



## **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

<b>ITEM 1.</b>	<b>2</b>
1.1.	3
1.2.	3
1.3.	3
1.4.	3
1.4.1.	3
1.4.2.	3
<b>ITEM 2.</b>	<b>3</b>
2.1.	3
2.2.	3
<b>ITEM 3.</b>	<b>3</b>
3.1.	3
3.2.	3
3.3.	3
<b>ITEM 4.</b>	<b>3</b>
4.1.	3
4.2.	4
4.3.	4
4.4.	4
<b>ITEM 5.</b>	<b>4</b>
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
<b>ITEM 6.</b>	<b>4</b>
6.1.	4
6.2.	4
6.3.	4
6.4.	4

**Item 1.**
**1.1.**

<b>Opção (D)</b> “maior comprimento de onda e menor energia por fóton”	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 ( $\lambda$ ) é inversamente proporcional à sua frequência. Ou seja, as radiações visíveis têm $\lambda$ inferiores aos 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 fóton que o telescópio espacial Hubble, que opera na região do visível.
---	--

**1.2.**

(a) – (2); (b) – (1) (c) – (3) (d) – (1)	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 <b>refletir</b> a energia que lhe é transferida por estes astros por <b>radiação</b> . Dos hidrocarbonetos apresentados na coluna c), apenas $C_2H_6$ é <b>saturado</b> (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]. Das espécies apresentadas na coluna d), apenas o metano, $CH_4$ , possui moléculas <b>apolares</b> , 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.
---	--

**1.3.**

<b>Opção (B)</b> “a diminuição ... $U \times I$ ”	Os painéis fotovoltaicos do JWST são geradores de corrente contínua. A potência gerada por esses painéis aumenta com a <b>diminuição</b> 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  $V_{Au} = V_{Al} = V$ .

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)

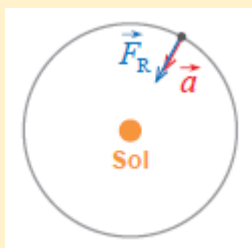
“redutor, e o seu número de oxidação aumenta”

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

$$N = 20\,000 \text{ espiras};$$

$$A_{\text{espira}} = 1,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2;$$

$$\Delta B = 1,0 \text{ T}$$

$$\Delta t = 1,0 \text{ ms}$$

Aplicando a Lei de Faraday podemos calcular o módulo da força eletromotriz induzida,  $\varepsilon_i$ :

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

onde  $\Delta\Phi$  corresponde à variação do fluxo magnético e  $\Delta t$  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

$A_{\text{espira}}$  = 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,  $\varepsilon_i$ :

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

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

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

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)**  
 $1,25 \times 10^{-2} \Omega$

Sendo  $U = 9,00 \text{ V}$ ;  $I = 40,0 \text{ A}$ ;  $\varepsilon = 12,00 \text{ V}$

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:

$$U_{\text{Total}} = 6 * U_{\text{célula}} \Leftrightarrow U_{\text{célula}} = 9,00 / 6 = 1,50 \text{ V, conduzindo a:}$$

$$U = \varepsilon - r_i \times I \Rightarrow 1,50 = 2,00 - r_i \times 40 \Leftrightarrow r_i = 0,0125 \Omega$$

para o valor da resistência interna da célula 1 (ou qualquer outra destas células).

### 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  $\Delta t$  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  $10 \text{ m s}^{-1}$ , 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 delimitada 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 ( $12 \text{ m s}^{-1}$ ) mais rápido do que a moto ( $10 \text{ m s}^{-1}$ ).

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)

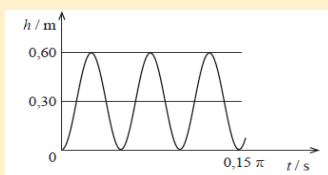
“antes dos 6,0 s, tendo os dois veículos diferente energia cinética”

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

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

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

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

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  $1s^2 2s^2 2p^3$ , tendo três eletrões desemparelhados na subcamada 2p.

Removendo um eletrão, forma-se o ião  $N^+$ , com a configuração  $1s^2 2s^2 2p^2$ , onde possui dois eletrões desemparelhados.

#### 5.1.2.

#### Opção (D)

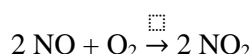
“menor e que o seu raio atómico é maior”.

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.

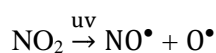
Como o nível de valência é o mesmo, devido à carga nuclear menor do nitrogénio (7 protões) em comparação com a do oxigénio (8 protões), a atração dos eletrões de valência pelo núcleo é menor no nitrogénio. Com esta consideração, podemos verificar que o raio atómico do nitrogénio é maior do que o do oxigénio.

### 5.2.

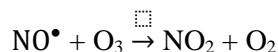
O gás monóxido de nitrogénio (NO), proveniente dos escapes dos automóveis, oxida-se facilmente na troposfera para formar dióxido de nitrogénio ( $NO_2$ ), conforme a equação química:



Na estratosfera, onde a energia da radiação UV é suficiente para provocar a reação de fotodissociação da molécula de  $NO_2$ , formam-se dois radicais livres, o monóxido de oxigénio ( $NO^\bullet$ ), e o oxigénio atómico ( $O^\bullet$ ):



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.

