

## Proposta de resolução do Exame Nacional de Física e Química A – 2.ª Fase, versão 1

Prova de 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, IAVE, 21/julho/2022: [https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/07/EX-FOA715-F2-2022-V1\\_net.pdf](https://iave.pt/wp-content/uploads/2022/07/EX-FOA715-F2-2022-V1_net.pdf)

1.

1.1. (\*)

(C)  
O módulo do campo magnético é maior em  $P_2$  do que em  $P_4$ .

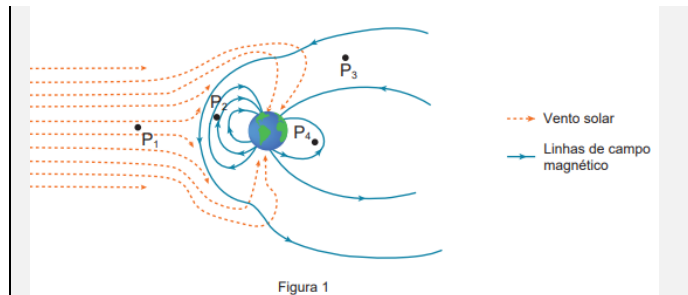


Figura 1

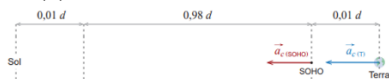
**Notas:**

- O módulo do campo magnético será tanto maior quanto maior for a densidade das linhas de campo<sup>1</sup>;
- Em  $P_2$  a densidade das linhas de campo é maior do que em  $P_4$ .

1.2.

1.2.1.

(B)  
O diagrama que “pode” representar as acelerações centrípetas, na mesma escala, de SOHO,  $\vec{a}_c(\text{SOHO})$ , e da Terra,  $\vec{a}_c(\text{T})$ , é:



**Notas:**

- “A situação da SOHO só é compreensível face à Lei da Gravitação Universal pelo facto de ela estar suficientemente próxima da Terra para a interação gravitacional com este planeta ser relevante (comparável com a do Sol). Na realidade, o SOHO encontra-se numa posição particular (ponto de Lagrange L1) entre a Terra e o Sol que faz com que o seu período orbital seja, efetivamente, idêntico ao da Terra.”<sup>2</sup>
- Relação entre a aceleração centrípeta e o período orbital:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \xrightarrow{v=\omega \times r} a_c = \omega^2 \times r \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} a_c = \frac{4\pi^2}{T^2} \times r$$

- Considerando que o movimento de SOHO em torno do Sol é um movimento circular uniforme e que SOHO e a Terra têm o mesmo período orbital, comparando a aceleração centrípeta de Terra com a de SOHO, obtém-se:

$$\frac{a_c(\text{T})}{a_c(\text{SOHO})} = \frac{\frac{4\pi^2}{T^2} \times d}{\frac{4\pi^2}{T^2} \times 0,99d} \Leftrightarrow \frac{a_c(\text{T})}{a_c(\text{SOHO})} = 1,01^3$$

<sup>1</sup> A figura seria mais fácil de interpretar se na zona de  $P_1$  estivesse desenhada alguma linha de campo que permitisse concluir da efetiva rarefação das linhas de campo em  $P_1$  (tal como está, tem de se assumir que o campo é de intensidade de tal modo baixa que nenhuma linha de campo na zona próxima de  $P_1$  é possível de ser desenhada).

<sup>2</sup> [https://www.spf.pt/files/files/Parecer%20sobre%20a%20Prova%20de%20Exame%20Final%20Nacional%20de%20F%CC%81sica%20e%20Q%CC%81mica%20A%202022\\_2\\_C2%AA%20fase\\_versa%CC%83o%20final.pdf](https://www.spf.pt/files/files/Parecer%20sobre%20a%20Prova%20de%20Exame%20Final%20Nacional%20de%20F%CC%81sica%20e%20Q%CC%81mica%20A%202022_2_C2%AA%20fase_versa%CC%83o%20final.pdf)

<sup>3</sup> Considerando que se questiona qual é o diagrama que pode representar as acelerações centrípetas na mesma escala, usando uma régua para medir a representação de  $\vec{a}_c(\text{T})$  e a de  $\vec{a}_c(\text{SOHO})$  e comparando, tem-se:

$$\frac{a_c(\text{T})}{a_c(\text{SOHO})} = \frac{1,8 \text{ cm}}{1,5 \text{ cm}} \Leftrightarrow \frac{a_c(\text{T})}{a_c(\text{SOHO})} = 1,2$$

1.2.2.

