxido de nitrogénio (NO₂), conforme a equação química:



Na estratosfera, onde a energia da radiação UV é suficiente para provocar a reação de fotodissociação da molécula de NO₂, formam-se dois radicais livres, o monóxido de oxigénio (NO[•]), e o oxigénio atómico (O[•]):



O radical monóxido de nitrogénio pode então reagir com o ozono estratosférico (O_3), resultando na formação de dióxido de nitrogénio (NO_2) e no dioxigénio (O_2):



Este ciclo de destruição do ozono é contínuo porque o NO_2 regenerado pode ser novamente fotodissociado, permitindo que uma única molécula de NO , originária dos escapes automóveis, contribua para a destruição de várias moléculas de ozono. Assim, o NO_2 participa continuamente no processo de degradação do ozono estratosférico.

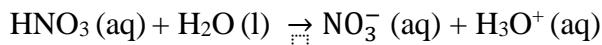
5.3.

5.3.1.

Dados fornecidos:

- $pH_{HNO_3} = 1,00$
- $pH_{HNO_2} = 2,16$
- $[HNO_3]_{\text{inicial}} = [HNO_2]_{\text{inicial}}$

- Determinação da concentração da solução do ácido nítrico (HNO_3):



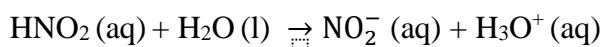
Assim, determinando a $[H_3O^+]$ no HNO_3 :

$$\begin{aligned} pH &= -\log [H_3O^+]_e \Leftrightarrow \\ [H_3O^+] &= 10^{-pH} \Leftrightarrow \\ [H_3O^+] &= 10^{-1,00} \Leftrightarrow \\ [H_3O^+] &= 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3} \end{aligned}$$

Como o HNO_3 é um ácido forte, a sua ionização é praticamente completa.

$$\begin{aligned} [HNO_3]_{\text{inicial}} &\approx [H_3O^+] \\ [HNO_3]_{\text{inicial}} &= 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3} \end{aligned}$$

- Determinação da concentração da solução de ácido nitroso (HNO_2):



Como o HNO_2 é um ácido fraco, não se ioniza completamente, estando em equilíbrio:

$$[HNO_2]_e = [HNO_2]_{\text{inicial}} - [H_3O^+]_e$$

$$\begin{aligned} \text{Calculando } pH &= -\log [H_3O^+]_e \Leftrightarrow \\ [H_3O^+]_e &= 10^{-pH} \Leftrightarrow \\ [H_3O^+]_e &= 10^{-2,16} \Leftrightarrow \\ [H_3O^+]_e &= 6,918 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \end{aligned}$$

Sabendo que $[HNO_3]_{\text{inicial}} = [HNO_2]_{\text{inicial}}$, então

$$[HNO_2]_e = 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[HNO_2]_e = [HNO_2]_{\text{inicial}} - [H_3O^+]_e \Leftrightarrow$$

$$[HNO_2]_e = 1,000 \times 10^{-1} - 6,918 \times 10^{-3} \Leftrightarrow$$

$$[HNO_2]_e = 9,308 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da constante de acidez, K_a , do HNO_2 :

No equilíbrio: $[HNO_2]_e = [H_3O^+]_e$

$$K_a = \frac{[HNO_2]_e \times [H_3O^+]_e}{[HNO_2]_e} \Leftrightarrow$$

$$K_a = \frac{(6,918 \times 10^{-3})^2}{9,308 \times 10^{-2}} \Leftrightarrow$$

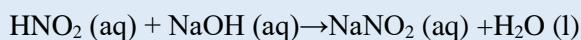
$$K_a = 5,1 \times 10^{-4}$$

5.3.2.

Opção (C)

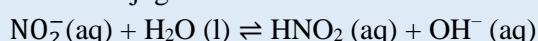
A reação de neutralização do ácido forte (HNO_3) e da base forte ($NaOH$) é:
 $HNO_3 \text{ (aq)} + NaOH \text{ (aq)} \rightarrow NaNO_3 \text{ (aq)} + H_2O \text{ (l)}$

A reação de neutralização do ácido fraco (HNO_2) e da base forte ($NaOH$) é:



Como as soluções de HNO_3 e HNO_2 possuem a mesma concentração e volume, a quantidade de ácido em cada solução será a mesma. Consequentemente, o volume de $NaOH$ necessário para atingir o ponto de equivalência será igual para ambas as soluções.

