

Estuda FQ
Professor Marco Pereira



www.estudafq.pt



96 310 99 94

Exercícios de Exames Nacionais

Física 11.º ano - Unidade II

Exame Nacional de 2025 - Época Especial

1. A navegação marítima é auxiliada por faróis de sinalização na costa.

1.2. No passado, em dias de nevoeiro, com visibilidade reduzida, os sinais luminosos dos faróis poderiam ser complementados por sinais sonoros emitidos por sinos.

* 1.2.1. Considere que os sinos emitiam sons fortes e graves.

Os sons fortes e graves apresentam

- (A) amplitudes elevadas e frequências baixas.
- (B) amplitudes elevadas e frequências elevadas.
- (C) amplitudes baixas e frequências baixas.
- (D) amplitudes baixas e frequências elevadas.

* 1.2.1. (A)

Sons fortes apresentam elevada amplitude. Os sons graves apresentam baixa frequência, já que o período é maior.

* 1.2.2. Numa embarcação, a receção dos sinais sonoros emitidos simultaneamente por dois sinos, localizados na costa, em locais próximos, um dentro de água e outro fora, permitia estimar a distância da embarcação à costa.

Explique como este método permitia saber se a embarcação estava próxima ou distante da costa.

Comece por comparar os módulos das velocidades de propagação do som nos dois meios.

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

* 1.2.2. Elementos de resposta:

- o módulo da velocidade de propagação do som na água é superior ao módulo da velocidade de propagação do som no ar (ou equivalente);
- sendo a distância percorrida pelos dois sons igual, o som que se propagava na água chegava primeiro à embarcação (ou equivalente);
- quanto maior fosse o intervalo de tempo entre a receção dos sinais sonoros, mais distante a embarcação estaria da costa (ou equivalente).

Exemplo de resposta:

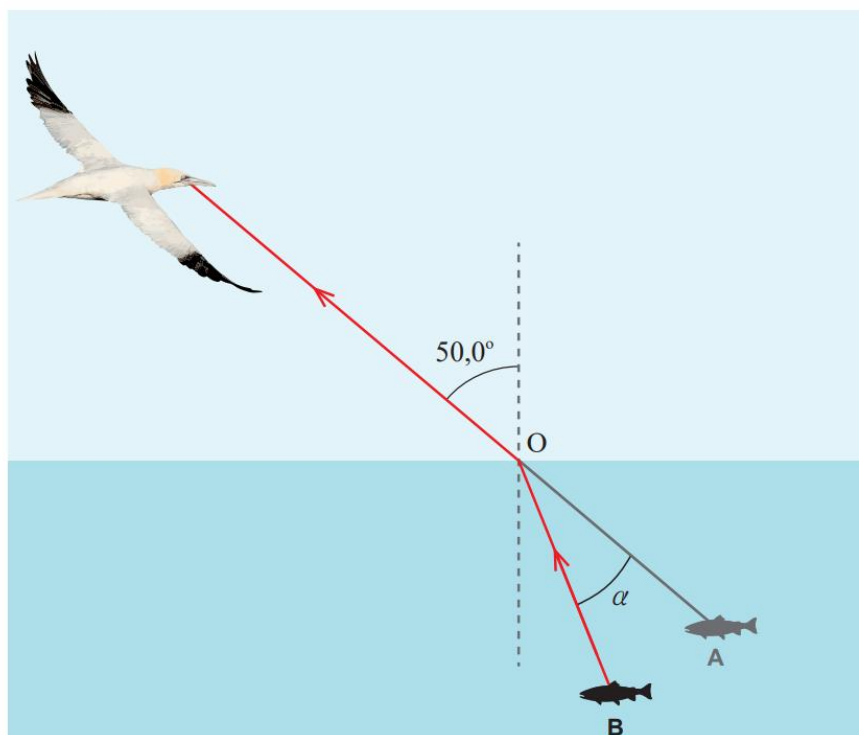
O módulo da velocidade de propagação do som depende do seu meio. Assim, o módulo da velocidade de propagação do som na água é superior ao módulo da velocidade de propagação do som no ar.

Sendo a distância percorrida pelos dois sons igual, o som que se propagava na água chegava primeiro à embarcação.

Consequentemente, quanto maior fosse o intervalo de tempo entre a receção dos sinais sonoros, mais distante a embarcação estaria da costa.

3. O ganso-patola, espécie protegida no âmbito do projeto LIFE Berlengas, captura peixes mergulhando de uma certa altura.

- 3.1. Um ganso-patola voa, acima da superfície do mar, quando, num dado instante, observa um peixe numa posição aparente, **A**, diferente da posição real, **B**, como se ilustra na Figura 2, que não se encontra à escala.



Nesse instante, a amplitude do ângulo entre o raio de luz que chega ao olho do ganso, proveniente do peixe, e a normal à superfície do mar é $50,0^\circ$.

Admita que o índice de refração da água do mar é 1,35 para a luz considerada.

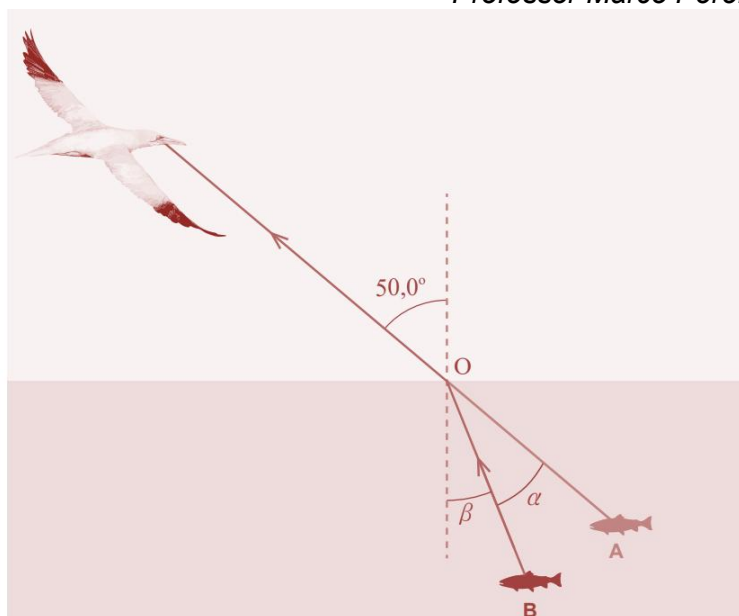
Qual é a amplitude do ângulo AOB, identificado por α na Figura 2?

- (A) $15,4^\circ$ (B) $22,0^\circ$ (C) $28,0^\circ$ (D) $34,6^\circ$

3.1. (A)

O ângulo $\alpha + \beta$ é 50° . Assim, basta descobrir o ângulo de incidência, β . A Figura 2 mostra os diferentes ângulos.

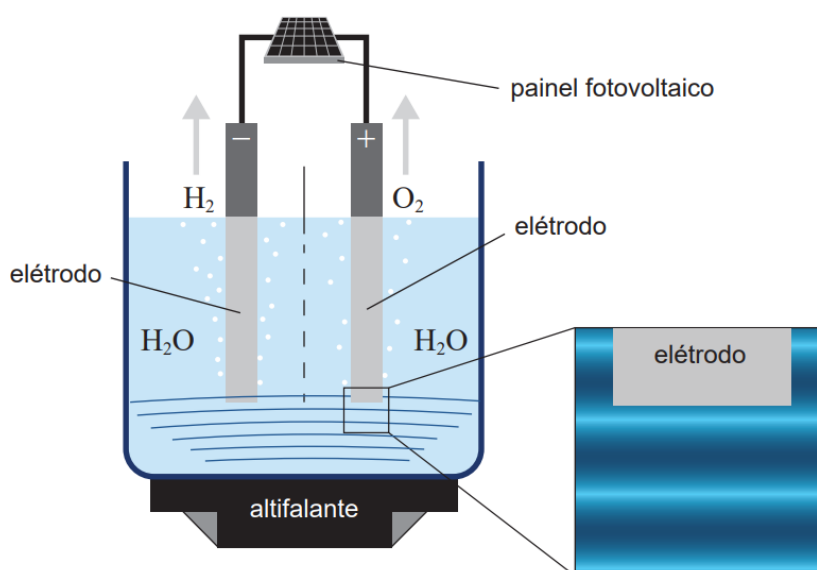
$$\sin 50,0^\circ \times 1,000 = \sin \beta \times 1,35 \Leftrightarrow \beta = 34,57^\circ \Rightarrow AOB = 50,0 - 34,57 = 15,4^\circ$$



Exame Nacional de 2025 - 2.ª fase

2. O di-hidrogénio, necessário para a produção de amoníaco, pode ser produzido por eletrólise da água.

A eletrólise da água, $\text{H}_2\text{O} (l)$, é uma reação de oxidação-redução provocada pela passagem de corrente elétrica contínua entre dois elétrodos mergulhados na água, formando di-hidrogénio, $\text{H}_2 (g)$, e dióxigénio, $\text{O}_2 (g)$, como se representa esquematicamente na Figura 1. Obtém-se «hidrogénio verde» quando, para a eletrólise da água, se recorre a energia elétrica proveniente de fontes renováveis.



Investigações recentes mostram que a eficiência da produção de $\text{H}_2 (g)$ aumenta quando se submetem os elétrodos a ultrassons, uma vez que os gases formados são mais rapidamente removidos da superfície dos elétrodos.

No destaque lateral da Figura 1, representam-se as zonas de compressão e de rarefação da água, junto ao eletrodo positivo, formadas devido à propagação dos ultrassons emitidos pelo altifalante.

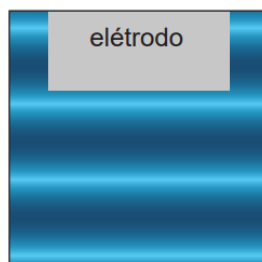
* 2.2. Durante a eletrólise da água, estabelece-se um campo elétrico entre os dois elétrodos, cujas linhas de campo

- (A) nunca se cruzam e têm sentido do eletrodo positivo para o negativo.
- (B) nunca se cruzam e têm sentido do eletrodo negativo para o positivo.
- (C) se cruzam e têm sentido do eletrodo positivo para o negativo.
- (D) se cruzam e têm sentido do eletrodo negativo para o positivo.

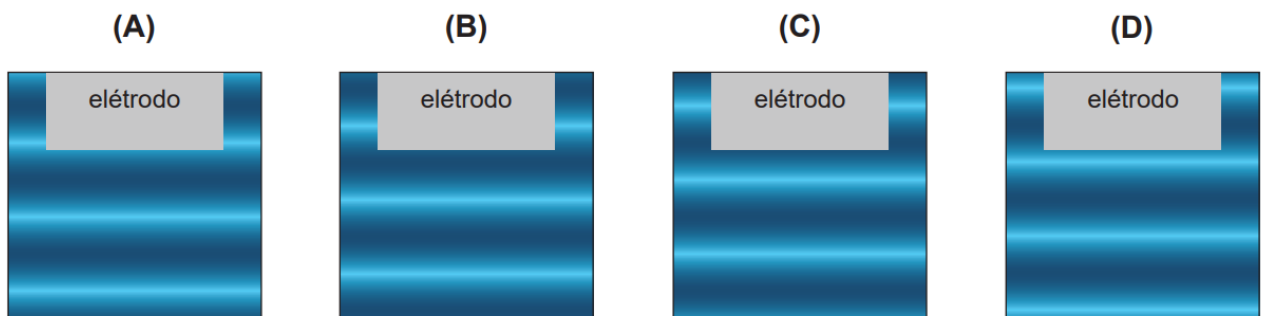
* 2.2. Versão 1 – (A);

Este item é quase exclusivamente teórico. As linhas de um campo elétrico qualquer **nunca se cruzam e têm sentido do eletrodo (polo) positivo para o negativo.**

2.3. A Figura 2 apresenta, numa dada escala, e num instante t , o destaque lateral da Figura 1.



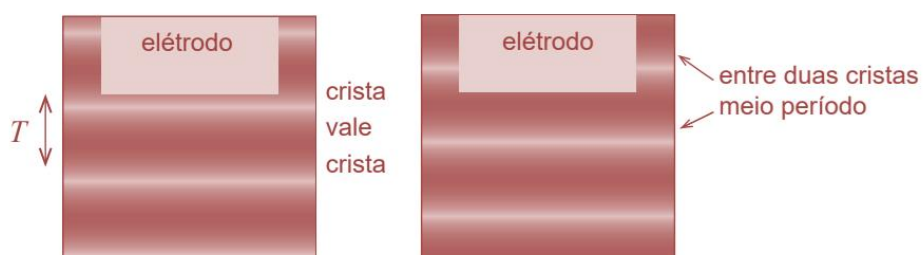
Qual das opções pode representar as zonas de compressão e de rarefação, na mesma região e na mesma escala, meio período depois do instante t ?



2.3. Versão 1 – (B);

Ao observar a Figura da prova, observa-se que o altifalante está embaixo, ou seja, as ondas serão originadas de baixo, progredindo para cima. Observe que as cristas são representadas pelos pontos mais claros, e os vales pelo restante mais azulado.

Na Figura 1, como entre duas cristas há um período, uma representação que se encontre no meio de duas cristas será a opção correta, visto que é possível observar o avanço do sinal. Para isso, utiliza-se o eletrodo como referência para vermos que originalmente a crista da onda está no ápice do eletrodo, e na opção correta, o ápice do eletrodo estará entre duas cristas.



Exame Nacional de 2025 - 1.ª fase

- * 3. No Museu da Eletricidade, em Lisboa, havia uma recriação de uma das experiências de Michael Faraday, cujo objetivo era demonstrar o fenómeno da indução eletromagnética. Nesta recriação, apresentada na Figura 3, o cientista segura uma barra magnetizada e uma bobina ligada a um galvanómetro, cujo ponteiro, ao mover-se, indica a passagem de corrente elétrica no circuito.



Admita que vai realizar a experiência apresentada na Figura 3, utilizando os materiais referidos.

Explicite, relativamente a esta experiência:

- a ação que deve executar para que se observe o movimento do ponteiro do galvanómetro;
- o fator que influencia a amplitude do movimento do ponteiro do galvanómetro;
- a interpretação física deste fenómeno.

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

* 3. Elementos de resposta:

- [para que se observe o movimento do ponteiro do galvanómetro], deve movimentar-se a barra magnetizada [relativamente à bobina] (ou equivalente);
- a velocidade da barra magnetizada [em relação à bobina] determina a amplitude do movimento do ponteiro [do galvanómetro] (ou equivalente);
- a variação do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pelas espiras [num certo intervalo de tempo] induz uma força eletromotriz / corrente elétrica (ou equivalente).

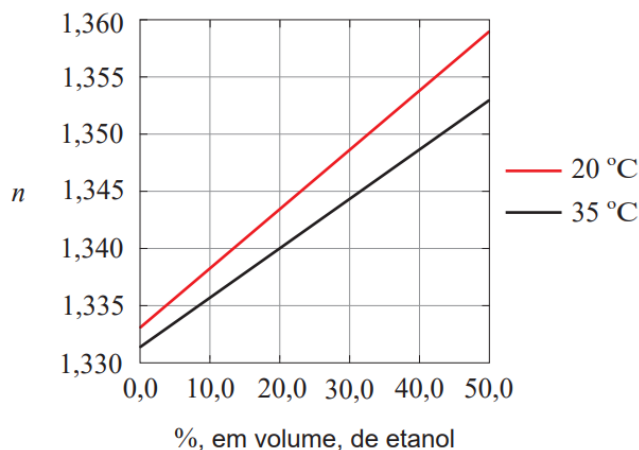
Exemplo de resposta:

Para que se observe o movimento do ponteiro do galvanómetro, deve movimentar-se a barra magnetizada relativamente à bobina. A velocidade desta barra magnetizada em relação à bobina determina a amplitude do movimento do ponteiro do galvanómetro, visto que a variação do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pelas espiras num certo intervalo de tempo induz uma força eletromotriz.

6. O refratómetro é um aparelho laboratorial que mede o índice de refração de uma solução. Neste aparelho, faz-se aumentar o ângulo de incidência de uma radiação monocromática na superfície de separação entre um prisma de vidro e a amostra em análise, até que ocorra reflexão total da luz.

A concentração da solução é determinada pela sua relação com o índice de refração.

O gráfico da Figura 4 representa o índice de refração, n , de soluções aquosas de etanol em função da percentagem, em volume, de etanol, para duas temperaturas diferentes.



- * 6.2. Quando a radiação monocromática muda de meio, do vidro do prisma para a solução de etanol, a sua velocidade de propagação

- (A) altera-se, e a sua frequência também se altera.
 (B) altera-se, e a sua frequência mantém-se.
 (C) mantém-se, e a sua frequência altera-se.
 (D) mantém-se, e a sua frequência também se mantém.

- * 6.2. Versão 1 – (B);

Como existe mudança de meio, logo mudança do índice de refração, a sua velocidade de propagação **altera-se**, pois $n = \frac{c}{v}$, **e a sua frequência mantém-se**, já que a frequência depende somente da fonte emissora.

- * 6.3. Utilizou-se o refratómetro para determinar, a 35 °C, a concentração de uma solução aquosa de etanol ($M = 46,08 \text{ g mol}^{-1}$), tendo-se verificado que a reflexão total da radiação ocorria para ângulos de incidência superiores a $56,88^\circ$.

Considere que:

- o índice de refração do vidro do prisma do refratómetro é 1,60;
- a massa volúmica do etanol é $0,789 \text{ g cm}^{-3}$, a 35 °C.

Determine a concentração da solução aquosa de etanol em mol dm^{-3} .

Apresente todos os cálculos efetuados.

(Contém conteúdos de Q10)

* 6.3.

Etapas de raciocínio de resolução do item.

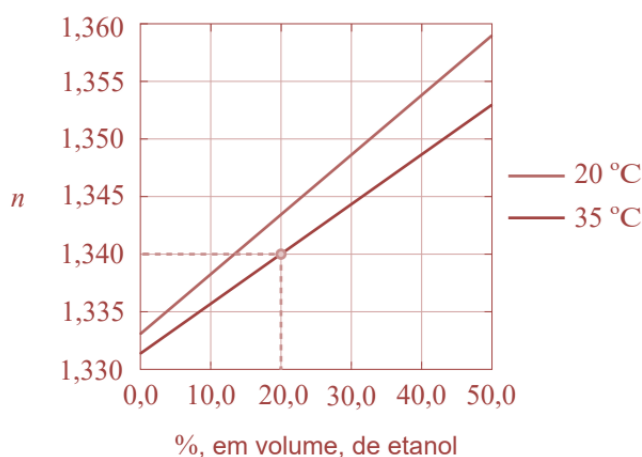
- I) A instrução do item é obter a concentração da solução aquosa de etanol. Rapidamente, verificamos, por observação direta do gráfico, que será necessário realizar alguma associação com a percentagem de etanol presente.
- II) Também, verificamos que para sabermos esta percentagem de etanol, precisamos saber o índice de refração da solução de etanol.
- III) Para descobrirmos o índice de refração da solução de etanol, e sabendo que temos o ângulo de incidência para refração total e o índice de refração do vidro, desenvolvemos a resolução.

- Cálculo do índice de refração da solução aquosa de etanol (1,340)

Como referido pelo enunciado, é informado o “ângulo crítico”, ou seja, o ângulo a partir do qual há reflexão total do feixe monocromático. Assim, podemos utilizar a expressão de Snell-Descartes, onde o ângulo de refração será de 90° , pois é a partir dele que não existirá mais refração, mas sim reflexão total do feixe incidido.

$$n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} = n_{\text{sol.}} \sin \alpha_{\text{sol.}} \quad 1,60 \times \sin 56,88^\circ = n_{\text{sol.}} \times \sin 90,00^\circ \Leftrightarrow n_{\text{sol.}} = 1,340$$

- Obtenção, a partir do gráfico, da percentagem, em volume, de etanol na solução a 35°C (20,0%)



Deste modo, para um índice de refração 1,340, a percentagem, em volume, de etanol na solução a 35°C é 20,0%.

- Cálculo da massa de etanol num dado volume de solução

A partir da percentagem obtida, existem $20,0\text{ cm}^3$ de etanol em 100 cm^3 de solução, por exemplo.

A partir da massa volúmica, tem-se

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 0,789 = \frac{m}{20,0} \Leftrightarrow m = 15,78\text{ g em } 100\text{ cm}^3 \text{ de solução.}$$

- Cálculo da concentração da solução de etanol

Deste modo, existem 157,8 g em 1 dm^3 de solução, pelo que a concentração é

$$n = \frac{m}{M} \quad n = \frac{157,8}{46,08} = 3,42\text{ mol} \Rightarrow c = 3,42\text{ mol dm}^{-3}$$

Exame Nacional de 2024 - Época Especial

4. O EM-Bird é um dispositivo usado para medir a espessura do gelo marinho, fornecendo dados que possibilitam a monitorização de um dos efeitos do aquecimento global.

Na Figura 1, que não se encontra à escala, estão representados o EM-Bird, suspenso de um helicóptero que voa horizontalmente, a baixa altitude, as forças nele aplicadas e as distâncias do dispositivo à superfície e à base do gelo, d_1 e d_2 , respetivamente.