(B)

A expressão que permite calcular a área total de painéis fotovoltaicos no SOHO é:

**Notas:**

- Considerando uma possível expressão que permite determinar o rendimento de um painel fotovoltaico,

$$\eta_{\text{painel}} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{radiação incidente}}} \times 100\%,$$

e dividindo o numerador e o denominador pela área total de painéis fotovoltaicos de SOHO,  $A$ , tem-se:

$$\eta = \frac{\frac{P_{\text{útil}}}{A}}{\frac{P_{\text{radiação incidente}}}{A}} \times 100\%$$

- Considerando a expressão que relaciona a potência da radiação incidente com a irradiância (a equação de definição de irradiância) e substituindo, fica:

$$20\% = \frac{1500 \text{ W}}{A} \times 100\% \Leftrightarrow A = \frac{1500}{1370 \times 0,20} \text{ m}^2$$

2.

2.1.

(D)

No movimento da rapariga entre os pontos A e B, a variação da energia mecânica do sistema rapariga + Terra é nula.

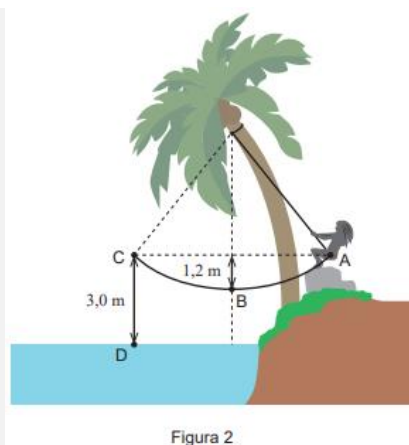


Figura 2

**Notas:**

- A força que a corda exerce sobre a rapariga é em cada instante radial (perpendicular à velocidade), pelo que não realiza trabalho.
- Considerando que a resistência do ar é desprezável e que não há atrito no ponto de suspensão da corda, há conservação da energia mecânica, dado que a única força que realiza trabalho não nulo é a força gravítica, que é uma força conservativa.
- No percurso de A até B, há transformação de energia potencial gravítica em energia cinética, de tal modo que o aumento de energia cinética é igual à diminuição de energia potencial gravítica.

2.2. (\*)

- Os pontos A e C encontram-se ao mesmo nível, pelo que, partindo a rapariga do repouso em A, a velocidade em C é nula.
- Considerando que a resistência do ar é desprezável e no percurso de C até D há conservação da energia mecânica, dado que a única força que realiza trabalho não nulo é a força gravítica, que é uma força conservativa. Assim,

$$m g h_C = \frac{1}{2} m v_D^2 \Leftrightarrow v_D^2 = 2 g h_C \quad (1)$$

- No percurso de A até B, desprezando a resistência do ar e sabendo que a força que a corda exerce é perpendicular à velocidade, a única força que realiza trabalho é também a força gravítica. Assim,

$$m g h_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B \Leftrightarrow v_B^2 = 2 g (h_A - h_B) \quad (2)$$

- Considerando as equações (1) e (2), obtém-se:

$$\frac{v_D^2}{v_B^2} = \frac{2 g h_C}{2 g (h_A - h_B)} \Leftrightarrow \frac{v_D}{v_B} = \sqrt{\frac{h_C}{h_A - h_B}}$$

- Substituindo, tem-se:

$$\frac{v_D}{v_B} = \sqrt{\frac{3,0 \text{ m}}{1,2 \text{ m}}} \Leftrightarrow \frac{v_D}{v_B} = 1,6$$

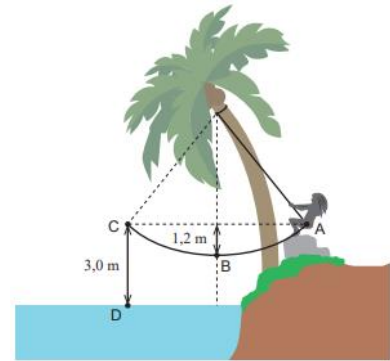


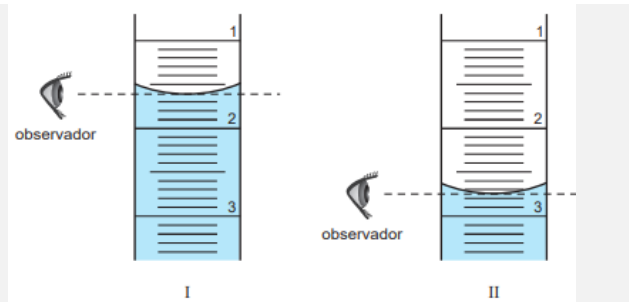
Figura 2

3. 4

3.1.