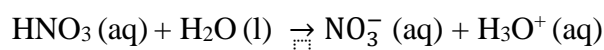
**Dados fornecidos:**

-  $pH_{HNO_3} = 1,00$

-  $pH_{HNO_2} = 2,16$

-  $[HNO_3]_{inicial} = [HNO_2]_{inicial}$

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



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

$$pH = -\log [H_3O^+]_e \Leftrightarrow$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} \Leftrightarrow$$

$$[H_3O^+] = 10^{-1,00} \Leftrightarrow$$

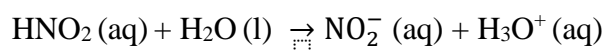
$$[H_3O^+] = 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

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

$$[HNO_3]_{inicial} \approx [H_3O^+]$$

$$[HNO_3]_{inicial} = 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

- 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:

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

Calculando  $pH = -\log [H_3O^+]_e \Leftrightarrow$

$$[H_3O^+]_e = 10^{-pH} \Leftrightarrow$$

$$[H_3O^+]_e = 10^{-2,16} \Leftrightarrow$$

$$[H_3O^+]_e = 6,918 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

Sabendo que  $[\text{HNO}_3]_{\text{inicial}} = [\text{HNO}_2]_{\text{inicial}}$ , então

$$[\text{HNO}_2]_{\text{e}} = 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{HNO}_2]_{\text{e}} = [\text{HNO}_2]_{\text{inicial}} - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{e}} \Leftrightarrow$$

$$[\text{HNO}_2]_{\text{e}} = 1,000 \times 10^{-1} - 6,918 \times 10^{-3} \Leftrightarrow$$

$$[\text{HNO}_2]_{\text{e}} = 9,308 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da constante de acidez,  $K_a$ , do  $\text{HNO}_2$ :

No equilíbrio:  $[\text{HNO}_2]_{\text{e}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{e}}$

$$K_a = \frac{[\text{HNO}_2]_{\text{e}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{e}}}{[\text{HNO}_2]_{\text{e}}} \Leftrightarrow$$

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

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

### 5.3.2.

#### Opção (C)

A reação de neutralização do ácido forte ( $\text{HNO}_3$ ) e da base forte ( $\text{NaOH}$ ) é:  
 $\text{HNO}_3 (\text{aq}) + \text{NaOH} (\text{aq}) \rightarrow \text{NaNO}_3 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$

A reação de neutralização do ácido fraco ( $\text{HNO}_2$ ) e da base forte ( $\text{NaOH}$ ) é:  
 $\text{HNO}_2 (\text{aq}) + \text{NaOH} (\text{aq}) \rightarrow \text{NaNO}_2 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$

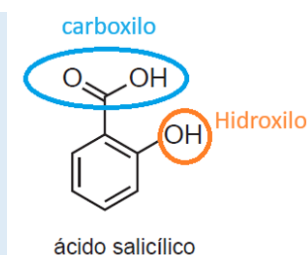
Como as soluções de  $\text{HNO}_3$  e  $\text{HNO}_2$  possuem a mesma concentração e volume, a quantidade de ácido em cada solução será a mesma. Consequentemente, o volume de  $\text{NaOH}$  necessário para atingir o ponto de equivalência será igual para ambas as soluções.

Relativamente ao pH do ponto de equivalência, para a titulação com o  $\text{HNO}_2$  (ácido fraco), este será maior que 7, pois o anião resultante ( $\text{NO}_2^-$ ) é a base conjugada de um ácido fraco e irá hidrolisar, aumentando o pH:  
 $\text{NO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{HNO}_2 (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$

### 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.

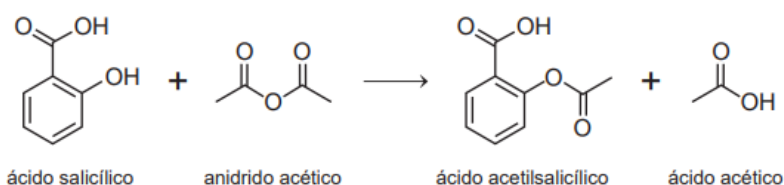
Opção (B)

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

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

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

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:

$$\rho_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3} = \frac{m}{V} \Leftrightarrow$$

$$m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3} = \rho \times V \Leftrightarrow$$

$$m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3} = 1,08 \text{ g cm}^{-3} \times 5,00 \text{ cm}^3 \Leftrightarrow$$

$$m_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3} = 5,40 \text{ g}$$

$$n_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3} = \frac{5,40 \text{ g}}{102,10 \text{ g mol}^{-1}} \Leftrightarrow$$

$$n_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3} = 5,289 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Identificação do reagente limitante:

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

Comparando as quantidades disponíveis:

$$1,462 \times 10^{-2} \text{ mol de C}_7\text{H}_6\text{O}_3 < 5,289 \times 10^{-2} \text{ mol de C}_4\text{H}_6\text{O}_3$$

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  $1,462 \times 10^{-2}$  mol.

Calculando a massa prevista de ácido acetilsalicílico:

$$m_{\text{prevista C}_9\text{H}_8\text{O}_4} = 1,462 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 180,17 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m_{\text{prevista C}_9\text{H}_8\text{O}_4} = 2,6341 \text{ g}$$

O rendimento da reação de síntese do ácido acetilsalicílico é:

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

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

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