ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA C/PE DA CALHETA

Física e Química A – 11.º Ano

Ficha de trabalho de iniciação F2.3 – n.º 1

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____

Unidade 2: Ondas e eletromagnetismo / 2.3: Ondas eletromagnéticas
- **2.3.1. Espetro eletromagnético**
- **2.3.2. Reflexão, transmissão e absorção da radiação**
- **2.3.3. Reflexão**
- **2.3.4. Refração da luz**
- **2.3.5. A reflexão total**
- **2.3.6. Difração**

1. Quando se sintoniza uma estação de rádio em AM, numa frequência de 800 kHz, capta-se a informação transmitida através de ondas eletromagnéticas com esse valor de frequência.

1.1. O que é uma onda eletromagnética?

1.2. A onda eletromagnética produzida na antena emissora tem origem na oscilação de cargas elétricas. Qual deverá ser a frequência de oscilação dessas cargas? Justifique.

1.3. A quem se atribuiu a criação do primeiro sistema de antenas emissora e recetora?

1.1. Uma onda eletromagnética é uma onda transversal que resulta da propagação no espaço e no tempo de um campo elétrico e de um campo magnético perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação. Esses campos variáveis viajam no ar à mesma velocidade, que no vazio, 3×10^8 m/s.

1.2. A frequência das cargas elétricas oscilantes deve ser 800 kHz uma vez que a frequência de oscilação das cargas elétricas que a originaram.

1.3. Foi Hertz quem criou o primeiro sistema de antenas emissora e recetora.

2. Selecione as opções que completam as afirmações.

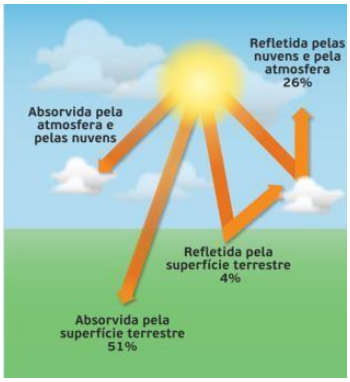
2.1. A primeira ligação entre a eletricidade e o magnetismo deve-se a _____, enquanto a consolidação do eletromagnetismo e a previsão da existência de ondas eletromagnéticas deve-se a _____.

(A) … Oersted … Hertz
(B) … Oersted … Maxwell
(C) … Faraday … Hertz
(D) … Faraday … Maxwell

2.2. Hertz conseguiu produzir ondas eletromagnéticas de _____ comprimento de onda da zona _____ do espetro eletromagnético.

(A) … pequeno … das ondas rádio
(B) … pequeno … dos raios X
(C) … grande … das ondas rádio
(D) … grande … dos raios X

2.1. Opção B
2.2. Opção C



3. O comportamento da atmosfera terrestre não é o mesmo face às radiações eletromagnéticas, de diferentes frequências, provenientes do Sol. Algumas radiações são refletidas ou absorvidas na atmosfera enquanto outras são transmitidas até à superfície terrestre.

3.1. Com base na figura indique, justificando, o valor do albedo terrestre.

3.2. Qual será a percentagem de energia absorvida pelas nuvens e pela atmosfera terrestre?

3.3. Indique duas regiões do espetro eletromagnético às quais a atmosfera terrestre seja opaca e as implicações ou importância dessa opacidade.

3.1. O valor do albedo terrestre será de 0,30 (0,26 + 0,04) uma vez que corresponde à fração da readição eletromagnética refletida pela atmosfera e pela superfície terrestre.

3.2. Pelo princípio da conservação da Energia
Energia (incidente) = E(absorvida) + E(refletiva
100% = (51% + x) + 26% + 4% ⇔ X = 19%

3.3. A atmosfera terrestre é opaca às radicações mais energéticas e ionizantes, como a radiação ultravioleta de maior energia ou os raios x. Essa opacidade é essencial à sobrevivência dos seres vivos uma vez que essas radiações são capazes de produzir alterações celulares. Pelo facto de ficarem retidas na atmosfera, os telescópios, que detetam essa radiação para estudos científicos devem ser colocados em orbita, onde é possível a sua captação.

4. Ao observar uma montra, é possível comprovar que quando uma onda eletromagnética incide na superfície do vidro (que separa o ar do vidro) há uma repartição da energia por ela transportada.



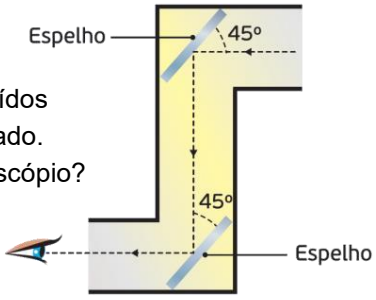
4.1. De que forma essa repartição está evidenciada na figura?