(A)

A incerteza da leitura é  $0,05 \text{ cm}^3$ , e o volume de água escoada no ensaio é  $1,15 \text{ cm}^3$ .



**Notas:**

- Considerando a informação contida na figura conclui-se que a incerteza de leitura para o nível de água na bureta é  $0,05 \text{ cm}^3$  (metade da menor divisão).
- O volume de água escoada,  $V_{\text{água escoada}}$ , é dado pela diferença dos níveis de água na bureta em II,  $V_{\text{água II}}$ , e em I,  $V_{\text{água I}}$ , sendo a incerteza absoluta do resultado o dobro da incerteza de leitura referente ao nível de água na bureta.
- Assim,  

$$V_{\text{água escoada}} = (2,75 - 1,60) \text{ cm}^3 \pm 2 \times 0,05 \text{ cm}^3 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{\text{água escoada}} = 1,15 \text{ cm}^3 \pm 2 \times 0,05 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{água escoada}} = 1,2 \text{ cm}^3 \pm 0,1 \text{ cm}^3$$

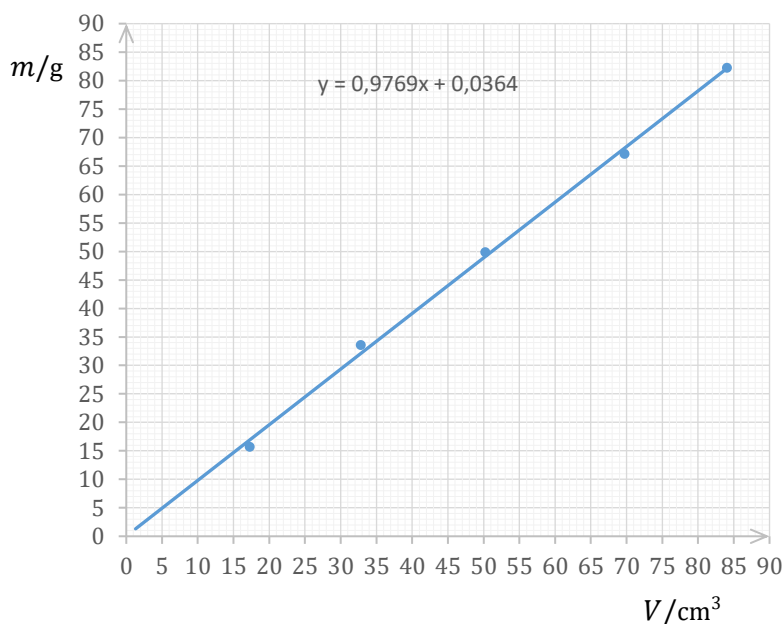
<sup>4</sup>Objetos de avaliação correspondentes a conteúdos comuns às duas componentes (Física e Química). Ver outras considerações em [https://www.spf.pt/files/files/Parecer%20sobre%20a%20Prova%20de%20Exame%20Final%20Nacional%20de%20Fisica%20e%20Quimica%20de%202022\\_2.%20AA%20fase\\_versa%2083o%20final.pdf](https://www.spf.pt/files/files/Parecer%20sobre%20a%20Prova%20de%20Exame%20Final%20Nacional%20de%20Fisica%20e%20Quimica%20de%202022_2.%20AA%20fase_versa%2083o%20final.pdf)

3.2. (\*)

- O gráfico da massa de água deslocada em função do respetivo volume ( $V, m$ ):

$V/\text{cm}^3$	$m/\text{g}$
17,30	15,69
32,83	33,54
50,25	49,85
69,71	67,13
84,04	82,24

Os algarismos a vermelho não estão de acordo com a incerteza de leitura da bureta usada (supondo que nos itens 3.1. e 3.2. se usou a mesma bureta).