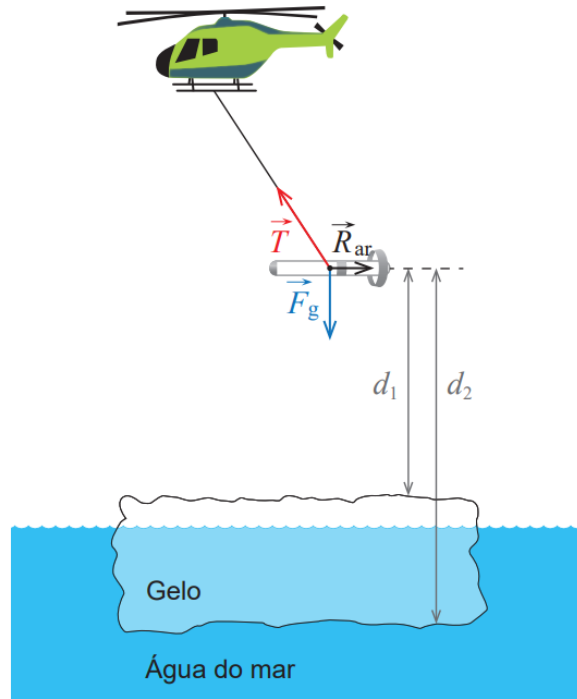


Figura 1

- 4.2. Para um determinado local, considere que:

- a distância d_1 é obtida a partir da emissão, pelo EM-Bird, de um pulso de luz *laser* que é refletido na superfície do gelo marinho e recebido, pelo EM-Bird, $6,08 \times 10^{-8}$ s após a sua emissão.
- a distância d_2 , de 11,32 m, é obtida a partir de um sensor eletromagnético.

Qual é a espessura do gelo marinho nesse local?

- (A) 2,20 m
(B) 3,46 m
(C) 6,92 m
(D) 9,12 m

4.2. (A)

O pulso de luz, que permite calcular d_1 , percorre a distância $2d_1$, no intervalo de tempo $6,08 \times 10^{-8}$ s, com velocidade constante $c = 3,00 \times 10^8$ m s⁻¹.

Como $d = c \times \Delta t \Rightarrow 2d_1 = 3,00 \times 10^8 \times 6,08 \times 10^{-8} \Leftrightarrow d_1 = 9,12$ m.

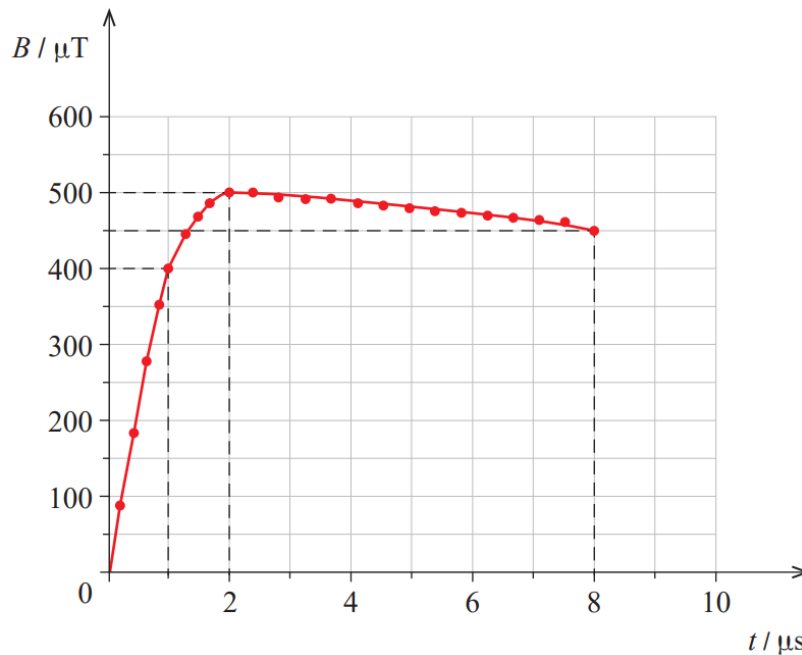
A espessura do gelo marinho será: $d_2 - d_1 = 11,32 - 9,12 = 2,20$ m

A opção correta é a (A).

6. Os raios são descargas elétricas que ocorrem na atmosfera durante as trovoadas.

* 6.2. Um raio atinge a superfície da Terra nas proximidades de um armazém.

O módulo do campo magnético, B , medido no interior do armazém em função do tempo, t , está representado no gráfico da Figura 2.



Admita que parte da instalação elétrica do armazém pode ser equiparada a uma espira retangular com 18 m^2 de área e que o campo magnético é perpendicular ao plano dessa espira.

Considere os intervalos de tempo $[0; 1] \text{ μs}$, $[1; 2] \text{ μs}$ e $[2; 8] \text{ μs}$.

Determine o módulo da força eletromotriz induzida nessa espira, no intervalo de tempo em que esta é máxima, começando por identificar esse intervalo.

Apresente todos os cálculos efetuados.

De acordo com a lei de Faraday, a força eletromotriz induzida num circuito é:

$$|\mathcal{E}| = \left| \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} \right|$$

Como $\phi_m = |\vec{B}| A \cos \theta$, para A e θ constantes, ϕ_m depende de $|\vec{B}|$.

O gráfico da Figura 2 do enunciado evidencia que a variação temporal do campo magnético é maior no intervalo de tempo $[0; 1] \text{ μs}$ e, consequentemente, a variação temporal do fluxo magnético também é máxima neste intervalo de tempo.

Assim,

$$|\mathcal{E}| = \left| \frac{\phi_{m1} - \phi_{m0}}{\Delta t} \right|$$

Como, para $t = 0 \text{ s} \Rightarrow \phi_{m0} = 0 \text{ Wb}$ e para $t = 1 \text{ s} \Rightarrow \phi_{m1} = 400 \times 10^{-6} \times 18 \times 1 = 7,2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$,

então:

$$|\mathcal{E}| = \left| \frac{7,2 \times 10^{-3} - 0}{1 \times 10^{-6}} \right| = 7,2 \times 10^3 \text{ V}$$

A força eletromotriz induzida na espira no intervalo de tempo considerado é $7,2 \times 10^3 \text{ V}$.

- * 9.3. A velocidade de propagação da luz na atmosfera é ligeiramente inferior à velocidade de propagação da luz no vazio. Por este motivo, quando observamos o pôr do sol, vemos o Sol numa posição diferente daquela em que o veríamos se não existisse atmosfera.

Esta diferença justifica-se pelo fenómeno ótico da

- (A) refração da luz. (B) dispersão da luz.
(C) reflexão da luz. (D) absorção da luz.

9.3. (A)

A direção de propagação da luz altera-se quando esta atravessa a superfície de separação de dois meios óticos com índices de refração diferentes, resultantes da luz se propagar com diferentes velocidade ($v_{\text{ar}} < v_{\text{vazio}}$). Este fenómeno ótico designa-se por refração da luz. Por esta razão, ao observarmos o pôr do sol, vemo-lo numa posição diferente daquela em que o veríamos se não existisse atmosfera.

A opção correta é a (A).

Exame Nacional de 2024 - 2.ª Fase

1. Os telescópios espaciais, que orbitam a Terra ou o Sol, permitem observar o espaço longínquo em diferentes comprimentos de onda.

Na Figura 1, está representado o Telescópio Espacial James Webb (cuja sigla corrente, JWST, designa o seu nome original, em inglês, *James Webb Space Telescope*), podendo observar-se o espelho principal, o escudo solar e os painéis fotovoltaicos.

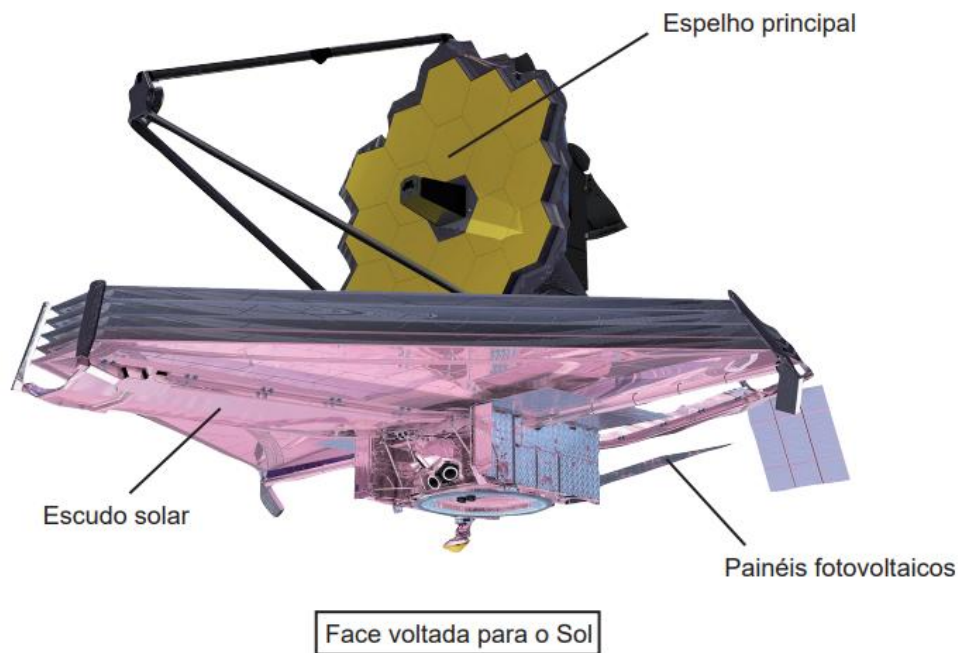


Figura 1

- * 1.1. O JWST opera, essencialmente, na região do infravermelho, ao contrário do Telescópio Espacial Hubble, que opera na região do visível.

Comparativamente às radiações detetadas pelo Hubble, o JWST pode detetar radiações de

- (A) menor comprimento de onda e maior energia por fóton.
- (B) menor comprimento de onda e menor energia por fóton.
- (C) maior comprimento de onda e maior energia por fóton.
- (D) maior comprimento de onda e menor energia por fóton.

* 1.1. Versão 1 – (D);

A região do infravermelho (pelo que o próprio nome indica) encontra-se antes da região vermelha do espectro eletromagnético. Ao saber que a região violeta do espectro é a mais energética e a vermelha a menos energética, e considerando que a região do infravermelho, comparativamente à região visível encontra-se mais próxima ao vermelho do espectro, o infravermelho possui **maior energia por fóton**. Deste modo, e sabendo que $E = hf$ e $\lambda = \frac{v}{f}$, conclui-se que quanto maior a energia do fóton, maior a sua frequência e consequentemente **menor o seu comprimento de onda**.

- * 1.2. O escudo solar do JWST impede que a luz proveniente do Sol, da Terra e da Lua atinja alguns dos seus equipamentos, permitindo que estes se mantenham à temperatura adequada ao seu funcionamento.

Complete o texto seguinte, selecionando a opção correta para cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada.

A função do escudo solar do JWST é a) a energia que é transferida do Sol, da Terra e da Lua por b). Este telescópio já conseguiu identificar várias substâncias no Universo, entre as quais hidrocarbonetos saturados, como, por exemplo, c), e substâncias constituídas por moléculas apolares, como, por exemplo, d).

a)	b)	c)	d)
1. refratar	1. radiação	1. C ₂ H ₂	1. CH ₄
2. refletir	2. condução	2. C ₂ H ₄	2. NH ₃
3. difratar	3. convecção	3. C ₂ H ₆	3. H ₂ O

* 1.2. Versão 1 – (a) – (2); (b) – (1); (c) – (3); (d) – (1).

Como referido no enunciado, o "escudo solar do JWST impede que a luz proveniente do Sol, da Terra e da Lua atinja alguns dos seus equipamentos, permitindo que estes se mantenham à temperatura adequada ao seu funcionamento". Assim, para impedir que a luz atinja os equipamentos, será necessária **reflexão**, sendo que a energia é transferida através da **radiação** (já que a condução necessita do contacto entre os dois objetos e a convecção acontece em correntes de água ou ar).

Os **hidrocarbonetos saturados** são aqueles cuja expressão geral é da forma C_nH_{2n+2} , pelo que somente o C_2H_6 cumpre esta regra. As moléculas apolares são aquelas nas quais existe uma diferença de atração eletrónica entre os átomos envolvidos. No CH_4 , o átomo central é o carbono, rodeado por átomos de hidrogénio em sentidos opostos, fazendo com que a ligação seja apolar. No NH_3 , existe um par de eletrões não ligantes, pelo que se observa uma distribuição não simétrica da carga elétrica. Na água acontece algo semelhante, onde devido aos pares de eletrões não ligantes existe repulsividade (assumindo uma geometria angular), bem como existe a maior eletronegatividade do átomo de oxigénio, que faz com que exista essa distribuição assimétrica das cargas.

3. Suponha que um automóvel com motor de combustão se encontra estacionado e que, num dado momento, o seu sistema de ignição é acionado.

3.1. O sistema de ignição do motor do automóvel possui uma bobina, ligada ao eixo do motor, com 20 000 espiras, cada uma de área $1,25 \times 10^{-3} \text{ m}^2$.

Quando o sistema é acionado, produz-se uma variação do módulo do campo magnético de 1,0 T durante um milissegundo. Considere que a direção do campo magnético se mantém perpendicular ao plano das espiras.

O módulo da força eletromotriz induzida nos terminais da bobina, quando o sistema de ignição é acionado, é

(A) $2,5 \times 10^4 \text{ V}$ e aumentaria se o número de espiras diminuísse.

(B) $2,5 \times 10^4 \text{ V}$ e aumentaria se o número de espiras aumentasse.

(C) $2,5 \times 10^1 \text{ V}$ e aumentaria se o número de espiras diminuísse.

(D) $2,5 \times 10^1 \text{ V}$ e aumentaria se o número de espiras aumentasse.

3.1. (B)

De acordo com a lei de Faraday,

$$|\varepsilon| = \left| \frac{\Delta \Phi_m}{\Delta t} \right|$$

Como a bobina é constituída por 20 000 espiras, o fluxo total, ϕ_{total} , que a atravessa é:

$$\phi_{\text{total}} = 20\,000 \times \phi_m = 20\,000 |\vec{B}| A \cos \theta$$

Dado que a direção do campo magnético é perpendicular ao plano das espiras, $\cos \theta = 1$.

Assim,

$$|\varepsilon| = 20\,000 \times \left| \frac{\Delta \vec{B}}{\Delta t} \right| A \Rightarrow |\varepsilon| = 20\,000 \times 1,0 \times 10^3 \times 1,25 \times 10^{-3} \Leftrightarrow |\varepsilon| = 2,5 \times 10^4 \text{ V}, \text{ o que elimina as opções}$$

(C) e (D). Como é evidenciado na expressão $|\varepsilon| = 20\,000 \times \left| \frac{\Delta \vec{B}}{\Delta t} \right| A$, o módulo da força eletromotriz induzida aumentará se o número de espiras aumentar, pelo que a opção correta é a (B).

Exame Nacional de 2024 - 1.^a Fase

8. Um professor desafiou os alunos a planearem uma experiência, para determinar um valor aproximado da velocidade de propagação do som no ar, utilizando um apito, uma lanterna, uma fita métrica e um cronómetro.

Dois alunos, A e B, planearam uma experiência em que, para minimizar os erros experimentais, estariam suficientemente afastados um do outro, numa zona plana e livre de obstáculos.

- * 8.1. Descreva um procedimento experimental que permita aos dois alunos obterem o módulo da velocidade de propagação do som no ar, respeitando as condições indicadas.

Considere apenas um ensaio.

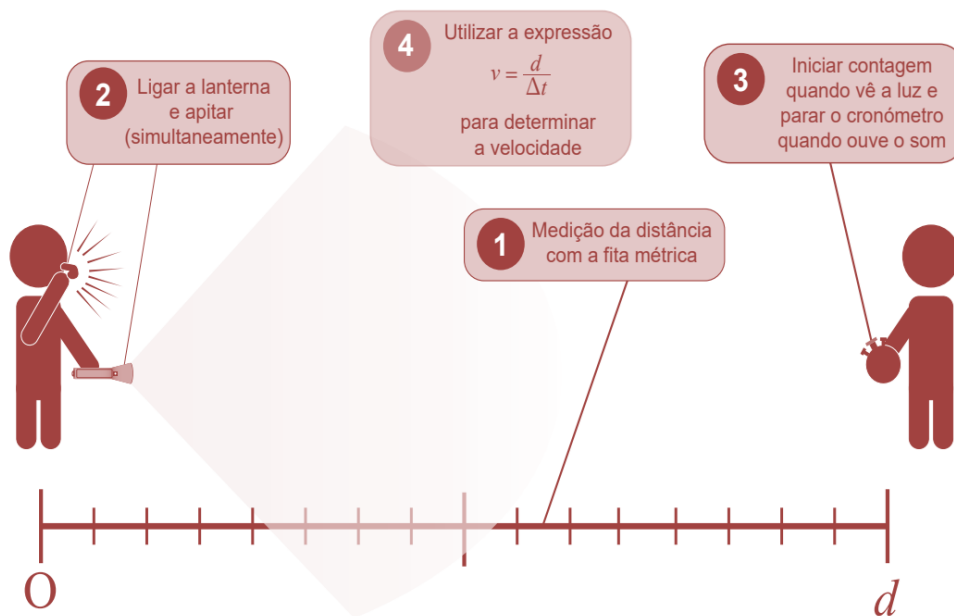
Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

* 8.1. Elementos de resposta:

- os alunos medem a distância que os separa [com a fita métrica] (ou equivalente);
- um dos alunos liga a lanterna e, em simultâneo, apita (ou equivalente);
- o outro aluno inicia a contagem do tempo [com o cronómetro] no instante em que vê a luz da lanterna e para no instante em que ouve o som do apito (ou equivalente).

Exemplo de resposta:

Neste procedimento experimental, os dois alunos medem a distância que os separa com a fita métrica. De seguida, um dos alunos liga a lanterna e, em simultâneo, apita. O outro aluno inicia a contagem do tempo com o cronómetro no instante em que vê a luz da lanterna e para no instante em que ouve o som do apito.



Explicitam-se, ainda, dois processos de resolução alternativos aceites pelo IAVE.

Processo de resolução alternativo 1:

- os alunos medem a distância que os separa [com a fita métrica] (ou equivalente);
- o aluno A apita e, em simultâneo, inicia a contagem do tempo [com o cronómetro] (ou equivalente);
- o aluno B, no instante em que ouve o som, liga a luz da lanterna. O aluno A, quando vê a luz da lanterna, para a contagem do tempo (ou equivalente).

Processo de resolução alternativo 2:

- os alunos medem a distância que os separa [com a fita métrica] (ou equivalente);
- o aluno A liga a luz da lanterna e, em simultâneo, inicia a contagem do tempo [com o cronómetro] (ou equivalente);
- o aluno B, no instante em que vê a luz da lanterna, apita. O aluno A, quando ouve o som do apito, para a contagem do tempo (ou equivalente).

*** 8.2.** No ar, o som é uma onda

- (A) mecânica e longitudinal.
- (B) mecânica e transversal.
- (C) eletromagnética e longitudinal.
- (D) eletromagnética e transversal.

*** 8.2.** Versão 1 – (A);

O som é uma onda que necessita de um meio elástico para se propagar, pelo que é mecânica. Ela se propaga de forma longitudinal, pois a direção de vibração é igual à direção de propagação da onda.

Exame Nacional de 2023 - Época Especial

- * 3. Uma solução alcoólica é armazenada numa garrafa de vidro.

Um feixe de luz, que se propaga na solução alcoólica, sofre um desvio na sua direção de propagação ao atravessar a superfície de separação entre a solução alcoólica e o vidro, como se representa na Figura 3.

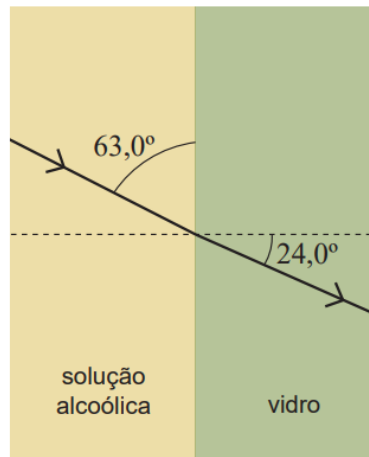


Figura 3

Considere que a velocidade do feixe de luz no vidro é $1,97 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

Determine o índice de refração da solução alcoólica.

Apresente todos os cálculos efetuados.

3. $n_{\text{sa}} = 1,36$

$$v_v = 1,97 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

O ângulo de incidência é

$$\alpha_{\text{sa}} = 90,0 - 63,0 = 27,0^\circ$$

E o ângulo de refração é

$$\alpha_v = 24,0^\circ$$

O índice de refração do vidro, n_v , calcula-se a partir da expressão:

$$n_v = \frac{c}{v_v} \Rightarrow n_v = \frac{3,00 \times 10^8}{1,97 \times 10^8} = 1,523$$

De acordo com a Lei de Snell-Descartes,

$$n_{\text{sa}} \sin \alpha_{\text{sa}} = n_v \sin \alpha_v \Rightarrow n_{\text{sa}} \sin 27,0^\circ = 1,523 \sin 24,0^\circ \Leftrightarrow n_{\text{sa}} = 1,36$$

7. Uma espira metálica retangular, α , é colocada sobre um carrinho de fibra de vidro, e este sobe um plano inclinado com velocidade constante, atravessando uma região na qual foi criado um campo magnético uniforme, $\vec{B}$, de direção perpendicular ao plano da espira, representado a sombreado na Figura 8.