4.2. Há dissipação de energia nesse processo? Justifique.

4.1. Na figura é possível observar o reflexo da própria pessoa no vidro, o que comprova que uma parte da energia da onda eletromagnética incidente é refletida. Simultaneamente é possível observa o interior da loja, pelo que parte da luz é transmitida. Além disso, se fosse possível tocar no vidro verificar-se-ia que a exposição à radiação exterior aumenta a sua temperatura, pelo que outra parte da energia da radiação incidente é absorvida.

4.2. Nesse processo não há dissipação de energia pois a soma das energias absorvida, transmitida e refletida é igual à energia incidente, isto é, processo obedece ao Princípio da Conservação da Energia.

5. O periscópio é um aparelho que serve para ver imagens que se encontram fora do ângulo de visão. Nos submarinos é utilizado para orientação, mas também pode ser utilizado por diversão, por exemplo, para espreitar por cima de um muro. Os mais simples são constituídos por um tubo oco com dois espelhos planos nas extremidades, como mostra a figura ao lado.



5.1. De acordo com a figura, em que fenómeno ótico se baseia o funcionamento do periscópio?

5.2. Indique o valor dos ângulos de incidência e de reflexão nos espelhos.

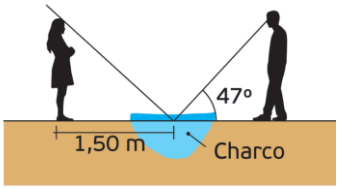
5.3. Qual é a relação entre a frequência da luz que entra no periscópio e a que chega ao olho humano? Justifique.

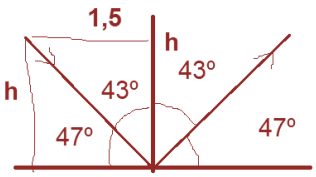
5.1. O funcionamento do periscópio baseia-se na reflexão da luz.

5.2. O ângulo de incidência é definido entre a direção do raio incidente e a normal a superfície, logo será 90º – 45º = 45º. De acordo com a segunda lei da reflexão da luz o ângulo de reflexão será também de 45º.

5.3. A frequência da luz que entra no periscópio e a que chega ao olho humano é a mesma pois só depende da frequência da fonte emissora.

6. Olhando para a superfície de um pequeno charco com água, segundo uma direção que faz 47° com a horizontal, o João vê a imagem do rosto da Joana. Considerando que esta se encontra à sua frente, na mesma direção, mas do lado oposto, a 1,50 m do ponto de incidência do feixe de luz no charco, determine a altura estimada da Joana.



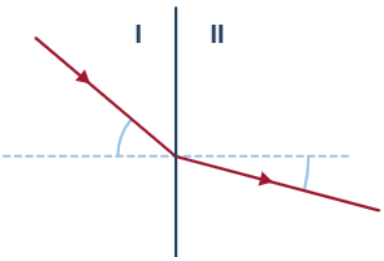


$tg\ 47° = \frac{h}{1{,}50} \Leftrightarrow$ h = 1,50 x tg 47º = 1,61 m

Ou

$tg\ 43° = \frac{1{,}5}{h} \Leftrightarrow h = \frac{1{,}5}{tg\ 43°} = 1{,}61\ m$

7. Observe a figura seguinte: uma luz monocromática incide na superfície de separação de dois meios I e II.



Qual das opções completa a frase seguinte?

O índice de refração do meio I é _____ ao índice de refração do meio II, sendo a velocidade de propagação da luz _____ no meio I.

(A) superior … maior

(B) Inferior … menor

(C) Inferior … maior

(D) Superior … menor

Atenção: a superfície de separação é a linha na vertical. Normalmente o meio de separação está na horizontal e por isso podemos nos confundir.

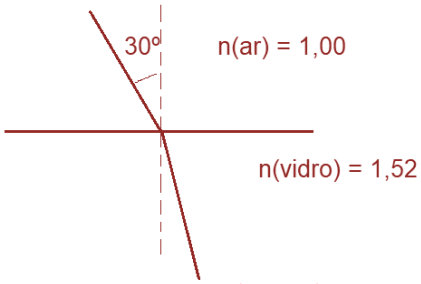
R: (C) Como a luz se aproxima da normal significa que o índice de refração, n, do meio II é maior ($n_{II} > n_I$) e consequentemente a velocidade do meio dois será menor ($v_{II} < v_I$) pois a velocidade no meio e índice de refração são inversamente proporcionais.