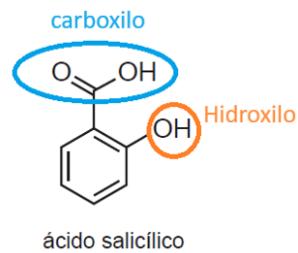
Relativamente ao pH do ponto de equivalência, para a titulação com o HNO_2 (ácido fraco), este será maior que 7, pois o anião resultante (NO_2^-) é a base conjugada de um ácido fraco e irá hidrolisar, aumentando o pH:



Item 6.

6.1.

Opção (A)



6.2.

A, D, E, C, B

- 1º: A. Juntar o anidrido acético ao ácido salicílico;
- 2º: D. Adicionar o catalisador e agitar;
- 3º: E. Filtrar a vácuo os cristais obtidos;
- 4º: C. Secar os cristais de ácido acetilsalicílico;
- 5º: B. Medir a massa dos cristais de ácido acetilsalicílico.

6.3.

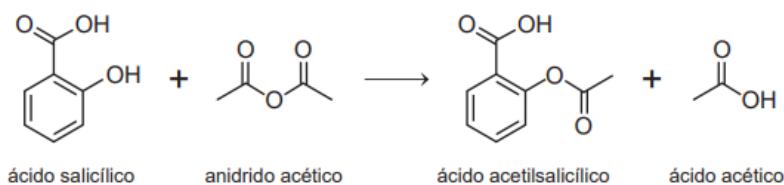
Opção (B)

$$E_A(\%) = \frac{M_{C_9H_8O_4}}{M_{C_7H_6O_3} + M_{C_4H_6O_3}} \times 100 \Leftrightarrow$$

$$E_A(\%) = \frac{180,17}{138,13 + 102,10} \times 100 \Leftrightarrow$$

$$E_A(\%) = 75\%$$

6.4. A síntese do ácido acetilsalicílico é traduzida pela equação:



Os dados fornecidos são os seguintes:

- $M_{C_7H_6O_3} = 138,13 \text{ g mol}^{-1}$
- $M_{C_4H_6O_3} = 102,10 \text{ g mol}^{-1}$
- $M_{C_9H_8O_4} = 180,17 \text{ g mol}^{-1}$
- $\rho_{C_4H_6O_3} = 1,08 \text{ g cm}^{-3}$
- $m_{C_7H_6O_3} = 2,02 \text{ g}$
- $V_{C_4H_6O_3} = 5,00 \text{ cm}^3$
- $m_{\text{obtida } C_9H_8O_4} = 1,83 \text{ g}$

- Cálculo da quantidade de ácido salicílico e de anidrido acético:

- a quantidade de ácido salicílico pode ser calculada pela expressão:

$$n_{C_7H_6O_3} = \frac{m}{M} \Leftrightarrow$$

$$n_{C_7H_6O_3} = \frac{2,02 \text{ g}}{138,13 \text{ g mol}^{-1}} \Leftrightarrow$$

$$n_{C_7H_6O_3} = 1,462 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- para calcular a quantidade de anidrido acético é necessário primeiro calcular a sua massa:

$$\rho_{C_4H_6O_3} = \frac{m}{V} \Leftrightarrow$$

$$m_{C_4H_6O_3} = \rho \times V \Leftrightarrow$$

$$m_{C_4H_6O_3} = 1,08 \text{ g cm}^{-3} \times 5,00 \text{ cm}^3 \Leftrightarrow$$

$$m_{C_4H_6O_3} = 5,40 \text{ g}$$

$$n_{C_4H_6O_3} = \frac{5,40 \text{ g}}{102,10 \text{ g mol}^{-1}} \Leftrightarrow$$

$$n_{C_4H_6O_3} = 5,289 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Identificação do reagente limitante:

A relação estequiométrica na reação entre o ácido salicílico e o anidrido acético é 1:1.

Comparando as quantidades disponíveis:

$$1,462 \times 10^{-2} \text{ mol de } C_7H_6O_3 < 5,289 \times 10^{-2} \text{ mol de } C_4H_6O_3$$

Portanto, o ácido salicílico é o reagente limitante.

- Calcular o rendimento da reação de síntese do ácido acetilsalicílico:

A reação produz 1 mol de ácido acetilsalicílico para cada 1 mol de ácido salicílico. Assim, a quantidade prevista de ácido acetilsalicílico será $1,462 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

Calculando a massa prevista de ácido acetilsalicílico:

$$m_{\text{prevista } C_9H_8O_4} = 1,462 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 180,17 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m_{\text{prevista } C_9H_8O_4} = 2,6341 \text{ g}$$

O rendimento da reação de síntese do ácido acetilsalicílico é:

$$\eta = \frac{m_{\text{obtida}}}{m_{\text{prevista}}} \times 100 \Leftrightarrow$$

$$\eta = \frac{1,83}{2,6341} \times 100 \Leftrightarrow$$

$$\eta = 69,5\%$$