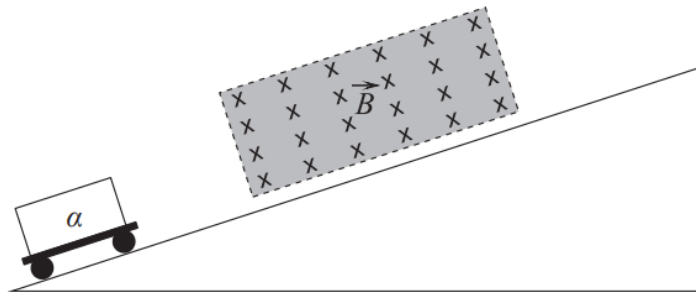
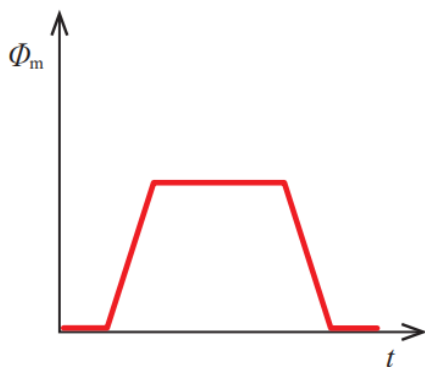


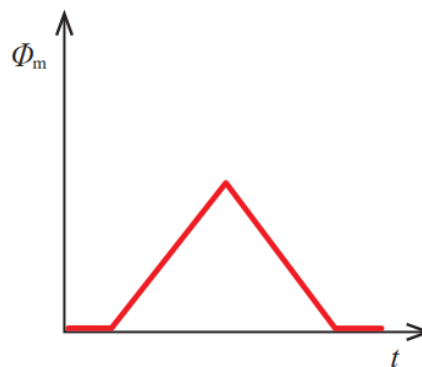
Figura 8

Qual é o esboço do gráfico que pode representar o fluxo magnético, Φ_m , que atravessa a superfície delimitada pela espira, α , em função do tempo, t , à medida que o carrinho sobe o plano inclinado?

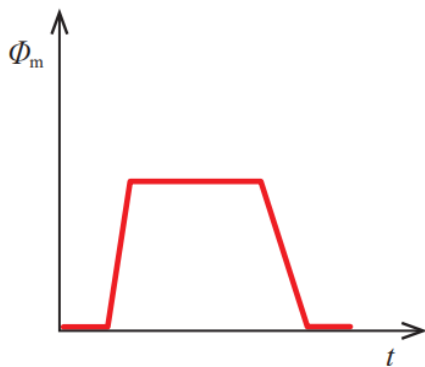
(A)



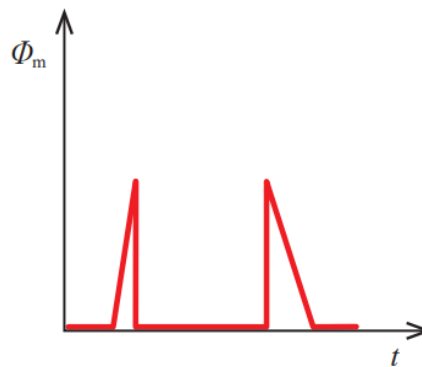
(B)



(C)



(D)



7. (A)

Dado que $\Phi_m = |\vec{B}| A \cos \theta$ e como o campo magnético tem a mesma direção da normal à superfície da espira, $\theta = 0^\circ$, $\cos \theta = 1$ e, portanto,

$$\Phi_m = |\vec{B}| A$$

- Antes de a espira atingir o campo magnético, o fluxo magnético, Φ_m , é nulo.
- Durante a entrada da espira no campo magnético, a área A vai aumentando uniformemente, pelo que Φ_m aumenta linearmente até que toda a espira se encontre no interior do campo.
- Enquanto a espira se desloca totalmente no interior do campo magnético, o fluxo magnético é máximo e mantém-se constante, pelo que se eliminam as opções (B) e (D).
- Como a velocidade é constante durante todo o trajeto, durante a saída da espira do campo magnético, o fluxo magnético diminui com módulo igual ao aumento verificado durante a entrada, pelo que se elimina a opção (C).

A opção correta é a (A).

Exame Nacional de 2023 - 2.ª Fase

3. Um feixe de radiação monocromática, que se propaga inicialmente no ar, incide numa das faces paralelas de uma lâmina de vidro, com um ângulo de incidência α . Ao atravessar a lâmina de vidro, de largura L , o feixe sofre um desvio na sua direção de propagação, como mostra a Figura 3.

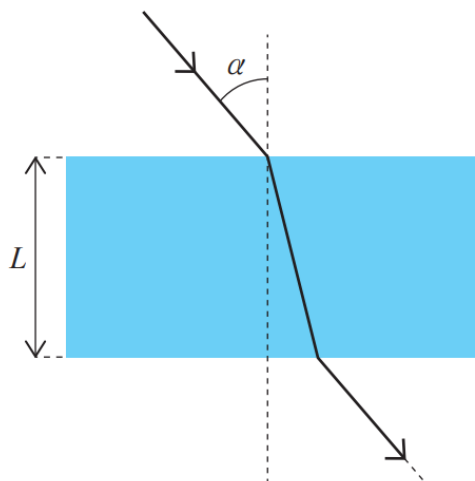


Figura 3

- * 3.1. A lâmina de vidro tem um índice de refração 1,52 para o feixe de luz considerado.

Considere que $\alpha = 32^\circ$ e que $L = 2,81$ cm.

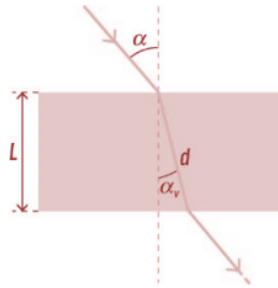
Determine a distância que a luz percorre ao atravessar a lâmina de vidro.

Apresente todos os cálculos efetuados.

3.1. $3,0 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$n_v = 1,52; \quad \alpha = 32^\circ; \quad L = 2,81 \text{ cm} = 2,81 \times 10^{-2} \text{ m}$$

A distância, d , percorrida pela luz ao atravessar a lâmina de vidro é a hipotenusa do triângulo retângulo de cateto L , formando o ângulo de refração α_v (ver figura).



Das leis de Snell-Descartes para a refração, tem-se:

$$n_{\text{ar}} \sin \alpha = n_v \sin \alpha_v \Rightarrow 1,00 \times \sin 32^\circ = 1,52 \sin \alpha_v \Leftrightarrow \sin \alpha_v = \frac{\sin 32^\circ}{1,52} = 0,349 \Rightarrow \alpha_v = 20,4^\circ$$

$$\text{Mas } d = \frac{L}{\cos \alpha_v} \Rightarrow d = \frac{2,81 \times 10^{-2}}{\cos 20,4} = 3,00 \times 10^{-2} \text{ m}$$

A distância percorrida pela luz é igual a $3,0 \times 10^{-2} \text{ m}$.

*** 3.2.** A Figura 4 apresenta o gráfico do índice de refração, n , de um vidro BK7, em função do comprimento de onda, λ , da radiação eletromagnética visível (no vácuo).

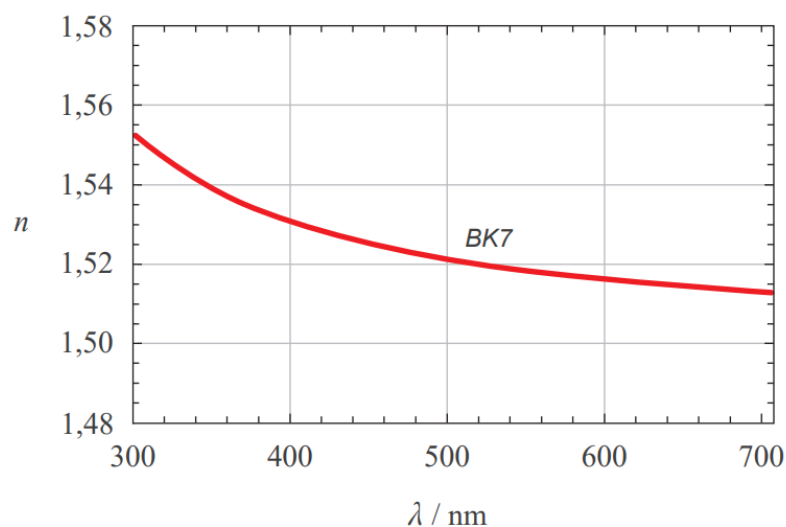


Figura 4

Explique, considerando a informação do gráfico, como varia a velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vidro BK7, à medida que o comprimento de onda da radiação diminui.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

3.2. De acordo com a informação do gráfico da Figura 4, à medida que o comprimento de onda, λ , da radiação diminui, o índice de refração, n , do vidro aumenta.

Como $c = n v$, sendo c a velocidade de propagação de qualquer radiação no vácuo constante, pode concluir-se que, com o aumento de n , a velocidade de propagação da radiação no vidro diminui.

Assim e de acordo com o referido, pode afirmar-se que a velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vidro diminui com a diminuição do comprimento de onda desta.

8. No âmbito das suas metas ambientais, uma indústria cimenteira instalou um precipitador eletrostático (dispositivo que remove poeiras) numa chaminé, como esquematizado na Figura 7.

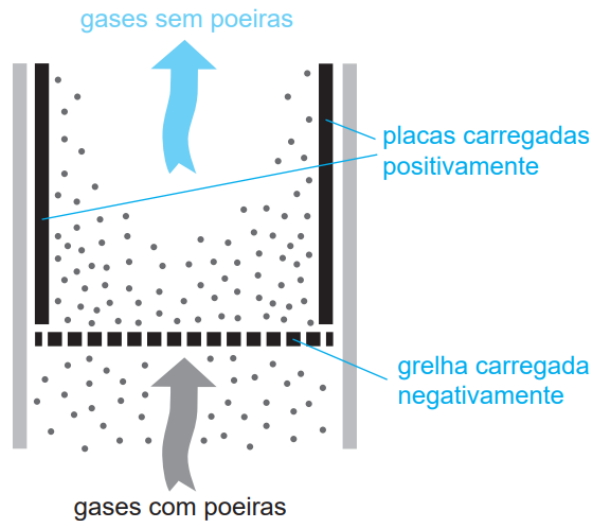
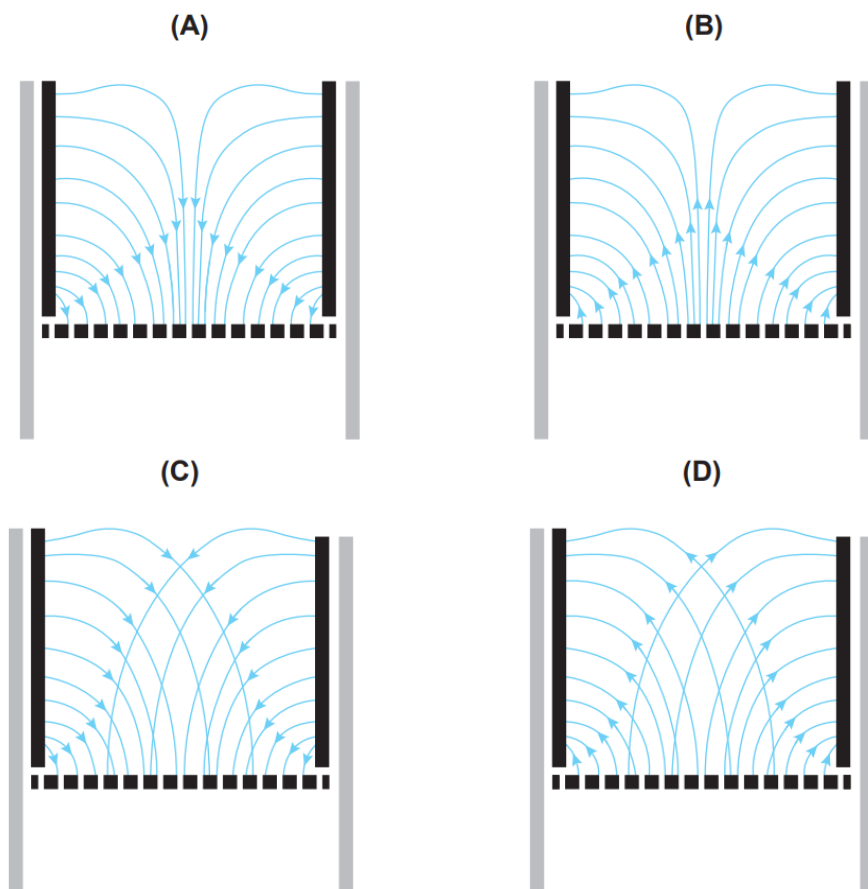


Figura 7

- * 8.1. As partículas constituintes dos gases de exaustão, ao atravessarem a grelha carregada negativamente, adquirem carga elétrica negativa. Posteriormente, são atraídas pelas placas carregadas positivamente, ficando aí aprisionadas.

Qual das opções seguintes pode representar as linhas de campo elétrico que se geram no dispositivo que remove poeiras?



8.1. (A)

As linhas de campo elétrico nunca se cruzam, pelo que se eliminam as opções (C) e (D). Como as linhas de campo elétrico têm sentido da carga (placa) positiva para a carga (placa) negativa, a opção correta é (A).

Exame Nacional de 2023 - 1.ª Fase

- * 2.1. O documentário *Descoberta 52: a busca da baleia mais solitária do mundo*, lançado em 2021, conta a procura de uma invulgar baleia que vocalizava a 52 Hz, frequência essa maior do que a das restantes baleias. Talvez por esse motivo não fosse «ouvida» pelas outras baleias, mesmo que se movimentassem nas mesmas águas e à mesma profundidade.

Pode concluir-se que, nessas condições, comparativamente ao som emitido pelas outras baleias, o som de 52 Hz

- (A) é mais grave.
- (B) se propaga com maior velocidade.
- (C) apresenta igual período.
- (D) tem menor comprimento de onda.

* 2.1. Versão 1 – (D);

Sabe-se que $f = \frac{1}{T}$ e que $\lambda = \frac{v}{f}$. Rapidamente verifica-se a utilização da segunda expressão, onde a maior frequência implicará um menor comprimento de onda do que as outras frequências emitidas pelas outras baleias, que terão um som de menor frequência do que 52 Hz.

Para que o som seja **mais grave** do que os sons nas outras frequências emitidas pelas outras baleias, era necessário que a frequência fosse menor, pelo que esta opção está incorreta. O som não se propagará com **maior velocidade** pois o meio em que a onda se propaga é a mesma, pelo que esta opção está incorreta. O som também não apresenta **igual período**, devido à primeira expressão apresentada, $f = \frac{1}{T}$, pelo que esta opção está incorreta.

- * 2.2. Os cientistas conseguem estimar o comprimento dos cachalotes através da análise dos ultrassons que estes emitem e do cálculo do comprimento do saco de espermacete, d .

A Figura 1 é uma representação de um cachalote, na qual se evidenciam o saco de espermacete, que contém gordura, e os sacos distal e frontal, que contêm ar.

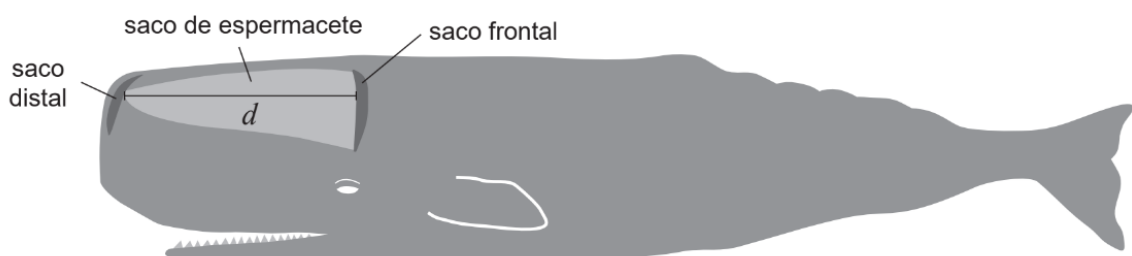


Figura 1

O som é produzido na parte da frente da cabeça, junto ao saco distal, e percorre a distância d . Ao chegar ao saco frontal, o som é refletido, percorrendo novamente a distância d . Quando chega ao saco distal, parte do som transmite-se para a água, formando o pulso p_1 , enquanto o restante é novamente refletido para o saco de espermacete, repetindo-se o processo, que acaba por formar outros pulsos (p_2 , p_3 , ...).

A Figura 2 mostra o registo de uma série de pulsos de um cachalote, detetados por um hidrofone, e a respetiva escala temporal.

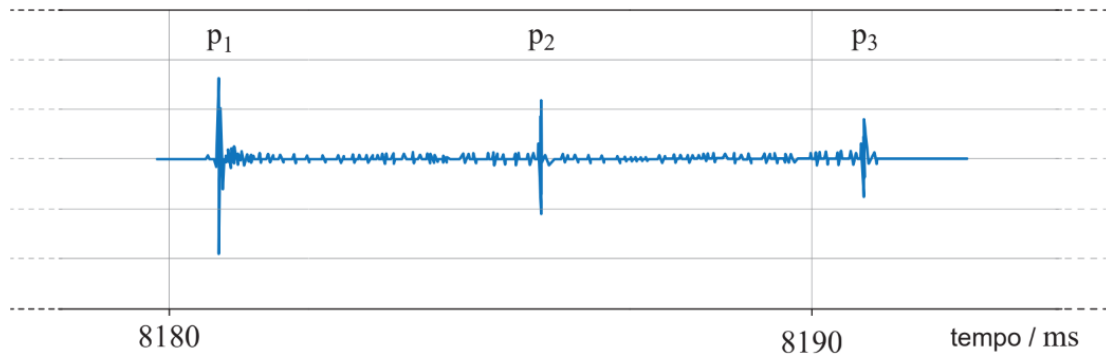


Figura 2

Considere que o módulo da velocidade de propagação do som no saco de espermacete é 1400 m s^{-1} .

Determine o comprimento do saco de espermacete, d .

Apresente todos os cálculos efetuados.

* 2.2.

Etapas de raciocínio para a resolução do item.

Ao terminarmos de ler o texto, temos que levar em consideração as diferentes informações como distâncias, tempos e pulsos, bem como relacionar as informações com o formulário.

Premissa I) É solicitado o valor da distância. Sabe-se que $v = \frac{d}{t}$. Sabemos o módulo da velocidade, **mas não o tempo**, pelo que será preciso o determinar.

Premissa II) Como nos é apresentado um registo de pulsos, com uma escala apropriada marcada nos 8180 ms e 8190 ms, prevê-se a **necessidade de uma régua** para determinação do tempo entre os pulsos.

Premissa III) Pelo enunciado, devemos ter em consideração que os pulsos só são determinados quando uma distância igual a **$2d$** for percorrida.

- Obtenção do intervalo de tempo entre dois pulsos consecutivos ($5,00 \times 10^{-3} \text{ s}$)

Sabe-se que o módulo da velocidade no saco de espermacete é constante, pelo que é necessário determinar o tempo percorrido. Logo,

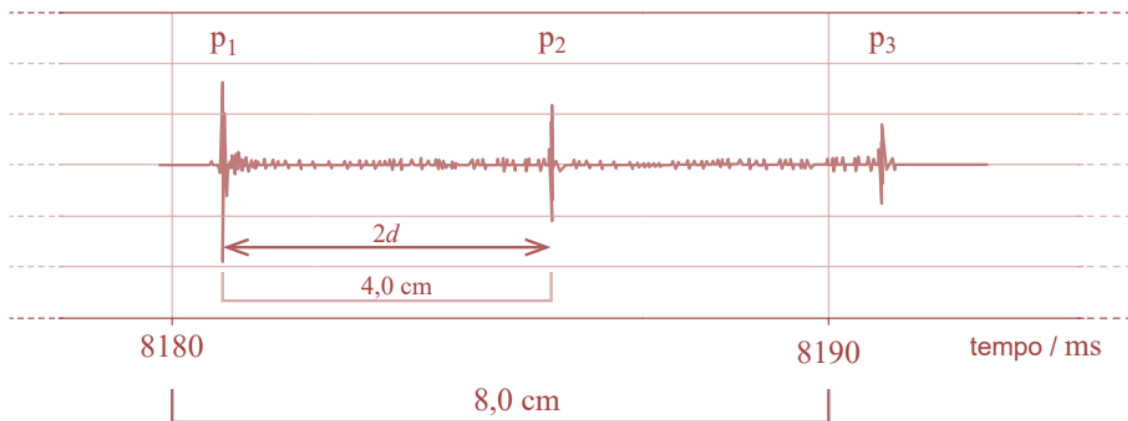


Figura 1

$$\frac{8190 \text{ ms} - 8180 \text{ ms}}{8,0 \text{ cm}} = \frac{T}{4,0 \text{ cm}} \Leftrightarrow T = 5,00 \times 10^{-3} \text{ s}$$

- Cálculo do comprimento do saco de espermacete (3,5 m)

$$v = \frac{d}{t} \Leftrightarrow d = vt \quad 2d = 1400 \times 5,00 \times 10^{-3} \Leftrightarrow d = 3,5 \text{ m}$$

5.3. No interior do elevador, uma pessoa observa-se ao espelho. Este encontra-se disposto numa posição inclinada, fazendo um ângulo de 80° com a base do elevador, como se representa na Figura 6. Dois raios luminosos são refletidos no espelho e atingem os olhos da pessoa.