- Apresentação da equação da linha de ajuste ao gráfico ( $V, m$ ):

A equação da linha de ajuste é  $m = 0,9769 \times V + 0,04$  (g)

- Cálculo do valor mais provável da massa de água cujo volume é  $61,0 \text{ cm}^3$ :

Substituindo na equação da linha de ajuste, tem-se:

$$m = 0,9769 \text{ g cm}^{-3} \times 61,0 \text{ cm}^3 + 0,04 \text{ g} \Leftrightarrow m = 59,6 \text{ g}$$

3.3. (\*)

- Sabe-se que a massa e o volume ocupado por uma amostra de água são diretamente proporcionais, sendo a constante de proporcionalidade a densidade (ou massa volúmica), que é numericamente igual ao declive da linha de ajuste do gráfico ( $V, m$ ).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- Aquando do traçado do gráfico ( $V, m$ ), verifica-se que a ordenada na origem não é nula, o que não está de acordo com o facto de as grandezas massa e volume serem diretamente proporcionais, pelo que se conclui que foi cometido um erro sistemático.
- Sendo a ordenada na origem, aproximadamente, 70 g, e considerando a informação de que a massa do gobelé, vazio e seco, é 68,82 g, conclui-se que a ordenada na origem ao valor mais provável da massa do gobelé, vazio e seco.
- Assim, pode afirmar-se que antes de serem iniciadas as medições das massas das diversas amostras de água, não foi pressionada a tecla “TARA” da balança digital, ou seja, não foi subtraída a massa do gobelé, vazio e seco.

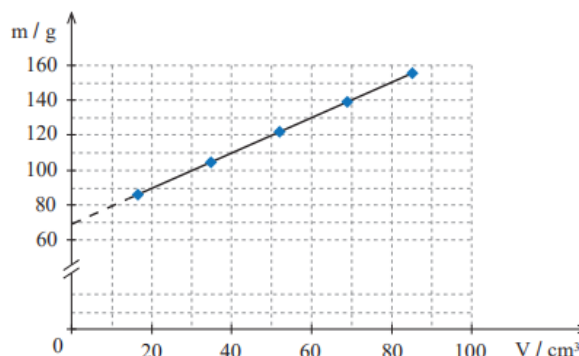


Figura 4

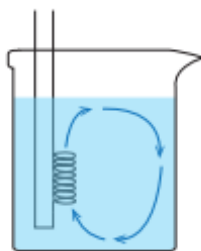
- Identificado o erro sistemático, podem corrigi-lo facilmente, medindo a massa do gobelé, vazio e seco e subtraindo o valor lido na balança aos valores que se encontram na tabela que permitiu obter o gráfico em questão...

#### 4.

##### 4.1. (\*)

(C)

A opção que pode representar o processo responsável pelo aquecimento da água nesta experiência é



##### Notas:

- A energia elétrica transferida para a resistência transforma-se em energia térmica.
- Parte dessa energia térmica é transferida para a água em contacto com a resistência elétrica de imersão.
- Devido ao processo de transferência de energia por calor designado por convecção a água da amostra aquece.
- Geram-se correntes de convecção — porções da água movem-se, devido a diferenças de densidade: água mais fria, mais densa, desce, pelo que água mais quente, menos densa, sobe.
- Pelo que, assumindo que o aquecimento não é turbulento, a opção (C) pode representar o processo de aquecimento da água.

##### 4.2. (\*)

(B)

A energia dissipada pela resistência, por efeito Joule, durante este ensaio é 3,4 kJ.

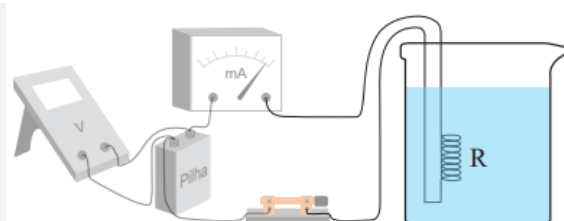


Figura 5

##### Notas:

- A energia elétrica transferida da pilha para a resistência elétrica de imersão é dada por  $E_{\text{elétrica}} = U \times I \times \Delta t$ , em que  $U$  é a diferença de potencial elétrico nos terminais da resistência (medida usando o voltímetro),  $I$  a é a corrente elétrica no circuito (medida usando o amperímetro) e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo durante o qual o circuito esteve fechado.
- Substituindo na expressão atrás apresentada, fica:  
$$E_{\text{elétrica}} = 8,17 \text{ V} \times 0,700 \text{ A} \times 10 \times 60 \text{ s} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow E_{\text{elétrica}} = 3,4 \text{ kJ}$$
- Na resistência elétrica de imersão (recetor puramente resistivo) toda a energia elétrica se transforma em energia térmica por efeito Joule.
- Assim, a energia dissipada, por efeito Joule, na resistência elétrica de imersão usada num ensaio para aquecer uma amostra de água foi 3,4 kJ