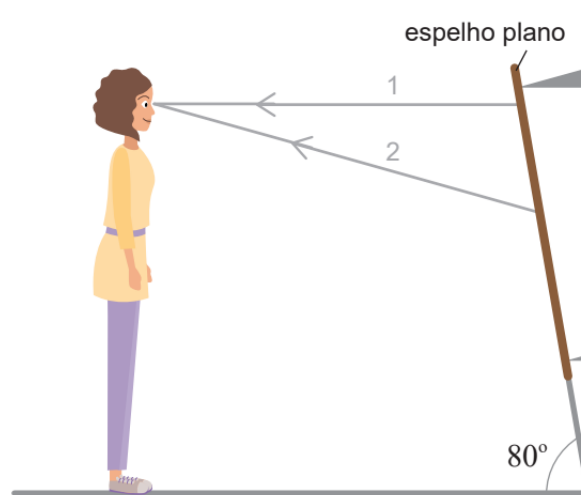


Figura 6

O ângulo de incidência do raio que dá origem ao raio refletido (1), paralelo ao solo, é de

- (A) 40° e é maior do que o ângulo de incidência do raio (2).
- (B) 10° e é maior do que o ângulo de incidência do raio (2).
- (C) 10° e é menor do que o ângulo de incidência do raio (2).
- (D) 40° e é menor do que o ângulo de incidência do raio (2).

5.3. Versão 1 – (C);

Observa-se que o espelho se encontra inclinado 80° em relação ao solo e o raio refletido (1) é paralelo ao solo. Deste modo, em relação à normal do espelho, o ângulo de reflexão é de 10° , pois como o raio refletido não acompanhou a inclinação do espelho e a diminuição de 90° para 80° na inclinação do espelho, o ângulo deve ser de 10° . O raio refletido (2) possui um maior ângulo de reflexão do que o ângulo de reflexão do raio (1), pelo que o seu raio de incidência também é maior. O ângulo do raio de incidência é igual ao ângulo do raio de reflexão.

Para resolver este item, é necessário ter o conhecimento dos ângulos incidentes e refletidos, bem como saber que o **ângulo do raio de incidência é igual ao ângulo do raio de reflexão**. Para além disso, um desenho, representado na Figura 7, facilita a resolução do item. Deste modo, verifica-se a opção correta. É possível verificar os 10° também através das propriedades e semelhanças de triângulos, ilustrado na Figura 8. Portanto, tem-se que

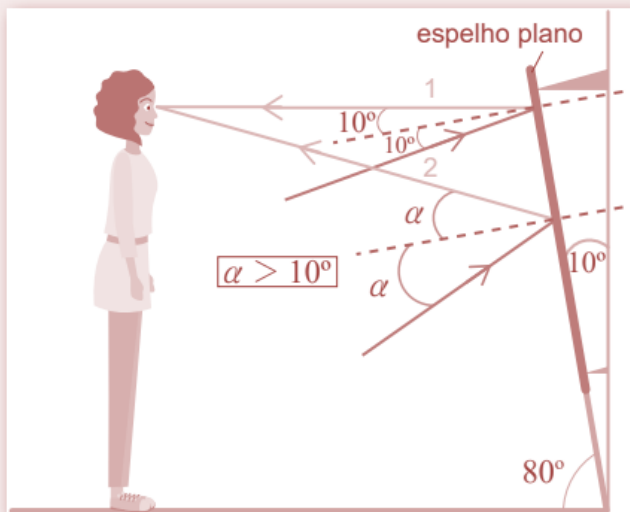


Figura 7



Figura 8

Exame Nacional de 2022 - Época Especial

- * 4.2.4. A indução eletromagnética, que permite a produção de corrente elétrica em muitos dispositivos, foi descoberta por Michael Faraday.

Algumas bicicletas dispõem de faróis cujas lâmpadas estão ligadas a um dínamo, que pode ser semelhante ao representado na Figura 4.

Quando a roda da bicicleta está em movimento, o eixo do dínamo gira, provocando a rotação do íman, e a lâmpada acende-se. Quando a roda está parada, a lâmpada não se acende.

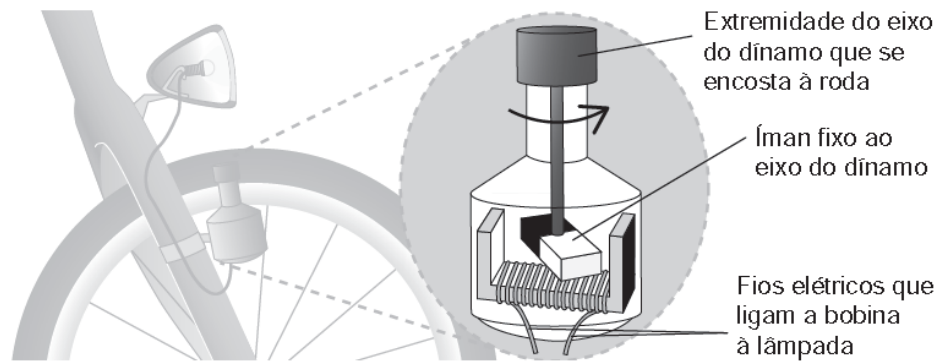


Figura 4

Fonte: www.lowgif.com (consultado em janeiro de 2022). (Figura adaptada)

Explique, com base na lei de Faraday, a diminuição da corrente elétrica induzida no circuito (constituído por dínamo e lâmpada) à medida que a ciclista sobe a rampa, entre B e C, sem pedalar.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

4.2.4.

Com o movimento da roda da bicicleta, que se encontra encostada à extremidade do eixo do dínamo, ocorre a rotação do íman, o que provoca uma variação do fluxo magnético através da espira da bobina. A variação do fluxo magnético gera uma corrente elétrica.

De acordo com a lei de Faraday, $|\mathcal{E}| = \left| \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} \right|$, a força eletromotriz induzida no circuito é, em módulo, igual à taxa de variação temporal do fluxo magnético que o atravessa.

À medida que a ciclista sobe a rampa, entre B e C, ocorre uma diminuição da velocidade da roda traseira da bicicleta, diminuindo, assim, a velocidade de rotação do íman ao longo da subida. Então, a variação temporal do fluxo magnético através das espiras é cada vez menor.

Em conclusão, ao longo da subida há uma diminuição da força eletromotriz induzida e, consequentemente, uma diminuição da corrente elétrica no circuito.

- * 5.1.2. Para determinar o comprimento de onda da componente espectral de maior intensidade da radiação emitida por um LED, realizou-se uma atividade experimental de difração.

A montagem experimental está esquematizada na Figura 8.

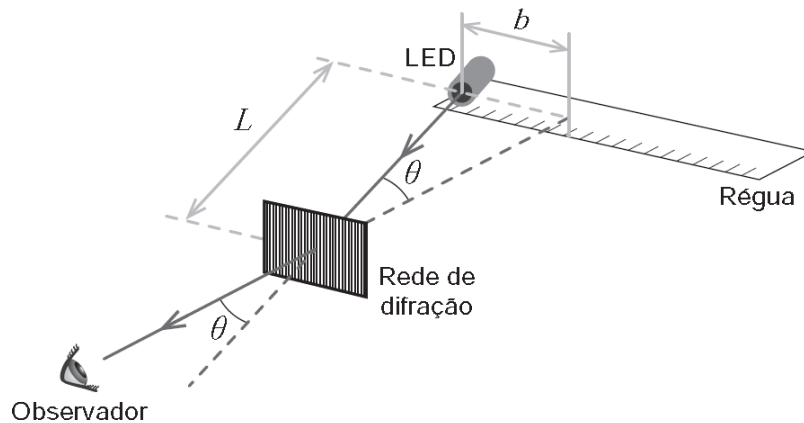


Figura 8

Com uma rede de difração de 1000 linhas por mm, situada a uma dada distância, L , do LED ligado, observa-se um espectro, estando a cor da componente espectral de maior intensidade a uma dada distância, b , do LED.

O comprimento de onda, λ , da componente espectral de maior intensidade pode ser obtido a partir da expressão

$$d \sin \theta = n \lambda$$

em que:

- n corresponde à ordem do máximo (o primeiro máximo visível tem $n = 1$);
- d representa a distância entre o centro de duas linhas consecutivas na rede de difração;
- θ representa o ângulo entre a direção perpendicular à rede de difração e a direção entre o observador e o primeiro máximo da componente espectral.

Num dos ensaios realizados, mediu-se uma distância L de 150 mm e obteve-se uma distância b de 72 mm.

Calcule o comprimento de onda da componente espectral de maior intensidade do LED.

Apresente todos os cálculos efetuados.

5.1.2. $\lambda = 4,33 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$n = 1 ; L = 150 \text{ mm} ; b = 72 \text{ mm}$$

$$n.^{\circ} \text{ de linhas} = 1000 \text{ mm}^{-1}$$

Como a rede de difração tem 1000 linhas por mm, a distância, d , entre o centro de duas linhas consecutivas é:

$$d = \frac{1}{1000} = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mm} \Leftrightarrow d = 1,00 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Recorrendo à figura 8 do enunciado, tem-se:

$$\sin \theta = \frac{b}{\sqrt{b^2 + L^2}} \Rightarrow \sin \theta = \frac{72}{\sqrt{72^2 + 150^2}} = 0,433$$

Assim,

$$1,00 \times 10^{-6} \times 0,433 = 1 \times \lambda \Leftrightarrow \lambda = 4,33 \times 10^{-7} \text{ m}$$

O comprimento de onda da componente espectral de maior intensidade do LED é $4,33 \times 10^{-7} \text{ m}$.

Exame Nacional de 2022 - 2.ª Fase

1. O Sol emite luz, mas também fluxos de partículas que constituem o vento solar.

Estas partículas carregadas eletricamente, como prótons, eletrões e iões de hélio, interagem com o campo magnético terrestre, deformando-o.

- * 1.1. A Figura 1 ilustra a deformação do campo magnético terrestre por interação com o vento solar.

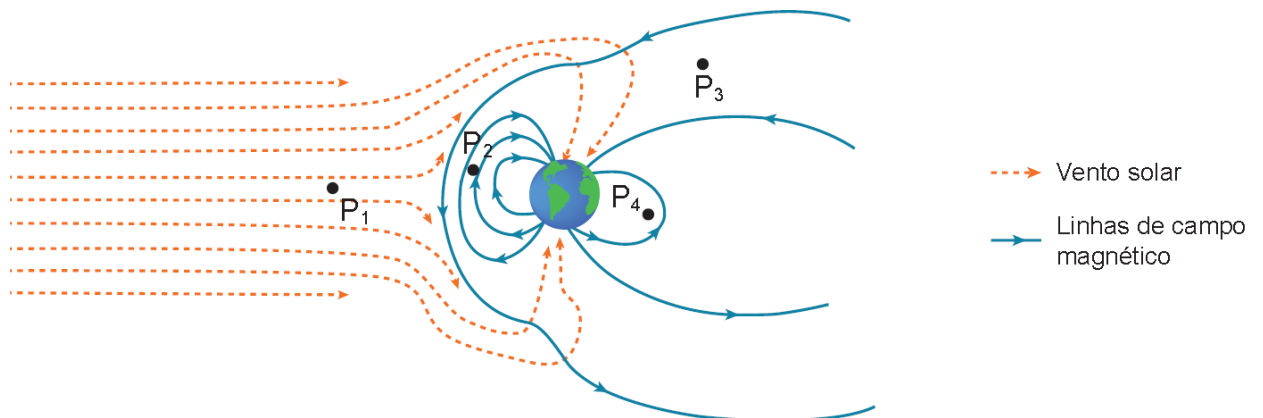


Figura 1

O módulo do campo magnético é maior

- (A) em P₁ do que em P₄.
- (B) em P₃ do que em P₂.
- (C) em P₂ do que em P₄.
- (D) em P₁ do que em P₂.

1.1. (C)

O módulo do campo magnético é tanto maior quanto maior for a densidade das linhas de campo.

Na figura 1 do enunciado, verifica-se que, dos pontos assinalados (P_1 , P_2 , P_3 e P_4), as linhas de campo são mais densas na região do campo que contém o ponto P_2 , logo a opção correta é a (C).

8. A Figura 10, que não está à escala, representa uma montagem laboratorial que inclui um espelho e um pentaprisma de vidro transparente.

Um feixe de luz laser, propagando-se inicialmente no ar, é refletido no espelho, entrando no pentaprisma perpendicularmente a uma das suas faces.

Na figura, representa-se ainda parte dos trajetos dos feixes resultantes das sucessivas reflexões e refrações nas faces do prisma.

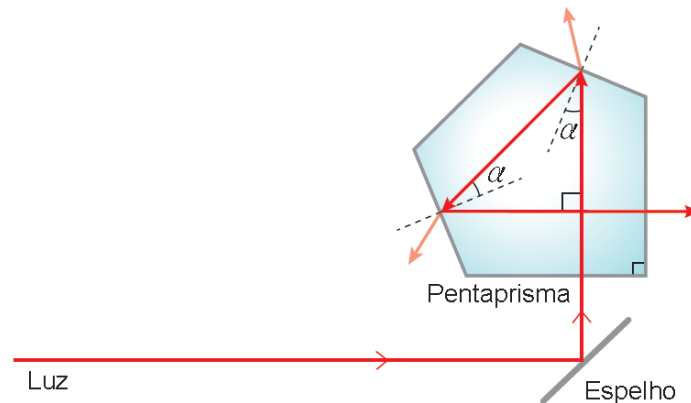


Figura 10

* 8.1. Quando o feixe de luz passa do ar para o pentaprisma,

- (A) mantém-se a frequência, mas o módulo da velocidade de propagação diminui.
- (B) diminui a frequência, mas o módulo da velocidade de propagação mantém-se.
- (C) diminui a frequência e diminui o módulo da velocidade de propagação.
- (D) mantém-se a frequência e mantém-se o módulo da velocidade de propagação.

8.1. (A)

A frequência de uma radiação monocromática não depende do meio de propagação, logo mantém-se constante quando muda de meio, pelo que as opções (B) e (C) são falsas.

A velocidade de propagação do feixe de luz depende do meio de propagação.

Da figura 10, verifica-se que o feixe de luz se afasta da normal, ao passar do vidro para o ar, o que evidencia que o índice de refração do vidro é superior ao do ar. Como $n = \frac{c}{v}$, a velocidade de propagação do feixe de luz no vidro é inferior à do ar.

A opção correta é a (A).

* 8.2. A luz no interior do pentaprisma incide com um mesmo ângulo α em duas faces, refletindo-se tal como se representa na Figura 10.

Considere que o índice de refração do vidro que constitui o pentaprisma é 1,52.

Demonstre que, nestas condições, não ocorre reflexão total da luz no pentaprisma, apresentando todos os cálculos efetuados.

8.2.

$$n_{\text{vidro}} = 1,52$$

Como o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão e a soma dos ângulos internos de um triângulo é 180° , verifica-se, por observação da figura 10, que:

$$90^\circ + 4\alpha = 180^\circ \Rightarrow \alpha = 22,5^\circ$$

De acordo com a Lei de Snell-Descartes, e sabendo que o ângulo-limite é o ângulo de incidência para o qual o ângulo de refração é igual a 90° , vem:

$$n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{lim}} = n_{\text{ar}} \sin 90^\circ \Rightarrow 1,52 \times \sin \alpha_{\text{lim}} = 1 \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{lim}} = \frac{1}{1,52} = 0,66 \Rightarrow \alpha_{\text{lim}} = 41,3^\circ$$

Como o ângulo incidente ($22,5^\circ$) é inferior ao ângulo-limite ($41,3^\circ$), não ocorre reflexão total.

Exame Nacional de 2022 - 1.ª Fase

- 5.4. Para prever erupções vulcânicas, os cientistas monitorizam a atividade sísmica com sismógrafos. Os sismos geram, entre outros tipos de ondas, ondas transversais, S, e ondas longitudinais, P.

O epicentro de um sismo ocorre a 3220 km de uma estação sismográfica, sendo as ondas S detetadas 4,8 minutos depois das ondas P.

Admita uma propagação em linha reta e considere que as velocidades das ondas P e S se mantêm constantes durante o percurso.

A velocidade de propagação das ondas P é $8,0 \text{ km s}^{-1}$. Qual é a velocidade de propagação das ondas S?

- (A) $7,9 \text{ km s}^{-1}$
- (B) $3,2 \text{ km s}^{-1}$
- (C) $4,7 \text{ km s}^{-1}$
- (D) $11,2 \text{ km s}^{-1}$

Opção (C) $4,7 \text{ km s}^{-1}$

$$d = v_{\text{ondasP}} \times \Delta t \Leftrightarrow \Delta t = \frac{d}{v_{\text{ondasP}}} = \frac{3200 \text{ km}}{8,0 \text{ km s}^{-1}} = 403 \text{ s}$$

$$\Delta t_{\text{ondasS}} = \Delta t_{\text{ondasP}} + 4,8 \times 60 \text{ s} = 403 + 4,8 \times 60 = 691 \text{ s}$$

$$v_{\text{ondasS}} = \frac{d}{\Delta t_{\text{ondasS}}} = \frac{3200}{691} = 4,7 \text{ km s}^{-1}$$

6. Num percurso pedestre no litoral algarvio, um rapaz encontra aos seus pés uma abertura na rocha. Ao olhar para o seu interior, observa que se trata de uma cavidade de desenvolvimento vertical, de profundidade elevada, sobre a água. Este tipo de cavidades designa-se algar.

Pela abertura do algar, o rapaz deixa cair verticalmente uma pedra, como se representa na Figura 5.

* 6.1. O som da pedra a bater na água é ouvido 3,0 s depois de a pedra ser largada.

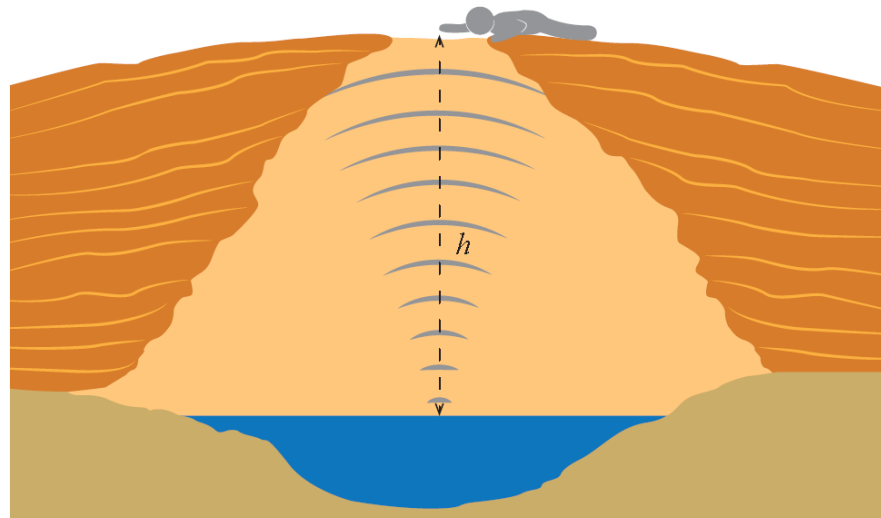


Figura 5

Admita que a velocidade do som no ar é 340 m s^{-1} e que a resistência do ar é desprezável.

Mostre que, para a distância percorrida, h , a razão entre o tempo de queda, t_q , da pedra e o tempo de propagação do som, t_s , é 24 $\left(\frac{t_q}{t_s} = 24\right)$.

* 6.1.

- Consideração de 3,0 s como o somatório do tempo de queda da pedra e do tempo de propagação do som.

Começemos por observar que o tempo de o rapaz ouvir a pedra bater na água após soltar a pedra é de 3,0 s. Ou seja, $t_q + t_s = 3,0 \text{ s}$

- Identificação do movimento de queda da pedra como retilíneo uniformemente acelerado e a propagação do som como movimento retilíneo uniforme, expressando as respetivas equações**

A pedra, ao estar em queda livre, tem aceleração constante, que é a aceleração gravítica. Assim, podemos obter uma equação da distância percorrida pela pedra, em função do tempo:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad d_q = 5 t_q^2$$

Por outro lado, o som, a partir do momento em que a pedra bate na água, tem velocidade constante, pelo que o valor de v_0 na equação das posições será a indicada no enunciado:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad d_s = 340 t_s$$

- Consideração de que a distância percorrida na queda da pedra é igual à distância percorrida pelo som e conclusão do pretendido.

Como $d_q = d_s = h$, tem-se

$$\begin{aligned} 5 t_q^2 &= 340 t_s \Leftrightarrow 5 t_q^2 = 340 (3,0 - t_q) \Leftrightarrow 5 t_q^2 + 340 t_q - 1020 = 0 \Leftrightarrow t_q = \frac{-340 \pm \sqrt{340^2 - 4 \times 5 \times (-1020)}}{2 \times 5} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow t_q = 2,88 \text{ s} \Rightarrow 5 t_q^2 = 340 t_s \Leftrightarrow \frac{t_q}{t_s} = \frac{340}{5 t_q} \Leftrightarrow \frac{t_q}{t_s} = \frac{340}{5 \times 2,88} \Leftrightarrow \frac{t_q}{t_s} = 24 \end{aligned}$$

6.2. A queda vertical da pedra na superfície da água origina uma onda circular, tal como se representa na Figura 6. Na imagem, as zonas mais claras correspondem a cristas, e as zonas mais escuras correspondem a vales.

Admita um diâmetro, D , de 3,0 m.

Entre o instante em que a pedra atinge a água e o instante em que a frente de onda atinge a margem, o intervalo de tempo decorrido é 3,0 s.

A onda que se propaga na água tem

- (A) uma frequência de 3,3 Hz.
- (B) um comprimento de onda de 0,6 m.
- (C) uma frequência de 1,7 Hz.
- (D) um comprimento de onda de 1,0 m.

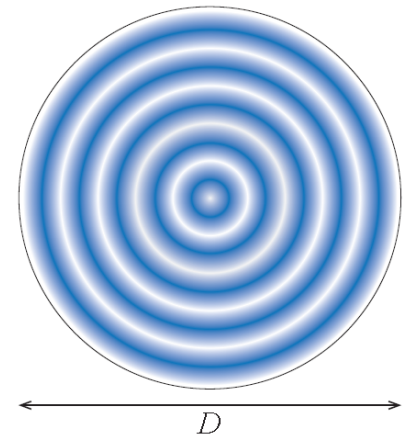
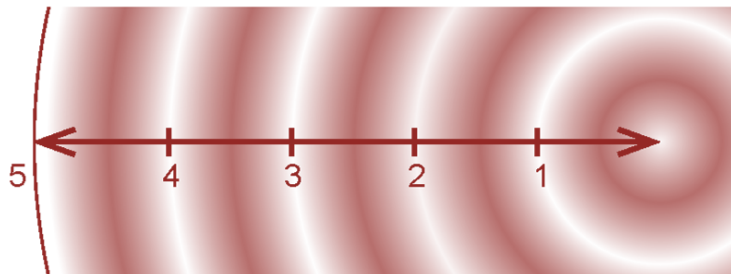


Figura 6

6.2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (B)

A pedra, ao cair na água, comporta-se como uma “fonte de sinal”. Deste modo, quando a primeira onda atinge a margem, decorreram três segundos e foram criadas outras ondas. A partir de uma observação direta da Figura, existem, no total, cinco períodos representados para 1,5 m, ou seja, existem cinco cristas representadas. Portanto, tem-se:

$$T = \frac{3,0}{5} = 0,60 \text{ s} \Rightarrow f = \frac{1}{T} \quad f = \frac{1}{0,60} = 1,7 \text{ Hz} \quad ; \quad \lambda = \frac{1,5}{5} = 0,30 \text{ m}$$



Exame Nacional de 2021 - Época Especial

4. Considere uma onda transversal e sinusoidal que se propaga num lago onde se encontra uma boia de sinalização, B.

Na Figura 5 (que não está à escala), representa-se uma porção da superfície da água do lago, num dado instante, t_1 , e um referencial xOy . Admita que a onda se propaga no sentido positivo do eixo Ox com velocidade constante.

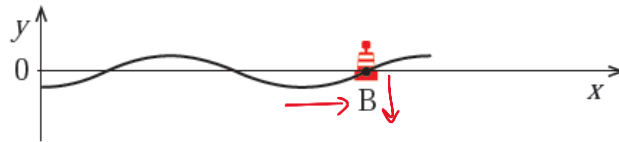
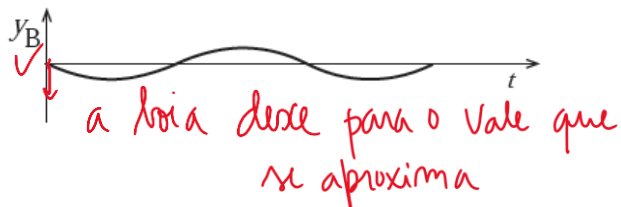


Figura 5

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da posição da boia de sinalização, y_B , segundo o eixo Oy , em função do tempo, t , considerando t_1 o instante inicial?

(A)



(B)



(C)



(D)



4. Versão 1 – (A); Versão 2 – (B)

As posições futuras da boia devem ser observadas a partir do instante t_1 . A sua posição inicial é na origem do referencial e deve inicialmente descer, pois o futuro observável na Figura é de que a onda desce após aquela posição.

6. Na Figura 6 (que não está à escala), representa-se a secção transversal de um prisma de vidro e parte do trajeto de um feixe fino de luz laser, de frequência $4,74 \times 10^{14}$ Hz, que, ao propagar-se no ar, incide numa das faces desse prisma.

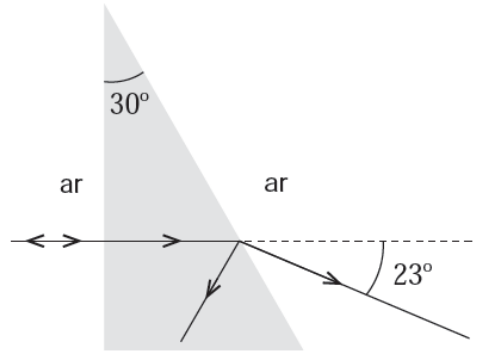


Figura 6

- 6.1. A potência do feixe de luz incidente na superfície de separação ar-vidro é _____ à potência do feixe de luz refletida nessa superfície, e as velocidades desses feixes de luz são _____.

- (A) superior ... iguais (B) igual ... diferentes
(C) superior ... diferentes (D) igual ... iguais

6.1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (D)

Naturalmente, o feixe refletido possui uma menor potência, pois nem toda energia desse feixe de luz foi refletida. Os feixes possuem a mesma velocidade, pois ambos estão no prisma de vidro, pelo que a sua velocidade não se altera no mesmo meio.

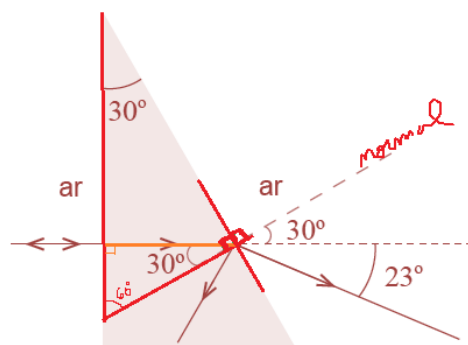
- * 6.2. Determine o comprimento de onda da luz laser no vidro.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- Cálculo do índice de refração do vidro constituinte do prisma.

$$n_{\text{vidro}} \times \sin 30^\circ = 1,000 \times \sin(23^\circ + 30^\circ) \Leftrightarrow n_{\text{vidro}} = 1,597$$

Nesta situação, deve-se levar em conta a normal para o ângulo refratado. Também, para se descobrir os ângulos, deve-se levar em conta à amplitude de 30° que o prisma possui, fazendo com que a amplitude do ângulo em relação à normal seja de $23^\circ + 30^\circ = 53^\circ$



- Cálculo do módulo da velocidade de propagação da luz no vidro constituinte do prisma

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow 1,597 = \frac{3,00 \times 10^8}{v} \Leftrightarrow v = 1,879 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

- Cálculo do comprimento de onda da luz no vidro

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{1,879 \times 10^8}{4,74 \times 10^{14}} = 3,96 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Exame Nacional de 2021 - 2.ª Fase

5. Na Figura 2, está esquematizado um feixe fino, L_1 , de luz laser, que incide na superfície curva de uma placa semicilíndrica de um vidro, originando um feixe fino, L_2 . Este, ao passar do vidro para o ar, origina o feixe fino L_3 .

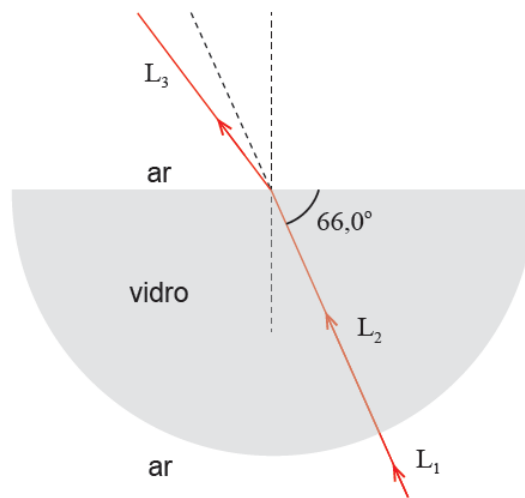


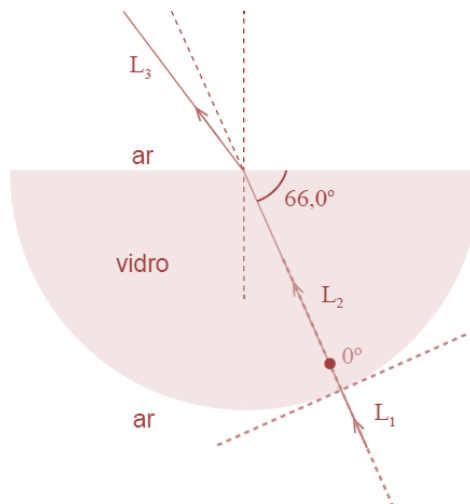
Figura 2

- * 5.1. Considere a mudança de meio de propagação da luz, na qual o feixe L_1 origina o feixe L_2 .

Qual é a amplitude do ângulo de refração?

* 5.1. 0°

Por observação direta da Figura 1, conclui-se, a partir da normal naquele espaço do vidro considerado, que a amplitude do ângulo de refração em relação à normal é de 0° .



* 5.2. O feixe L_3 está desviado $13,2^\circ$ relativamente à direção do feixe incidente.

Determine o módulo da velocidade de propagação da luz no vidro.

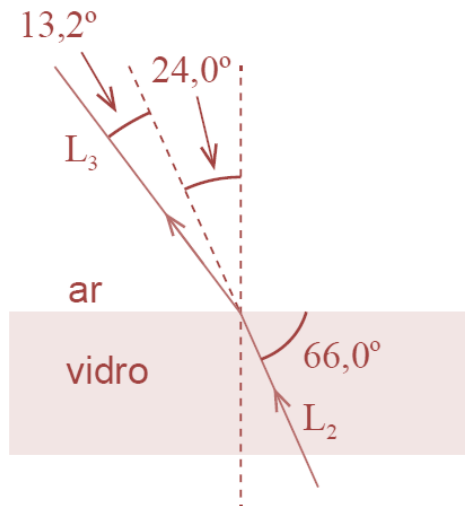
Apresente todos os cálculos efetuados.

* 5.2.

- Cálculo da amplitude do ângulo de refração

Por observação da figura, calcula-se que a amplitude do ângulo de refração é de $13,2 + 24,0 = 37,2^\circ$

A Figura 2 é uma ampliação que representa os ângulos referidos.



- Cálculo do índice de refração do vidro

$$n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}} = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} \Leftrightarrow 1,000 \sin 37,2^\circ = n_{\text{vidro}} \sin (90,0 - 66,0)^\circ \Leftrightarrow n_{\text{vidro}} = 1,486$$

- Cálculo da velocidade

$$n = \frac{c}{v} \quad 1,486 = \frac{3,00 \times 10^8}{v} \Leftrightarrow v = 2,02 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

3. Em 1849, Hippolyte Fizeau mediu a velocidade da luz no ar com base na experiência esquematizada na Figura 3 (que não está à escala). Nessa experiência, um feixe de luz passava numa ranhura, na periferia de uma roda dentada, e era, a seguir, refletido num espelho colocado a uma distância de 8,63 km da roda.

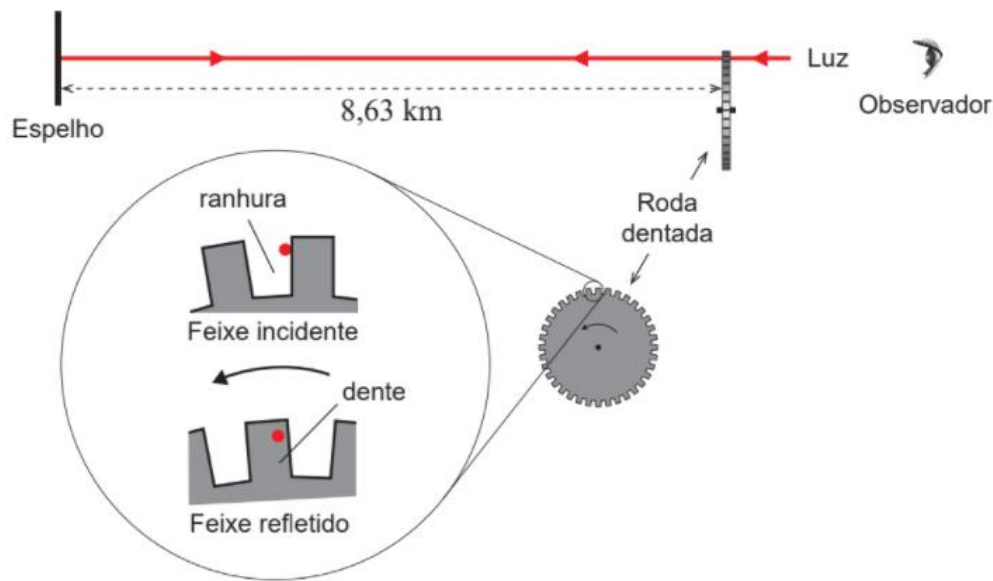


Figura 3

Com a roda parada, o feixe refletido no espelho voltava a passar na mesma ranhura.

Com a roda a girar com uma frequência de 12,6 Hz, o feixe refletido no espelho não voltava a passar pela ranhura, incidindo no dente imediatamente a seguir, deixando de ser detetado pelo observador. Nestas condições, a roda descrevia um ângulo de $0,250^\circ$ desde o instante em que o feixe incidente passava pela ranhura até ao instante em que o feixe refletido incidia no dente.

- ★ 3.1. Determine a velocidade da luz no ar, tal como é obtida a partir da experiência descrita.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- Calcula o intervalo de tempo desde a passagem da luz pela ranhura até incidir no dente imediatamente a seguir da roda.

$$\frac{1 \text{ s}}{12,6 \text{ voltas}} = \frac{T}{1 \text{ volta}} \Leftrightarrow T = 7,934 \times 10^{-2} \text{ s}$$

$$\text{Assim, vem que } \frac{360^\circ}{7,934 \times 10^{-2} \text{ s}} = \frac{0,250^\circ}{t} \Leftrightarrow t = 5,512 \times 10^{-5} \text{ s}$$

OU

$$\frac{1 \text{ s}}{12,6 \text{ voltas}} = \frac{T}{1 \text{ volta}} \Leftrightarrow T = 7,934 \times 10^{-2} \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow \omega = \frac{360^\circ}{7,934 \times 10^{-2} \text{ s}} = 4,537 \times 10^3 \text{ }^\circ \text{ s}^{-1}$$

$$\frac{4,537 \times 10^3 \text{ }^\circ}{1 \text{ s}} = \frac{0,250^\circ}{t} \Leftrightarrow t = 5,510 \times 10^{-5} \text{ s}$$

- Calcula a velocidade da luz no ar, obtida a partir da experiência descrita.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \Leftrightarrow v = \frac{2 \times 8,63 \times 10^3 \text{ m}}{5,512 \times 10^{-5} \text{ s}} = 3,13 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

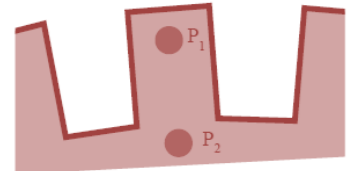
* 3.2. Considere a roda dentada a girar e dois pontos da roda a diferentes distâncias do centro.

Os módulos das velocidades desses pontos são _____ e os módulos das suas velocidades angulares são _____.

- (A) iguais ... iguais
- (B) iguais ... diferentes
- (C) diferentes ... iguais
- (D) diferentes ... diferentes

* 3.2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (A)

Sabe-se que $v = \omega r$ e $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Como o raio das trajetórias dos dois pontos difere, os módulos das velocidades dos dois pontos são diferentes. A velocidade angular para ambos os pontos é igual, pois somente o raio da trajetória varia.



* 4. Fez-se incidir um feixe de luz laser, que se propagava no ar, numa lâmina de um vidro, segundo cinco ângulos de incidência, α_{inc} . Para cada ângulo de incidência, mediu-se o correspondente ângulo de refração, α_{ref} . As amplitudes dos ângulos α_{inc} e α_{ref} estão registadas na tabela.

Determine o índice de refração daquele vidro.

Na resposta, apresente:

- uma tabela com os valores a utilizar na construção do gráfico, identificando as variáveis consideradas;
- a equação da reta de ajuste a um gráfico adequado;
- o cálculo do valor solicitado, a partir da equação da reta de ajuste.

Apresente todos os cálculos efetuados e o resultado com três algarismos significativos.

α_{inc}	α_{ref}
30,0°	17,5°
40,0°	23,0°
50,0°	27,5°
60,0°	30,5°
70,0°	34,5°

- Apresenta uma tabela com os valores $\sin \alpha_{\text{inc}}$ e $\sin \alpha_{\text{ref}}$ a utilizar na construção do gráfico.

$\sin \alpha_{\text{inc}}$	$\sin \alpha_{\text{ref}}$
0,5000	0,3007
0,6428	0,3907
0,7660	0,4617
0,8660	0,5075
0,9397	0,5664

- Apresenta a equação da reta de ajuste ao gráfico $\sin \alpha_{\text{inc}} = f(\sin \alpha_{\text{ref}})$

Na calculadora gráfica, efetua-se, na folha de cálculo, a regressão linear aos dados, a partir da relação

$$n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{inc}} = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{ref}} \Leftrightarrow 1,000 \times \sin \alpha_{\text{inc}} = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{ref}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{inc}} = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{ref}}$$

	1.1	1.2	*Doc		RAD	✕
	A a1	B a2	C	D		
=					=LinRegt	
1	0.5	0.3007	Title	Linear R..		
2	0.6428	0.3907	RegEqn	m*x+b		
3	0.766	0.4617	m	1.69715...		
4	0.866	0.5075	b	-0.0130...		
5	0.9397	0.5664	r²	0.99621...		
A	a1					

Portanto, a equação de reta de ajuste aos dados é $\sin \alpha_{\text{inc}} = 1,697 \sin \alpha_{\text{ref}} - 0,013$, pelo que o índice de refração do vidro considerado, com três algarismos significativos, é 1,70.

10. Dois microfones idênticos, ligados a um osciloscópio, foram colocados à mesma distância de um altifalante.

A Figura 6 apresenta os sinais I e II, visualizados no ecrã do osciloscópio, quando a base de tempo foi regulada para 0,5 ms por divisão e o amplificador vertical foi regulado para 0,5 V por divisão (para os dois sinais).

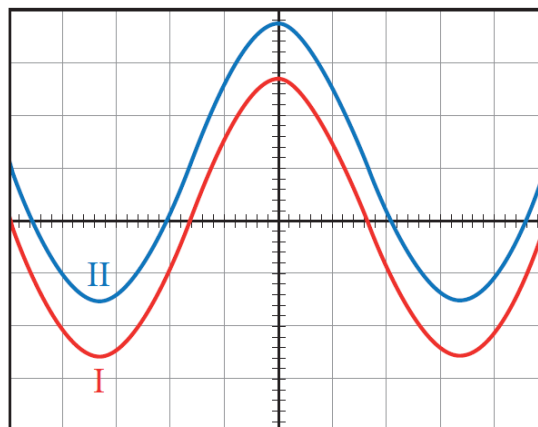


Figura 6

10.1. A frequência do sinal I é _____ e a amplitude desse sinal é _____ à amplitude do sinal II.

(A) $3,0 \times 10^2$ Hz ... igual

(B) $3,3 \times 10^3$ Hz ... igual

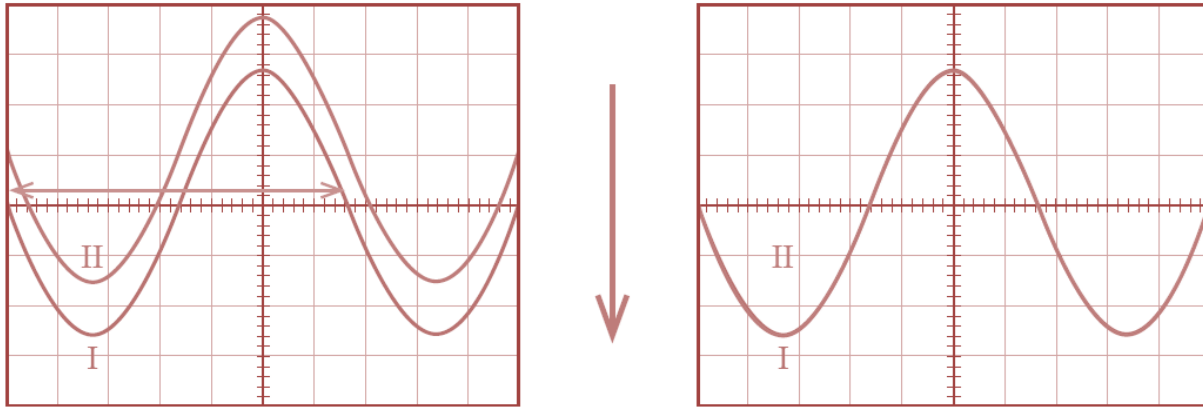
(C) $3,0 \times 10^2$ Hz ... inferior

(D) $3,3 \times 10^3$ Hz ... inferior

10.1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (B)

Efetuada uma translação vertical do gráfico do sinal II, observa-se que ambos possuem a mesma amplitude. Também é possível calcular a amplitude de ambos os sinais, calculando a distância vertical entre o mínimo e o máximo do sinal, e dividindo por dois, concluindo que ambos possuem a mesma amplitude.