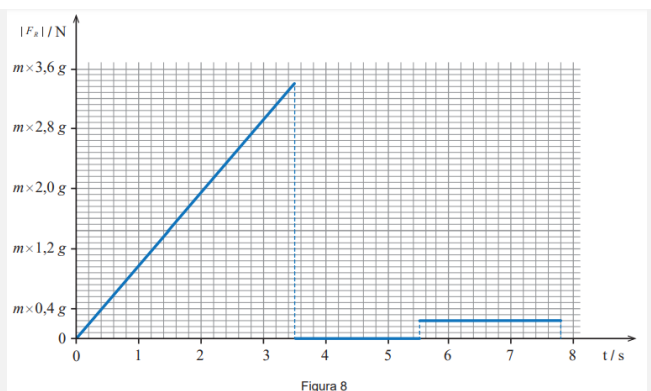
#### 5.

6.

6.1. (\*)

(C)

O gráfico da Figura 8 permite concluir que o avião apresenta, entre 3,5 s e 5,5 s, velocidade constante e, entre 5,5 s e 7,8 s, aceleração de módulo constante.



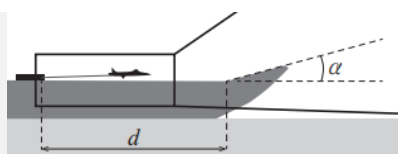
Notas:

- As forças de atrito e de resistência do ar são desprezáveis.
- Entre 0,0 s e 3,5 s, o módulo da resultante das forças (a força exercida pelo cabo) é variável, pelo que o movimento é retilíneo retardado;
- Entre 0,0 s e 3,5 s, o módulo da resultante das forças (houve rotura do cabo e o movimento continua a ocorrer na parte horizontal da pista, pelo que a reação normal e a força gravítica se anulam) é nulo, pelo que o movimento é retilíneo uniforme ou seja, a velocidade é constante e a aceleração é nula;
- Entre 5,5 s e 7,8 s, o módulo da resultante das forças (a componente da força gravítica paralela à secção inclinada da pista) é constante, pelo que o movimento é retilíneo uniformemente retardado, ou seja, a aceleração é constante e o módulo da velocidade diminui.

6.2. (\*)

(D)

No intervalo de tempo ]0,0; 3,5[ s, o avião percorre 93% do percurso horizontal retilíneo.



Notas:

- Cálculo de  $v_x$  uniforme

Durante o intervalo de tempo em que o movimento é retilíneo retardado, o módulo da variação da componente escalar da velocidade é dada por

$$|\Delta v_x| = 0,915 \times v_{0x}$$

Substituindo, fica:

$$|\Delta v_x| = 0,915 \times 65 \text{ m s}^{-1}$$

Assim,

$$v_x \text{ uniforme} = 65 \text{ m s}^{-1} - 0,915 \times 65 \text{ m s}^{-1} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_x \text{ uniforme} = 0,085 \times 65 \text{ m s}^{-1}$$

- $\Delta x_{\text{m.r.unforme}} = v_x \text{ uniforme} \times \Delta t_{\text{unforme}}$

Substituindo, fica:

$$\Delta x_{m.r.uniforme} = 0,085 \times 65 \text{ m s}^{-1} \times (5,5 - 3,5) \text{ s} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \Delta x_{m.r.uniforme} = 11,05 \text{ m}$$

▪  $d = |\Delta x_{m.r.retardado}| + |\Delta x_{m.r.uniforme}|$ , com  $d = 169 \text{ m}$

Substituindo, fica:

$$169 \text{ m} = |\Delta x_{m.r.retardado}| + 11,05 \text{ m} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow |\Delta x_{m.r.retardado}| = 157,95 \text{ m}$$

▪ Assim,

$$\frac{|\Delta x_{m.r.retardado}|}{d} \times 100\% = \frac{157,95 \text{ m}}{169 \text{ m}} \times 100\% \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{|\Delta x_{m.r.retardado}|}{d} \times 100\% = 93\%$$

### 6.3. (\*)

- Determinação do módulo da resultante das forças:

Fazendo a leitura do gráfico, conclui-se que, no intervalo de tempo de 5,5 s a 7,8 s, o módulo da resultante das forças que atuam no avião é

$$F_R = 0,24 \times m \times g \quad (1)$$

- Identificação da resultante das forças

Considerando que o avião pode ser representado pelo seu centro de massa e que as forças de atrito e de resistência do ar são desprezáveis, as únicas forças que atuam no avião na secção inclinada da pista são a força gravítica e a reação normal exercida pela pista.