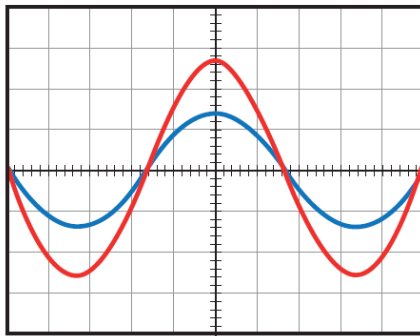
Por observação direta da figura, um período é $6,6 \times 0,5 = 3,3 \text{ ms} = 3,3 \times 10^{-3} \text{ s}$, pelo que a frequência é dada por $f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow f = \frac{1}{3,3 \times 10^{-3} \text{ s}} = 3,0 \times 10^2 \text{ Hz}$.



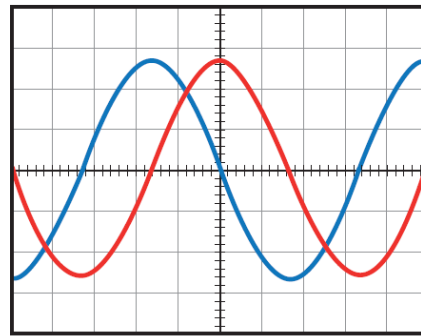
10.2. O microfone que originava o sinal II foi afastado do altifalante de uma distância igual a um quarto do comprimento de onda da onda sonora produzida pelo altifalante.

Qual das opções seguintes apresenta os sinais que seriam observados no ecrã do osciloscópio, após o ajuste do sinal II ao ecrã do osciloscópio?

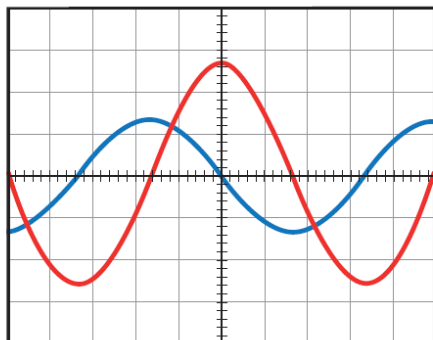
(A)



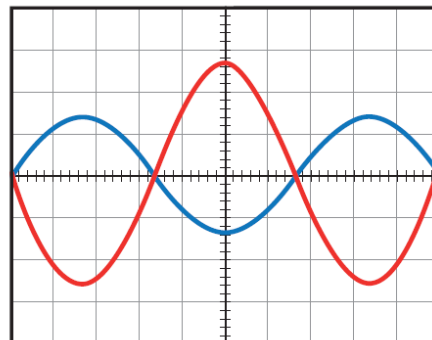
(B)



(C)



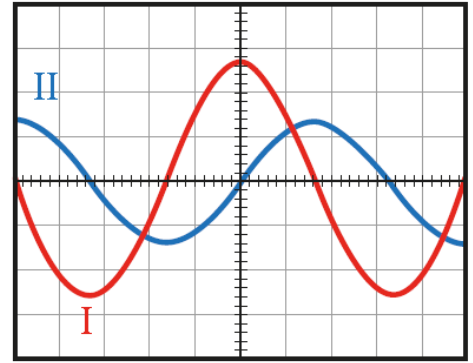
(D)



10.2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (A)

Nenhuma opção está verdadeiramente correta. O IAVE considerou a correta a (C) no entanto a onda II deveria estar à frente da onda I como se pode ver na figura seguinte.

Como o microfone II, que foi afastado do altifalante de um quarto de comprimento de onda, origina o sinal II um quarto de período depois do microfone I ter originado o sinal I. Como o microfone que originou o sinal II está mais afastado do altifalante do que o microfone I, o sinal II apresenta menor amplitude, isto é, ocorreu atenuação deste sinal.



Exame Nacional de 2020 - Época Especial

GRUPO III

1. Algumas lanternas produzem luz quando são agitadas. Nessas lanternas, o movimento de vaivém de um íman através de uma bobina, inserida num circuito com díodos emissores de luz (LED), origina uma corrente elétrica.

Na Figura 2, encontram-se representados esquematicamente a bobina, o íman e um LED de uma dessas lanternas.

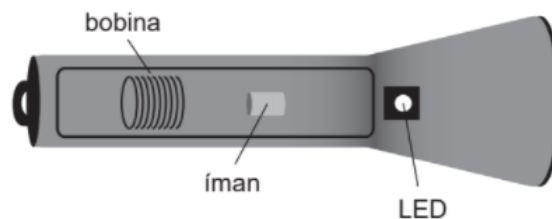


Figura 2

Explique o aparecimento de uma corrente elétrica no circuito.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

1. O íman existente na lanterna cria um campo magnético na região em que se encontra.

O movimento de vaivém do íman através da bobina cria um campo magnético variável na região onde se encontra a bobina. O fluxo do campo magnético, variável devido ao movimento do íman junto da bobina, que atravessa as superfícies delimitadas pelas espiras da bobina, provoca o aparecimento de uma corrente elétrica na bobina, que se designa por corrente elétrica induzida.

A diferença de potencial elétrico que é responsável pelo aparecimento da corrente elétrica induzida designa-se força eletromotriz induzida, ε .

De acordo com a lei de Faraday, a força eletromotriz induzida num circuito é, em módulo, igual à taxa de variação temporal do fluxo magnético que o atravessa.

$$|\varepsilon_i| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta T} \right|$$

A produção de corrente elétrica na bobina tem por base a lei de Faraday.

2. O esboço de gráfico da Figura 3 representa o módulo da força eletromotriz induzida, $|\varepsilon_i|$, numa espira metálica, em função do tempo, t .

Qual dos esboços de gráfico pode representar o fluxo magnético, Φ_m , que atravessa uma superfície delimitada pela espira, em função do tempo, t ?

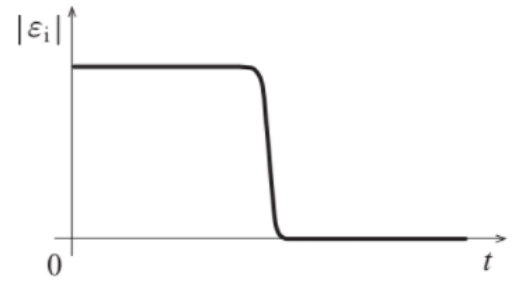
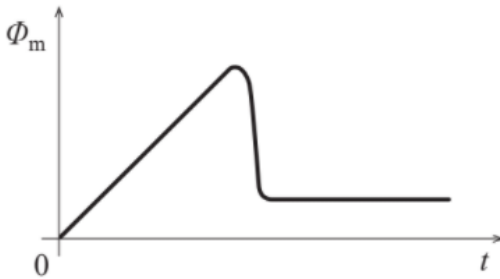
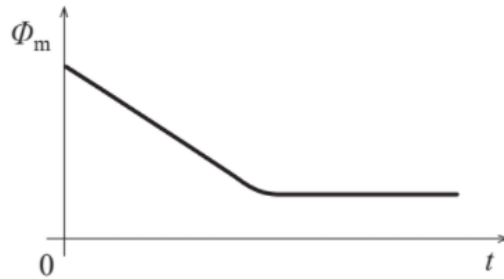


Figura 3

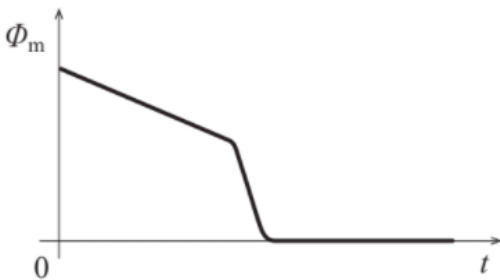
(A)



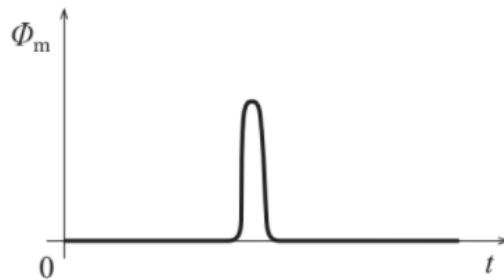
(B)



(C)



(D)



2. (B)

Antes de haver movimento do íman, a superfície delimitada pela bobina já era atravessada por um dado fluxo magnético não nulo, o que exclui os gráficos A e D.

De acordo com a lei de Faraday, em cada intervalo de tempo, o módulo da força eletromotriz induzida num circuito, é: $|\varepsilon_i| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta T} \right|$.

Assim, no primeiro intervalo de tempo, como $|\varepsilon_i|$ tem um valor diferente de zero, significa que ocorreu uma variação temporal de fluxo magnético.

No segundo intervalo de tempo, como $|\varepsilon_i| = 0 \text{ V}$, o fluxo magnético que atravessa a espira não se altera, mantendo-se com o valor adquirido no final do primeiro intervalo de tempo, o que está de acordo com a opção (B).

3. O gráfico da Figura 4 representa um sinal elétrico, recebido num osciloscópio, em que a base de tempo foi regulada para 0,5 ms/div e o amplificador vertical para 0,2 V/div.

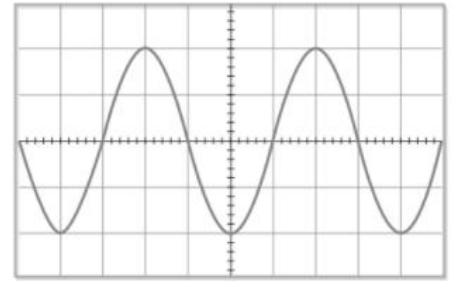


Figura 4

A frequência do sinal é _____ e a amplitude do sinal é _____.

- (A) 0,50 kHz ... 0,40 V
(B) 0,50 kHz ... 0,80 V
(C) 2,0 kHz ... 0,40 V
(D) 2,0 kHz ... 0,80 V

3. (A)

De acordo com o gráfico da Figura 4 e sendo a base de tempo registada para 0,5 ms/div, o período do sinal, $T = 4 \times 0,5 = 2,0$ ms.

Como $f = \frac{1}{T}$, vem $f = \frac{1}{2,0 \times 10^{-3} \text{ s}} = 5,0 \times 10^2 \text{ Hz} = 0,50 \text{ kHz}$.

Como a amplitude vertical foi regulada para 0,2 V/div (o que indica que o valor da tensão correspondente a cada divisão da escala vertical do ecrã é 0,2 V) e a deflexão vertical foi de duas divisões, a tensão será $2 \times 0,2 \text{ V} = 0,4 \text{ V}$.

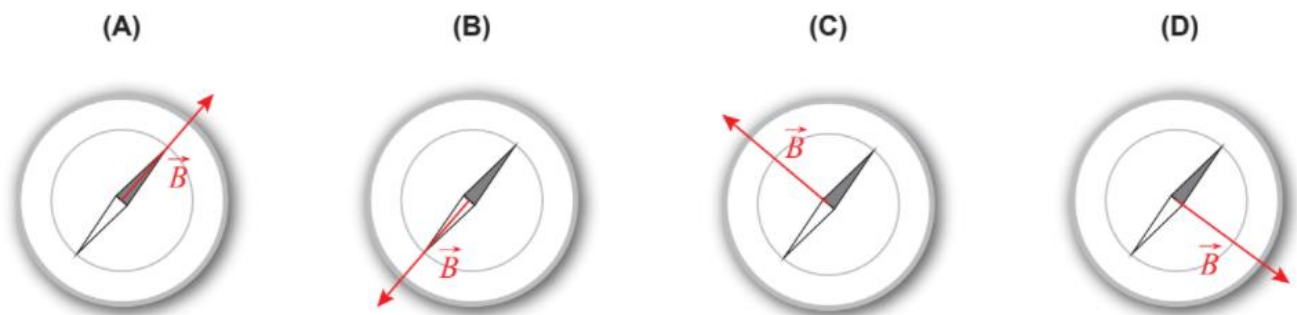
Assim, a amplitude do sinal é 0,4 V, o que está de acordo com a opção (A).

Exame Nacional de 2020 - 2.ª fase

GRUPO III

1. Considere a agulha magnética, em equilíbrio, de uma bússola que se encontra num plano horizontal.

Em qual dos esquemas seguintes, nos quais o polo norte da agulha está assinalado a cinzento, está representada a componente horizontal do campo magnético, $\vec{B}$, na posição em que a bússola se encontra?



1. (A)

Por convenção, as linhas de campo magnético saem do polo norte e entram no polo sul e o campo magnético, $\vec{B}$, é tangente, em cada ponto, às linhas de campo e tem o sentido destas, pelo que a opção correta é a (A).

3. As baleias comunicam através de sons que podem ser registados por hidrofones (sensores de pressão) e por sismómetros (sensores de velocidade) instalados no fundo do mar.

3.1. Algumas baleias emitem um som com uma frequência praticamente constante, designado *backbeat*.

Na Figura 3, apresenta-se o registo de um sinal elétrico, obtido por um hidrofone, de parte de um *backbeat*. No eixo horizontal representa-se o tempo em ms.

A frequência deste *backbeat* está contida no intervalo

- (A) [36, 39] Hz
- (B) [8, 11] Hz
- (C) [53, 56] Hz
- (D) [17, 20] Hz

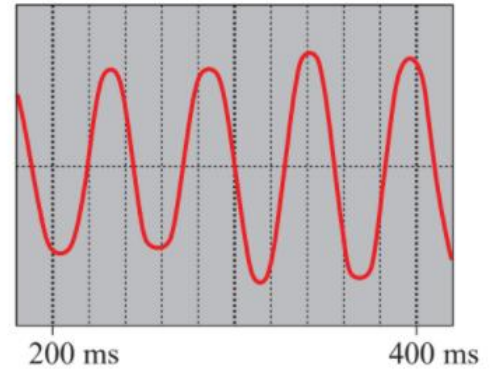


Figura 3

3.1. (D)

Na figura 3 do enunciado verifica-se que ao intervalo de tempo de 200 ms a 400 ms correspondem cerca de 3,5 períodos. Assim,

$$400 - 200 = 3,5T \Leftrightarrow T = \frac{200}{3,5} = 57 \text{ ms} \Leftrightarrow T = 57,1 \times 10^{-3} \text{ s}$$

Como $f = \frac{1}{T}$, então

$$f = \frac{1}{57,1 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow f = 17,5 \text{ Hz}$$

Este valor, 17,5 Hz, está contido no intervalo [17, 20] Hz, sendo a opção correta a (D).

3.2. As baleias podem ser localizadas a partir da refração dos sons por elas emitidos.

Considere um som emitido por uma baleia, que se propaga inicialmente na água do mar e que, depois, se passa a propagar nos sedimentos do fundo do mar.

Na Figura 4 (que não está à escala), representam-se as direções de propagação do som detetado pelo sismómetro S.

Considere que o índice de refração de um meio, para um som, é

$$n_{\text{meio}} = \frac{k}{v_{\text{meio}}}$$

em que k é uma constante e v_{meio} é o módulo da velocidade de propagação do som no meio considerado: $1,5 \text{ km s}^{-1}$ na água do mar e $1,8 \text{ km s}^{-1}$ nos sedimentos considerados.

Determine a distância a que a baleia se encontra do sismómetro S.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

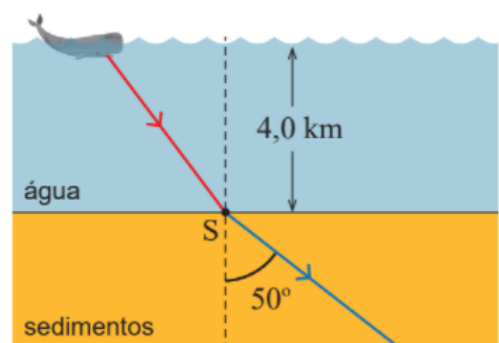


Figura 4

3.2. 5,2 km

$$v_{\text{água}} = 1,5 \text{ km s}^{-1}; v_{\text{sedim.}} = 1,8 \text{ km s}^{-1};$$

Sendo $n = \frac{k}{v}$, então a constante é $k = nv$ e pode escrever-se:

$$n_{\text{água}} v_{\text{água}} = n_{\text{sedim.}} v_{\text{sedim.}} \Rightarrow 1,5 n_{\text{água}} = 1,8 n_{\text{sedim.}} \Leftrightarrow n_{\text{água}} = \frac{1,8}{1,5} n_{\text{sedim.}} \Leftrightarrow n_{\text{água}} = 1,2 n_{\text{sedim.}}$$

Mas,

$$n_{\text{água}} \sin \alpha_{\text{água}} = n_{\text{sedim.}} \sin 50^\circ \Leftrightarrow 1,2 n_{\text{sedim.}} \sin \alpha_{\text{água}} = n_{\text{sedim.}} \sin 50^\circ \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{água}} = \frac{\sin 50^\circ}{1,2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{água}} = 0,638 \Rightarrow \alpha_{\text{água}} = 39,7^\circ$$

Finalmente, a distância d é

$$d = \frac{4,0}{\cos 39,7} = 5,2 \text{ km}$$

A baleia encontra-se a 5,2 km do sismómetro.

Exame Nacional de 2020 - 1.ª fase

GRUPO III

1. Uma espira circular na proximidade de um íman fixo roda num mesmo plano horizontal, em torno de um eixo vertical, z , que passa pelo centro da espira, C , como se esquematiza na Figura 4.

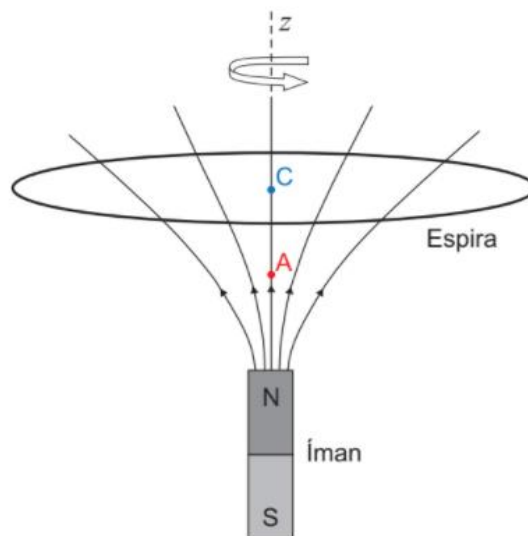


Figura 4

- 1.1. Na situação descrita, o fluxo magnético através da superfície plana delimitada pela espira _____, e a força eletromotriz induzida na espira _____ nula.

- (A) varia ... é
- (B) varia ... não é
- (C) não varia ... é
- (D) não varia ... não é

1.1. (C)

Como a espira roda no plano horizontal em torno do seu eixo, a área atravessada pelas linhas de campo não varia e a sua distância ao íman mantém-se, logo o fluxo magnético é constante, pelo que se eliminam as opções (A) e (B).

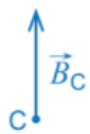
Como o fluxo magnético (Φ) é constante, então a força eletromotriz ($\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$) é nula, podendo afirmar-se que a opção correta é a (C).

1.2. Os pontos A e C pertencem à mesma linha de campo magnético.

Nas figuras seguintes, está representado o campo magnético criado pelo íman no ponto A, $\vec{B}_A$.

Em qual das figuras pode estar representado o campo magnético criado pelo íman no ponto C, $\vec{B}_C$?

(A)



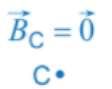
(B)



(C)



(D)



1.2. (B)

A intensidade do campo magnético, ao longo da mesma linha de campo, diminui com o aumento da distância ao íman. Assim, pode afirmar-se que a figura correta é a (B).

2. Uma corrente elétrica é induzida numa bobina quando uma antena recebe um sinal eletromagnético de 800 kHz, emitido por uma estação de rádio.

Qual é o comprimento de onda, no ar, da onda associada à propagação daquele sinal?

- (A) $3,75 \times 10^5$ km (B) $3,75 \times 10^2$ m (C) $2,67 \times 10^{-6}$ km (D) $2,67 \times 10^{-9}$ m

Para determinar o comprimento de onda, recorre-se à expressão:

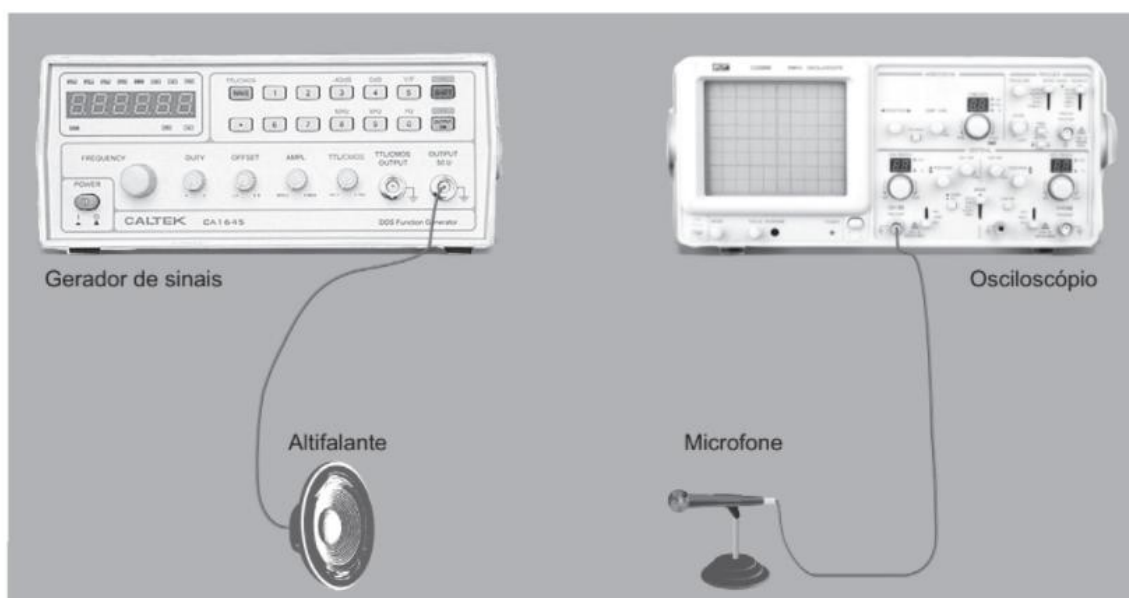
$$c = \lambda f \Rightarrow 3,0 \times 10^8 = 800 \times 10^3 \lambda \Leftrightarrow \lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{800 \times 10^3} = 3,75 \times 10^2 \text{ m}$$

A opção correta é a (B).

Exame Nacional de 2019 - Época Especial

GRUPO I

1. A Figura 1 representa um gerador de sinais ligado a um altifalante e um microfone ligado a um osciloscópio. O gerador de sinais produz um sinal elétrico que é convertido num sinal sonoro pelo altifalante. Este sinal sonoro é detetado pelo microfone, que o converte num sinal elétrico que é visualizado no ecrã do osciloscópio.



A Figura 2 representa o sinal elétrico visualizado no ecrã do osciloscópio, quando a base de tempo do osciloscópio está regulada para $250 \mu\text{s}$ por divisão e o amplificador vertical está regulado para 5 mV por divisão.

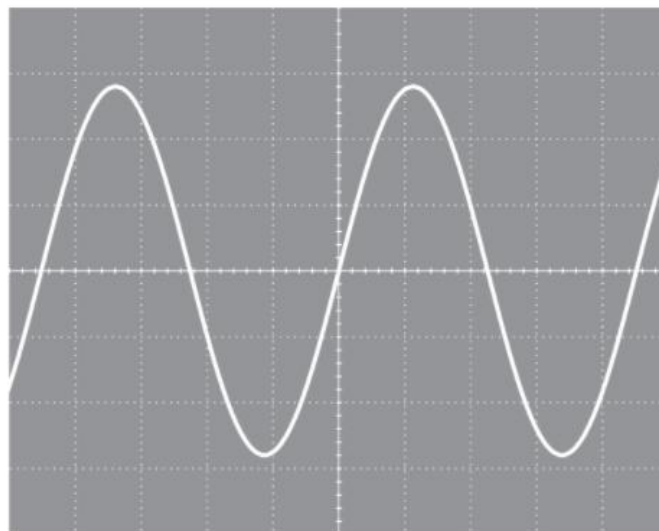


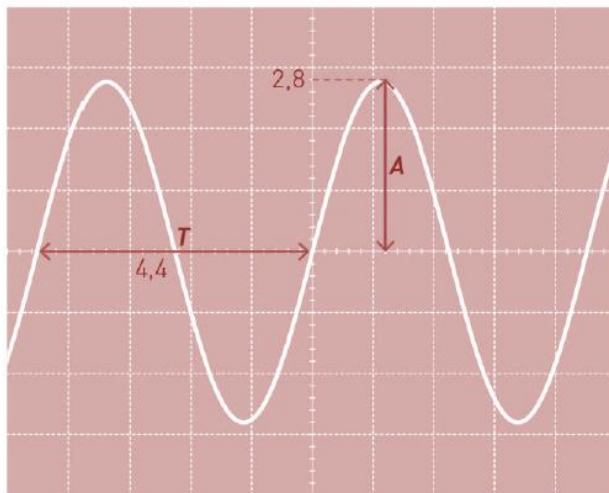
Figura 2

- 1.1. O sinal visualizado no ecrã do osciloscópio tem um período de _____ e uma amplitude de _____.

- (A) $1,1 \text{ ms}$... 14 mV
- (B) $4,5 \text{ ms}$... 14 mV
- (C) $1,1 \text{ ms}$... 28 mV
- (D) $4,5 \text{ ms}$... 28 mV

1.1. (A)

Recorrendo à figura 2 do enunciado, verifica-se que a amplitude, A , corresponde a 2,8 divisões e o período, T , corresponde a 4,4 divisões (ver figura abaixo).



Assim,

$$A = 2,8 \times 5 \text{ mV} = 14 \text{ mV} \text{ e } T = 4,4 \times 250 \mu\text{s} = 1,1 \times 10^3 \mu\text{s} \Leftrightarrow T = 1,1 \times 10^3 \times 10^{-3} \text{ ms} = 1,1 \text{ ms}$$

A opção correta é a (A).

1.2. O sinal sonoro produzido pelo altifalante e o sinal sonoro detetado pelo microfone terão frequências _____ e intensidades _____.

- (A) diferentes ... iguais
- (B) diferentes ... diferentes
- (C) iguais ... iguais
- (D) iguais ... diferentes

1.2. (D)

A frequência do sinal sonoro mantém-se, é a mesma da fonte, entre o altifalante e o microfone, mas a intensidade do som ao propagar-se no ar diminui, pelo que a opção correta é a (D).

2. A Figura 3 representa um microfone de indução. Este microfone é constituído, essencialmente, por uma membrana e por uma bobina ligadas entre si e, ainda, por um íman fixo colocado na proximidade da bobina.

Explique como é que um sinal sonoro é convertido num sinal elétrico, neste tipo de microfones.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a explicação solicitada.

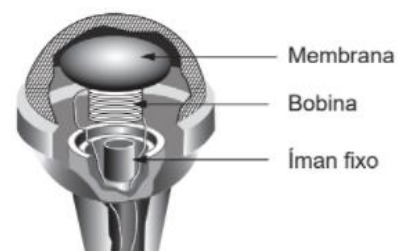


Figura 3

A resposta deve apresentar os seguintes elementos:

- A) A oscilação da membrana, provocada por um sinal sonoro, origina um movimento oscilatório da bobina.
- B) O movimento da bobina ocorre num campo magnético (ou ocorre na proximidade de um íman fixo), pelo que haverá uma variação do fluxo magnético que atravessa as superfícies delimitadas pelas espiras da bobina.
- C) A variação do fluxo magnético origina uma força eletromotriz induzida nos terminais da bobina e, conseqüentemente, uma corrente elétrica induzida na bobina.

Exemplo:

2. A membrana ao ser atingida pelo sinal sonoro, uma onda de pressão, entra em vibração, que ao ser transmitida à bobina lhe provoca uma oscilação relativamente ao íman fixo. Esta oscilação é responsável pela variação do fluxo magnético que atravessa a bobina, originando nesta uma força eletromotriz induzida, responsável pelo sinal elétrico.

Exame Nacional de 2019 - 2.ª fase

GRUPO III

3. A Figura 3 representa uma espira circular que roda, com velocidade angular constante, em torno de um eixo fixo Y, numa região do espaço em que existe um campo magnético constante e uniforme, $\vec{B}$.

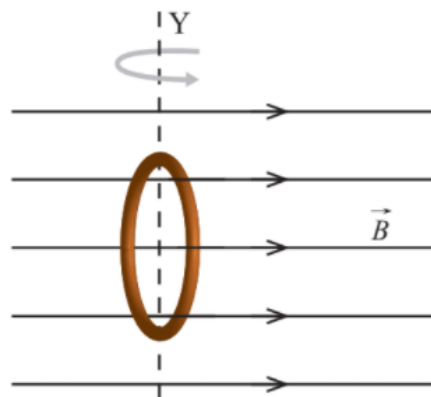


Figura 3

- 3.1. Na situação descrita, há uma variação do fluxo do campo magnético através da superfície delimitada pela espira, que decorre de

- (A) o campo magnético ser constante.
- (B) a espira rodar em torno do eixo Y.
- (C) o campo magnético ser uniforme.
- (D) a espira ser condutora.

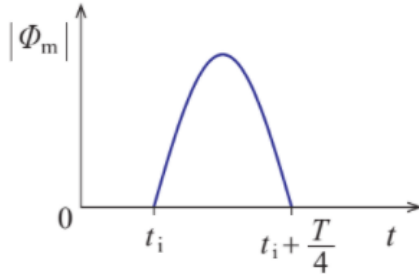
3.1. (B)

Para que haja variação do fluxo magnético, Φ_m , e dado que a área, A , da superfície delimitada pela espira é constante bem como o campo magnético, $\vec{B}$, tem de variar o ângulo α , definido pela normal ao plano da espira, o que se verifica quando esta roda em torno do eixo Y, pois em cada instante $\Phi_m = AB \cos \alpha$, pelo que a opção correta é a (B).

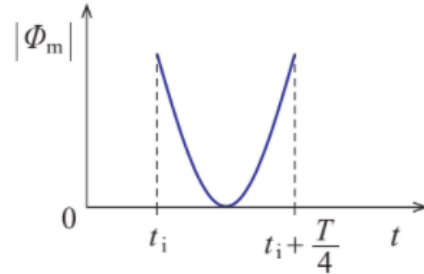
3.2. Admita que, num dado instante t_i , o plano da espira é perpendicular a $\vec{B}$ e considere o intervalo de tempo $\left[t_i; t_i + \frac{T}{4}\right]$, em que T representa o período do movimento da espira.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar o módulo do fluxo do campo magnético, $|\Phi_m|$, que atravessa a espira, em função do tempo, t , no intervalo de tempo considerado?

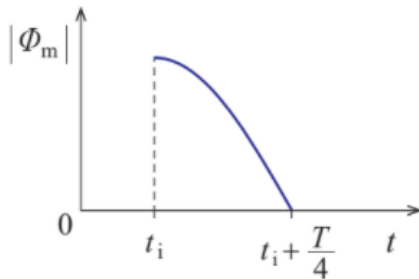
(A)



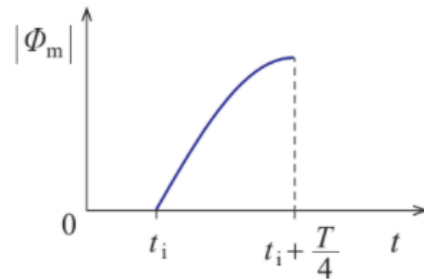
(B)



(C)



(D)



3.2. (C)

No instante t_i , o ângulo definido pela normal ao plano da superfície da espira com o campo magnético $\vec{B}$ é nulo, sendo o fluxo magnético, $\Phi_m = AB \cos 0^\circ$, máximo ($\cos 0^\circ = 1$), pelo que se eliminam as opções (A) e (D). No instante $t_i + \frac{T}{4}$, o ângulo definido pela normal ao plano da superfície da espira com o campo magnético é igual a 90° ($\cos 90^\circ = 0$), sendo, por isso, o fluxo magnético nulo, donde se conclui que a opção correta é a (C).

GRUPO IV

1. Um feixe de luz, muito fino, propagando-se inicialmente no ar, incide numa das faces de um prisma de vidro, como se representa na Figura 4. Na figura, representa-se ainda parte dos trajetos dos feixes resultantes de sucessivas reflexões e refrações nas faces do prisma.

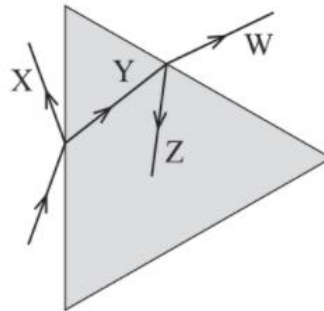


Figura 4

- 1.1. O feixe Y, que resulta de uma _____ numa das faces do prisma, terá necessariamente maior energia do que o feixe _____.

- (A) reflexão ... X
- (B) reflexão ... W
- (C) refração ... X
- (D) refração ... W

1.1. (D)

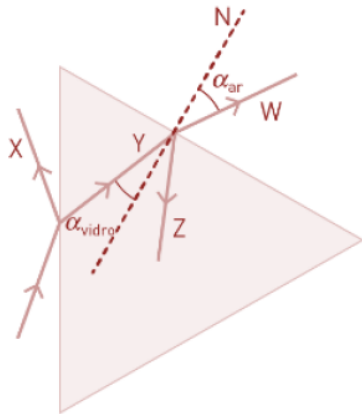
O feixe Y resulta da propagação no vidro de uma parte do feixe incidente na superfície de separação ar-vidro, logo, como há mudança de meio, esse feixe resulta de uma refração, sendo as opções (A) e (B) falsas. Ao incidir na superfície de separação vidro-ar, uma parte do feixe Y é refletida no vidro, feixe Z, e a outra parte passa para o ar, feixe W, logo, e de acordo com a Lei da Conservação de Energia, o feixe Y tem maior energia do que o feixe W, sendo a opção correta a (D).

- 1.2. O índice de refração do vidro constituinte do prisma é _____ ao índice de refração do ar uma vez que, ao sair do prisma, a luz se _____ da normal à superfície de separação dos dois meios.

- (A) superior ... afasta
- (B) superior ... aproxima
- (C) inferior ... afasta
- (D) inferior ... aproxima

1.2. (A)

Da Lei de Snell-Descartes para a refração, $n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}} = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}}$, como $\alpha_{\text{vidro}} < \alpha_{\text{ar}}$ (ver figura), então, $\sin \alpha_{\text{vidro}} < \sin \alpha_{\text{ar}}$, pelo que o índice de refração do vidro é superior ao índice de refração do ar e, ao sair do prisma, o ângulo definido afasta-se da normal à superfície de separação dos dois meios. A opção correta é a (A).



2. Considere uma luz laser I, de frequência $6,1 \times 10^{14}$ Hz, e uma luz laser II, de frequência $4,5 \times 10^{14}$ Hz. Tendo em conta as frequências indicadas, é possível concluir que

- (A) a potência de um feixe da luz I é cerca de 1,4 vezes superior à potência de um feixe da luz II.
- (B) a energia de um fóton da luz I é cerca de 1,4 vezes superior à energia de um fóton da luz II.
- (C) a potência de um feixe da luz I é cerca de 1,4 vezes inferior à potência de um feixe da luz II.
- (D) a energia de um fóton da luz I é cerca de 1,4 vezes inferior à energia de um fóton da luz II.

2. (B)

Como a energia de um fóton é diretamente proporcional à sua frequência, pode escrever-se:

$$\frac{E_I}{E_{II}} = \frac{6,1 \times 10^{14}}{4,5 \times 10^{14}} = 1,4$$

Assim, a opção correta é a (B).

GRUPO I

Uma tina de ondas é um tanque de pequena profundidade que contém água e onde é possível, utilizando um gerador adequado, produzir ondas na superfície da água. O gerador pode ser ajustado de modo a produzir ondas de frequências diferentes.

As imagens dessas ondas apresentam zonas mais claras, que correspondem a cristas, e zonas mais escuras, que correspondem a vales.

1. A Figura 1 apresenta uma imagem das ondas obtidas numa tina de ondas, numa determinada experiência. Na figura, estão ainda representados dois pontos, A e B, à superfície da água.

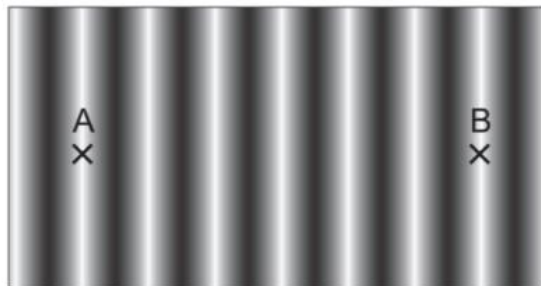


Figura 1

- 1.1. Considere que o gerador de ondas está ajustado para 5,0 Hz e que a imagem é obtida num instante t .

Quanto tempo decorrerá, no mínimo, entre o instante t e um instante no qual o ponto A se encontre num vale?

- (A) 0,15 s
- (B) 0,20 s
- (C) 0,050 s
- (D) 0,10 s

- 1.1 Versão 1 – (D); Versão 2 – (C)

[Na imagem das ondas, no instante t , o ponto A está numa crista. Esse ponto estará num vale passado meio período: $\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f} = \frac{1}{2 \times 5,0 \text{ s}^{-1}} = 0,10 \text{ s}$.]

- 1.2. Se a distância entre os pontos A e B for 15,6 cm, o comprimento de onda das ondas que se propagam na superfície da água será

- (A) 1,30 cm
- (B) 2,23 cm
- (C) 2,60 cm
- (D) 3,12 cm

- 1.2 Versão 1 – (C); Versão 2 – (B)

[O comprimento de onda, λ , é a distância entre duas cristas sucessivas. A distância entre a crista que passa por A e a crista que passa por B corresponde a seis comprimentos de onda, logo, $\lambda = \frac{15,6 \text{ cm}}{6} = 2,60 \text{ cm}$.]

2. Com o objetivo de determinar a velocidade de propagação das ondas produzidas na superfície da água contida numa tina, mediu-se o comprimento de onda, λ , dessas ondas para várias frequências, f .

Na tabela seguinte, estão registados os valores de f e de λ medidos e ainda os inversos desses valores.

f / Hz	λ / cm	$\frac{1}{f} / \text{Hz}^{-1}$	$\frac{1}{\lambda} / \text{cm}^{-1}$
8,8	2,3	0,114	0,435
10,5	2,0	0,09524	0,500
12,7	1,6	0,07874	0,625
15,1	1,4	0,06623	0,714
20,3	1,0	0,04926	1,00

Determine a velocidade de propagação das ondas, em cm s^{-1} , nas condições em que decorreu a experiência, a partir da equação da reta de ajuste a um gráfico adequado.

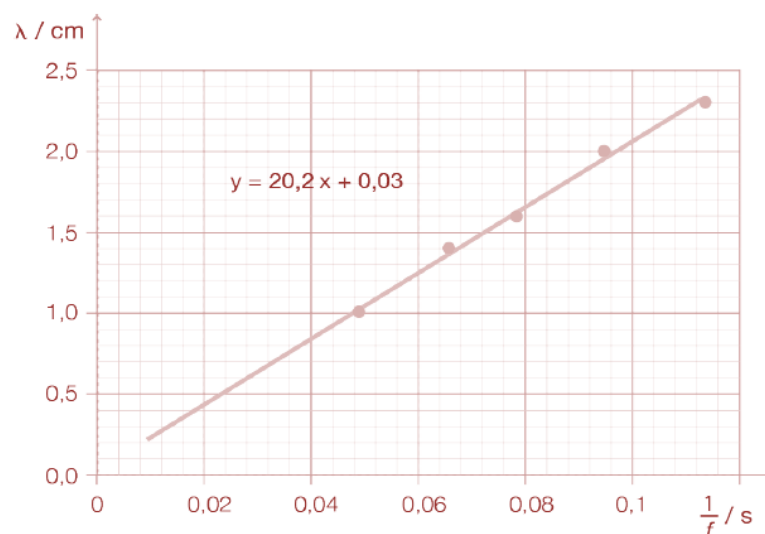
Na sua resposta:

- identifique as variáveis independente e dependente a considerar nos eixos do gráfico;
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico;
- obtenha o valor solicitado, com um número correto de algarismos significativos.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

2. As ondas são originadas quando o gerador faz vibrar (perturba) a superfície da água. A frequência dessas vibrações pode ser ajustada. Assim, o que ocorre na superfície da água está dependente da frequência (ou do período) da perturbação. Por isso, a frequência (ou o período) é a variável independente.

O comprimento de onda, λ , depende do módulo da velocidade de propagação, v , das ondas e da frequência, f : $\lambda = \frac{v}{f}$. Se a velocidade de propagação não depender da frequência, λ variará proporcionalmente ao período, $\frac{1}{f}$, de vibração: $\lambda = v \times \frac{1}{f}$.



O declive da reta de ajuste ao gráfico de λ , variável dependente, em função de $\frac{1}{f}$, variável independente, é o módulo da velocidade de propagação, v , das ondas. A equação da reta de ajuste ao gráfico $\lambda \left(\frac{1}{f} \right)$ é $\lambda = 20,2 \frac{1}{f} + 0,03$ (λ em centímetros e $\frac{1}{f}$ em segundos). Portanto, o módulo da velocidade de propagação das ondas, nas condições em que decorreu a experiência, é 20 cm s^{-1} .

Exame Nacional de 2018 - Época Especial

GRUPO III

Os golfinhos dependem da emissão e da receção de sons para se orientarem, comunicarem entre si e caçarem.

1. As ondas sonoras são ondas mecânicas que, na água, são longitudinais.

Apresente, num texto estruturado e utilizando linguagem científica adequada, o significado da afirmação anterior.

1. Dado que as ondas sonoras são ondas mecânicas, necessitam de um meio material para se propagarem, isto é, não se propagam no vácuo, e como na água são longitudinais, então a direção da propagação do sinal sonoro é a mesma da direção da vibração do meio.
2. Um golfinho emite um som à superfície da água do mar que é detetado por dois sensores colocados à mesma distância do golfinho, um dentro de água e outro no ar. O som demora $0,10 \text{ s}$ a chegar ao sensor que se encontra dentro de água e demora mais $0,34 \text{ s}$ a chegar ao sensor que se encontra no ar.

Qual é o quociente entre a velocidade de propagação do som na água do mar e a velocidade de propagação do som no ar, nas condições em que decorreu a experiência?

- (A) 3,4
(B) 4,4
(C) 0,23
(D) 0,29

2. (B)

$$\Delta t_{\text{água}} = 0,10 \text{ s}; \Delta t_{\text{ar}} = 0,10 + 0,34 = 0,44 \text{ s}; d_{\text{água}} = d_{\text{ar}}; \frac{v_{\text{água}}}{v_{\text{ar}}} = ?$$

A distância percorrida por um som, num dado meio, é dada por $d = v \Delta t$. Assim:

$$v_{\text{ar}} \Delta t_{\text{ar}} = v_{\text{água}} \Delta t_{\text{água}} \Leftrightarrow 0,44 v_{\text{ar}} = 0,10 v_{\text{água}} \Leftrightarrow \frac{v_{\text{água}}}{v_{\text{ar}}} = \frac{0,44}{0,10} = 4,4$$

A opção correta é a (B).