Como a componente da força gravítica na direção perpendicular à pista anula a reação normal (há repouso na direção perpendicular à pista), a resultante das forças coincide com a componente da força gravítica na direção paralela à pista.

Usando a Lei Fundamental da Dinâmica, tem-se:

$$F_R = m \times g \times \sin \alpha \quad (2)$$

- Comparando as equações (1) e (2) tem-se:

$$0,24 \times m \times g = m \times g \times \sin \alpha \Leftrightarrow \sin \alpha = 0,24 \Leftrightarrow \alpha = 14^\circ$$

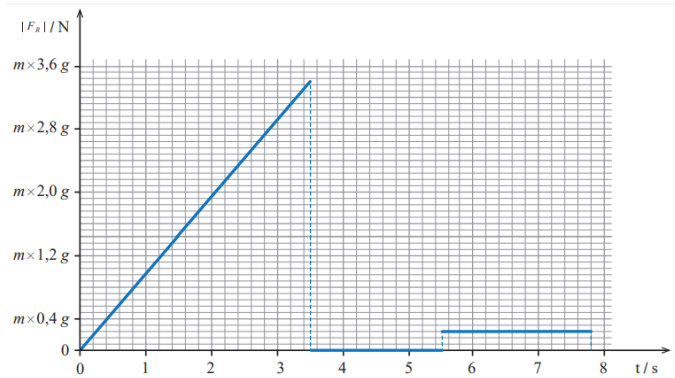
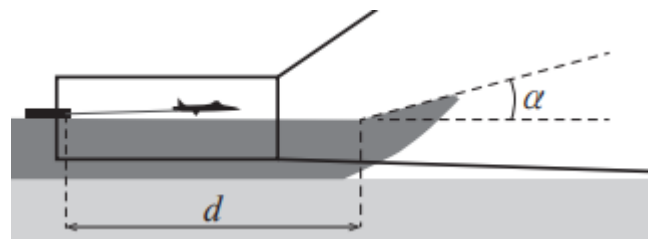


Figura 8



7.

7.1. (\*)

(A)

Quando o feixe de luz passa do ar para o pentaprisma, mantém-se a frequência, mas o módulo da velocidade de propagação diminui.

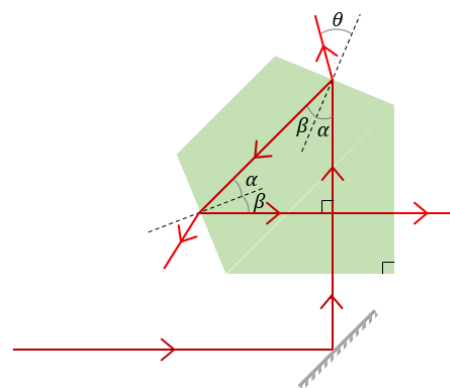
**Notas:**

- A frequência das radiações eletromagnéticas só depende da fonte emissora enquanto que a velocidade depende exclusivamente do meio em que elas se encontram.

7.2. (\*)

- Usando a 2.ª Lei da Reflexão da Luz (a amplitude do ângulo de incidência é igual à amplitude do ângulo de reflexão), conclui-se que  $\alpha = \beta$
- Considerando que o somatório das amplitudes dos ângulos internos de um triângulo é de  $180^\circ$ , tem-se:

$$180^\circ = 90^\circ + 2\alpha + 2\beta \xrightarrow{\alpha=\beta} 180^\circ = 90^\circ + 4\alpha \Leftrightarrow \alpha = 22,5^\circ$$



- Determinação da amplitude do ângulo limite

Para que haja reflexão total, a radiação que se propaga no vidro do prisma tem de incidir na superfície de separação vidro-ar segundo um ângulo com uma amplitude superior à do ângulo limite (ângulo para o qual o ângulo de refração é de  $90^\circ$ ).

Segundo a Lei de Snell-Descartes,

$$n_{\text{vidro}} \times \sin \alpha = n_{\text{ar}} \times \sin \theta$$

Substituindo, fica

$$1,52 \times \sin \alpha_{\text{lim}} = 1,00 \times \sin 90^\circ \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{lim}} = \frac{1}{1,52} \Leftrightarrow \alpha_{\text{lim}} = 41,1^\circ$$

- Comparação da amplitude do ângulo de incidência nas condições da figura com a do ângulo de limite

Uma vez que  $\alpha = 22,5^\circ$  e  $\alpha_{\text{lim}} = 41,1^\circ$ , ou seja,  $\alpha < \alpha_{\text{lim}}$ , nas condições da figura não ocorre reflexão total no pentaprisma.