3. O gráfico da Figura 4 representa, para um determinado local, a velocidade de propagação do som na água do mar em função da profundidade.

Considere um som puro que se propaga na água do mar, atravessando as três regiões consideradas.

A partir do gráfico, pode concluir-se que, à profundidade h_1 , _____ desse som atinge um valor _____.

- (A) a frequência ... mínimo
- (B) a frequência ... máximo
- (C) o comprimento de onda ... mínimo
- (D) o comprimento de onda ... máximo

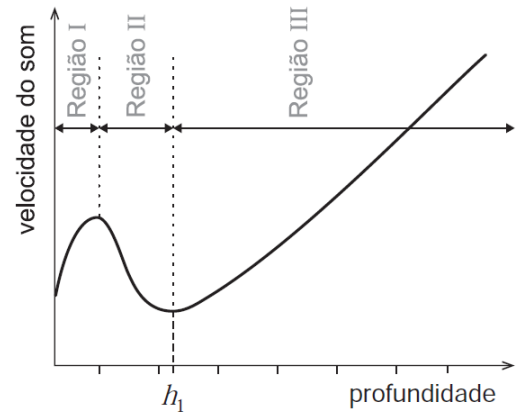


Figura 4

Fonte: w3.ualg.pt/~prelvas/OceanogFisica/Prop_som.pdf
(consultado em março de 2018)

3. (C)

A frequência, f , é uma propriedade característica de um som puro, um som harmónico, pelo que o seu valor é constante qualquer que seja o meio de propagação, eliminando-se as opções (A) e (B).

De acordo com a expressão $v = \lambda f$ e dado que em h_1 a velocidade de propagação é mínima, então o valor do comprimento de onda, λ , é também mínimo, sendo a opção correta a (C).

Exame Nacional de 2018 - 2.ª fase

GRUPO IV

1. Uma bobina encontra-se imóvel numa zona do espaço onde existe um campo magnético uniforme. Os planos das espiras da bobina são paralelos entre si e fazem sempre o mesmo ângulo com a direção do campo magnético.

- 1.1. Qual deverá ser a amplitude do ângulo entre os planos das espiras e a direção do campo, para que, mantendo-se todas as outras condições, o módulo do fluxo magnético através da bobina seja máximo?

1.1. 90°

O fluxo magnético que atravessa a bobina de N espiras é $\Phi_m = NAB \cos \alpha$.

Assim, mantendo constantes a área do plano de cada espira, A , e a intensidade do campo magnético, B , para que Φ_m seja máximo, $\cos \alpha$ tem que ser máximo, isto é, igual a 1, donde se conclui que a amplitude do ângulo α seja igual a 90°.

1.2. Num dado intervalo de tempo, a intensidade do campo magnético, B , varia com o tempo, t , de acordo com o esboço de gráfico representado na Figura 4.

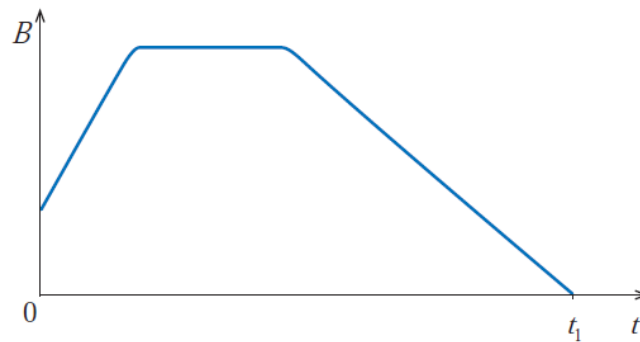
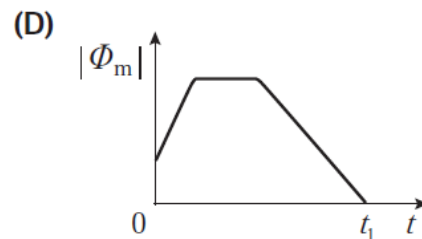
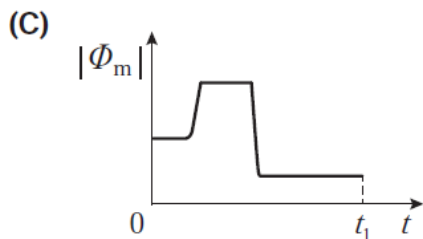
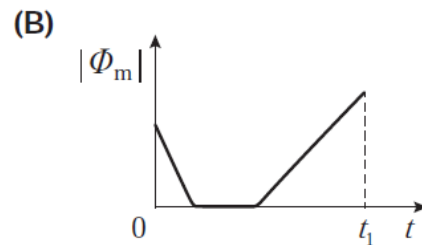
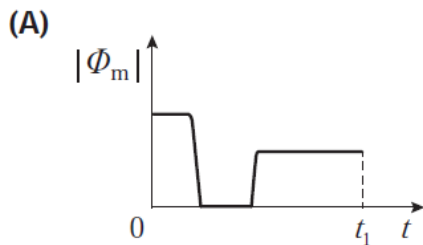


Figura 4

Qual é o esboço de gráfico que pode representar o módulo do fluxo magnético, $|\Phi_m|$, que atravessa a bobina, em função do tempo, t , no intervalo de tempo $[0, t_1]$?



1.2. (D)

Da expressão $\Phi_m = NAB \cos \alpha$, verifica-se que o módulo de Φ_m é diretamente proporcional à intensidade do campo magnético. Mais, mantendo constantes todas as outras grandezas, o gráfico que traduz a sua variação em função do tempo é similar ao gráfico $B = f(t)$, pelo que a opção correta é a (D).

2. Duas bobinas, I e II, ligadas a osciloscópios, rodam em zonas do espaço distintas, nas quais existem campos magnéticos constantes e uniformes.

A análise dos sinais obtidos nos ecrãs dos osciloscópios permitiu estabelecer que as forças eletromotrizes, U_I e U_{II} , geradas nos terminais das bobinas I e II, respetivamente, variam com o tempo, t , de acordo com as expressões

$$U_I = 7,5 \times 10^{-2} \sin(20\pi t) \quad (\text{SI})$$

$$U_{II} = 1,5 \times 10^{-3} \sin(20\pi t) \quad (\text{SI})$$

- 2.1. Comparando as forças eletromotrizes, U_I e U_{II} , geradas nos terminais das bobinas I e II, respetivamente, é possível concluir que

- (A) a área de cada espira da bobina I é diferente da área de cada espira da bobina II.
- (B) o número de espiras da bobina I é diferente do número de espiras da bobina II.
- (C) as bobinas estão sujeitas a campos magnéticos da mesma intensidade.
- (D) as bobinas estão a rodar com velocidades angulares do mesmo módulo.

2.1. (D)

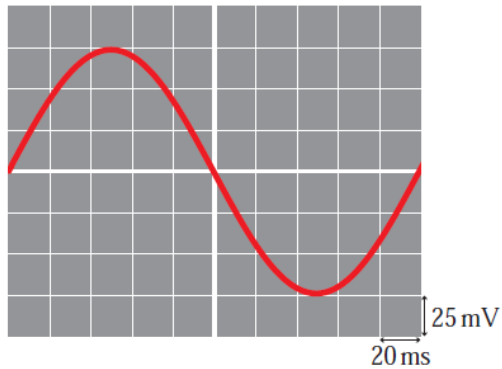
Comparando cada uma das expressões

$$U_I = 7,5 \times 10^{-2} \sin(20\pi t) \text{ e } U_{II} = 1,5 \times 10^{-3} \sin(20\pi t)$$

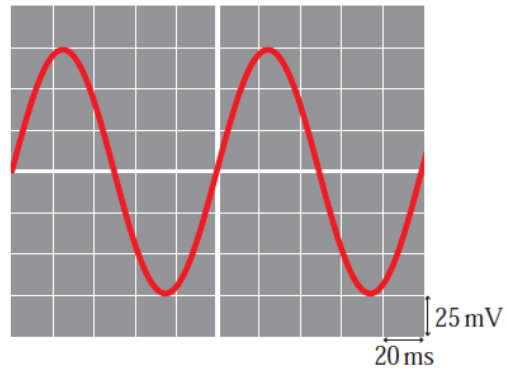
com a função que descreve o sinal harmónico ou sinuoidal $U = A \sin(\omega t)$, verifica-se que ambas, U_I e U_{II} , apresentam a mesma frequência angular, ω , cujo valor é $20\pi \text{ rad s}^{-1}$, pelo que a opção correta é a (D).

2.2. Em qual das figuras seguintes está representado o sinal obtido no ecrã do osciloscópio ligado à bobina I, caso a base de tempo e o amplificador vertical estejam regulados como indicado nessas figuras?

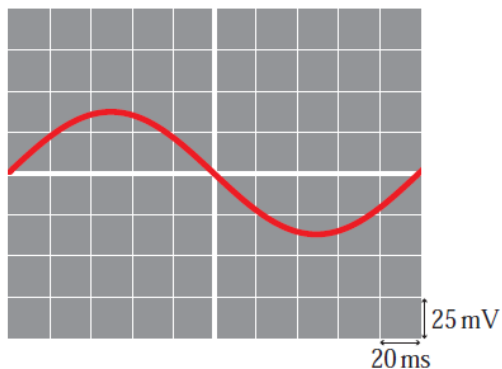
(A)



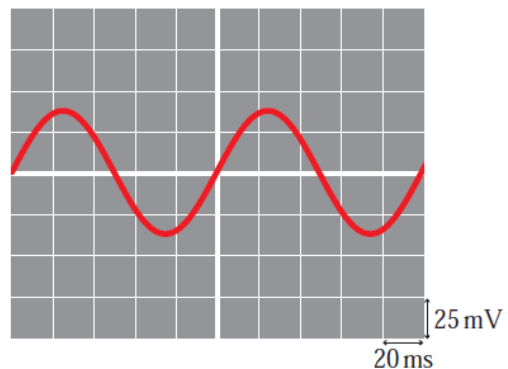
(B)



(C)



(D)



2.2. (B)

Comparando $U_1 = 7,5 \times 10^{-2} \sin(20\pi t)$ (SI)

com $U = A \sin(\omega t)$, verifica-se que:

- a amplitude do sinal é:

$A = 7,5 \times 10^{-2} \text{ V} = 7,5 \times 10^{-2} \times 10^3 \text{ mV} \Leftrightarrow A = 75 \text{ mV}$,
o que equivale a n.º de divisões na vertical = $\frac{75}{25} = 3$,
pelo que se eliminam as opções (C) e (D);

- a frequência angular é $\omega = 20\pi \text{ rad s}^{-1}$ e como $\omega = \frac{2\pi}{T}$,
então, $20\pi = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = 0,1 \text{ s} = 0,1 \times 10^3 \text{ ms} \Leftrightarrow T = 100 \text{ ms}$,
o que equivale a um n.º de divisões na horizontal = $\frac{100}{20} = 5$,
pelo que a opção correta é a (B).

GRUPO III

1. Quando um sinal sonoro se propaga no ar, há variações de pressão em cada ponto.

1.1. Na Figura 3, está representada, num certo instante, uma determinada região do espaço em que se propaga, da esquerda para a direita, um sinal sonoro de período T . As zonas mais escuras correspondem a zonas de compressão do ar, e as zonas mais claras correspondem a zonas de rarefação.

Na figura, encontra-se ainda representada, pela linha a tracejado, **P**, uma certa camada de ar naquela região do espaço.

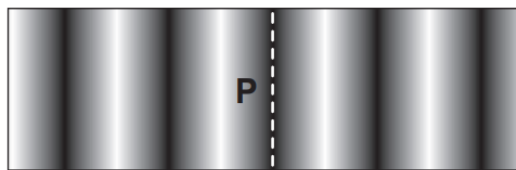
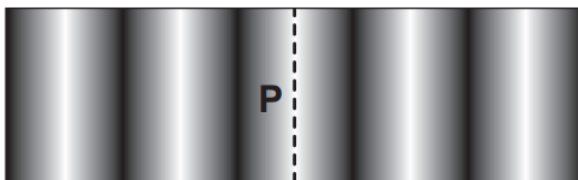


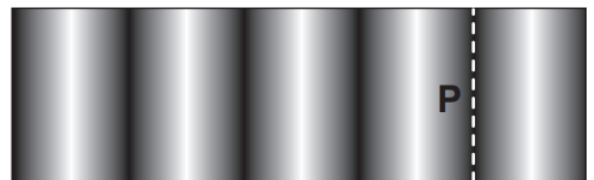
Figura 3

Qual das figuras seguintes pode representar, um período e meio depois, a mesma região do espaço e a mesma camada de ar?

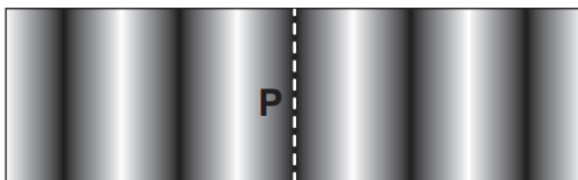
(A)



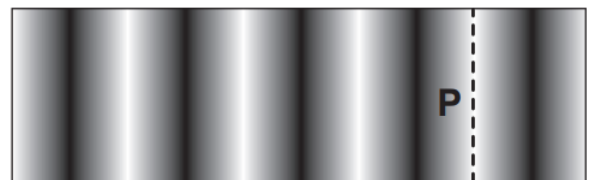
(B)



(C)



(D)



1.1. (A)

Dado que se trata da mesma região do espaço e a mesma camada de ar as opções (B) e (D) são de imediato eliminadas. Como o intervalo de tempo é igual a um período e meio, tendo por base a Figura 3 do enunciado, a camada P encontrar-se-á numa zona de descompressão, pelo que a opção correta é a (A).

- 1.2. Um sinal sonoro foi convertido num sinal elétrico e analisado num osciloscópio, cuja base de tempo estava regulada para 0,5 ms por divisão.

Na Figura 4, está representada a imagem obtida no ecrã do osciloscópio.

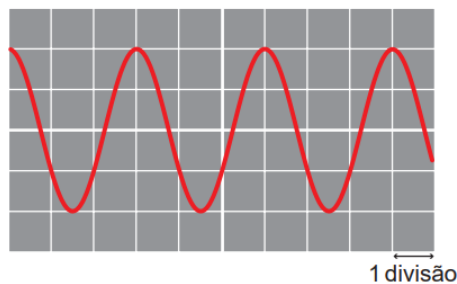


Figura 4

Verificou-se experimentalmente que, em determinadas condições, um pulso do mesmo som demorava $5,78 \times 10^{-2}$ s a percorrer uma distância de 20,0 m no ar.

Determine o comprimento de onda do som no ar, naquelas condições.

Apresente todas as etapas de resolução.

1.2. Base de tempo = 0,5 ms/divisão

$x = 20,0$ m; $\Delta t = 5,78 \times 10^{-2}$ s

$\lambda = ?$

Da Figura 4 do enunciado verifica-se que o intervalo de tempo correspondente a um período da oscilação, tempo decorrido entre, por exemplo, duas cristas consecutivas, é de três divisões, pelo que o seu valor é:

$$T = 0,5 \times 3 = 1,5 \text{ ms} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

A velocidade de propagação do sinal é:

$$v = \frac{x}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{20,0}{5,78 \times 10^{-2}} \Leftrightarrow v = 346 \text{ m s}^{-1}$$

Finalmente, determina-se o comprimento de onda.

$$\lambda = v \Delta t \Rightarrow \lambda = 346 \times 1,5 \times 10^{-3} = 0,52 \text{ m}$$

O comprimento de onda do som no ar é de 0,52 m.

2. Considere um feixe muito fino de luz laser (radiação monocromática), que se propaga inicialmente num vidro e que incide na superfície de separação vidro-ar.

Para a luz laser considerada, o índice de refração desse vidro é 1,51.

- 2.1. Quando o feixe de luz laser passa do vidro para o ar, mantêm-se constantes o _____ e a _____ da radiação.

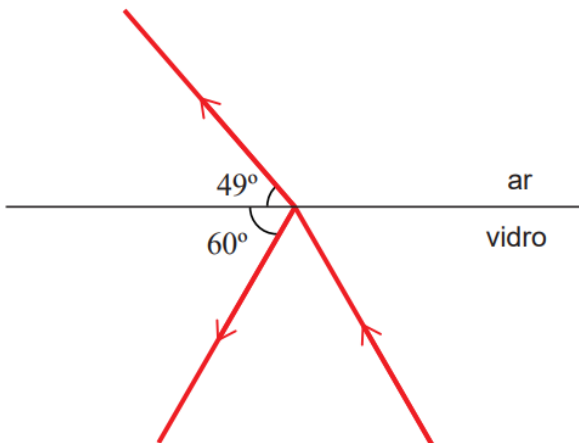
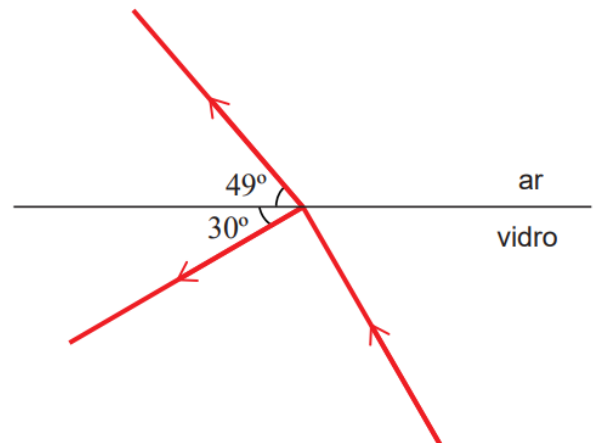
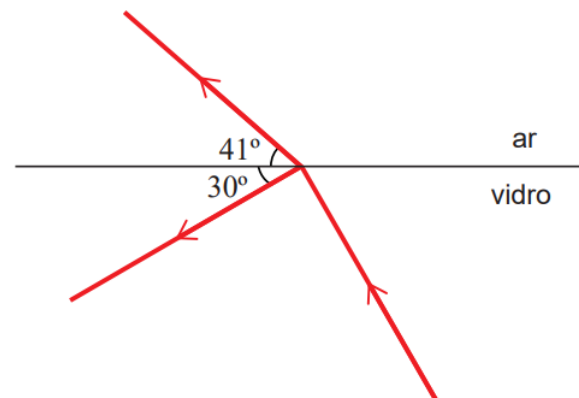
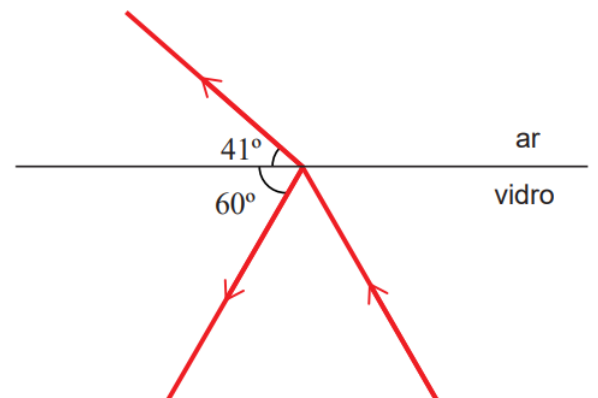
- (A) comprimento de onda ... frequência
- (B) comprimento de onda ... velocidade de propagação
- (C) período ... frequência
- (D) período ... velocidade de propagação

2.1. (C)

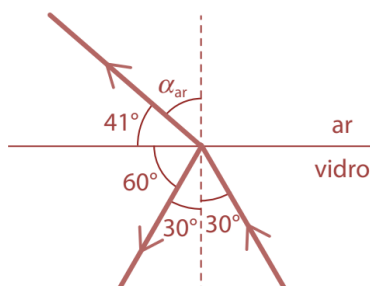
O período e a frequência de uma radiação monocromática são propriedades características dessa radiação, pelo que os seus valores são constantes, qualquer que seja o meio de propagação. Assim a opção correta é a **(C)**.

2.2. Nos esquemas seguintes, está representado o trajeto do feixe que incide na superfície de separação vidro-ar, segundo um ângulo de incidência de amplitude 30° .

Em qual dos esquemas estão representados os trajetos dos feixes refletido e refratado na superfície de separação vidro-ar?

(A)**(B)****(C)****(D)****2.2. (D)**

Como a amplitude do ângulo de incidência é de 30° , então o de reflexão apresenta o mesmo valor (ver figura) pelo que o ângulo definido pelo raio refletido e a superfície de separação vidro-ar é de 60° , eliminando-se assim as opções **(B)** e **(C)**.



Da Lei de Snell-Descartes para a refração determina-se o ângulo de refração, α_{ar} .

$$\begin{aligned} n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}} &= n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} \Rightarrow \\ \Rightarrow 1,000 \times \sin \alpha_{\text{ar}} &= 1,51 \sin 30^\circ \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{ar}} &= 0,755 \Rightarrow \alpha_{\text{ar}} = 49^\circ. \end{aligned}$$

Assim o ângulo definido pelo raio refratado e a superfície de separação ar-vidro é $90^\circ - 49^\circ = 41^\circ$, donde se conclui que a opção correta é a **(D)**.