8. Um raio de luz que se propaga no ar incide na superfície plana de um vidro ótico transparente (n_{vidro} = 1,52) segundo um ângulo de 30,0° com a normal à superfície. Sabendo que o comprimento de onda da radiação no ar é 589 nm, determine:

8.1. o ângulo de refração.

8.2. a velocidade com que a radiação se propaga no vidro.

8.3. o comprimento de onda da luz quando esta se propaga no vidro.



8.1. $\frac{sen\ \alpha_i}{sen\ \alpha_r} = \frac{n_{vidro}}{n_{ar}} \Leftrightarrow \frac{0,5}{sen\ \alpha_r} = \frac{1,52}{1,00}$

$\Leftrightarrow sen\ \alpha_r = \frac{0,5}{1,52} \Leftrightarrow \alpha_r = sen^{-1}\left(\frac{0,5}{1,52}\right) = 19,2º$

8.2. $n_{vidro} = \frac{c}{v_{vidro}} \Leftrightarrow 1,52 = \frac{3\times10^8}{v_{vidro}} \Leftrightarrow v_{vidro} = \frac{3\times10^8}{1,52} = 1,97 \times 10^8\ m/s$

8.3. A frequência não se altera do ar para o vidro, logo vamos calcular a frequência da onda no ar.

$c = \lambda\ f \Leftrightarrow 3 \times 10^8 = 589 \times 10^{-9}\ f$

$\Leftrightarrow f = \frac{3\times10^8}{589\times10^{-9}} = 5,09 \times 10^{14}\ Hz$

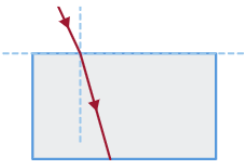
Calculando agora o c.d.o. no vidro:

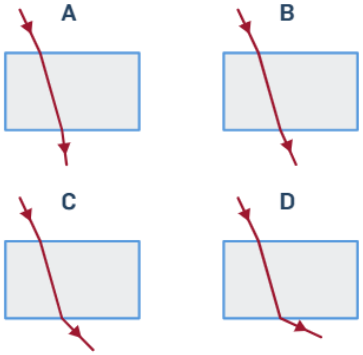
$v = \lambda\ f \Leftrightarrow 1,97 \times 10^8 = \lambda \times 5,09 \times 10^{14}$

$\Leftrightarrow \lambda = \frac{1,97\times10^8}{5,09\times10^{14}} = 3,87 \times 10^{-7}\ m\ \approx 387\ nm$

9. Observe a figura seguinte: uma luz monocromática propaga-se no ar e incide numa face de um paralelepípedo de vidro *flint*, propagando-se depois no interior do vidro. Os ângulos de incidência e de refração são, respetivamente, 24,0º e 16,0º.

Considere n_{ar} = 1,00.





9.1. Determine a velocidade de propagação da luz no int erior do vidro *flint*.

9.2. Qual dos esquemas representa o trajeto da luz ao propagar-se do interior do vidro *flint* novamente para o ar?

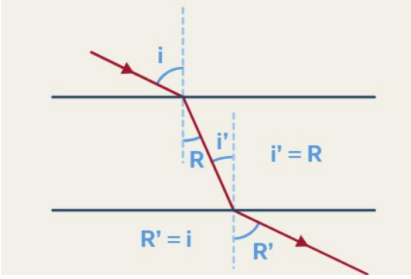
9.1. Pela lei da refração:

n_1 sen α_1 = n_2 sen α_2

$\Leftrightarrow$ 1,00 x sen 24,0º = n_2 sen 16,0º $\Leftrightarrow$ n_2 = 1,48

$n = \frac{c}{v} \Leftrightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,48} = 2,03 \times 10^8\ m\ s^{-1}$

9.2. (B). Os desvios na interface ar-vidro e vidro-ar são tais que a direção do raio emergente é paralela à direção do raio incidente. Como se pode verificar neste exemplo:



10. Relativamente à luz incidente, a luz refratada tem:

(A) Menor frequência e diferente velocidade de propagação.

(B) Igual comprimento de onda e diferente velocidade de propagação.

(C) Menor intensidade e diferente comprimento de onda.

(D) Menor intensidade e igual comprimento de onda.

Justifique a sua opção.

R: (C). O feixe refratado tem menor intensidade pois parte da luz é refletida ou absorvida na superfície de separação dos meios. Como há mudança de velocidade de propagação da luz e a frequência se mantém, o comprimento de onda terá de variar.

11. Uma luz monocromática passa de um meio I para um meio II onde o índice de refração duplica. No meio II a velocidade:

(A) e o comprimento de onda passam para o dobro.

(B) E o comprimento de onda passam para metade.

(C) Passa para metade, mas o comprimento de onda passa para o dobro.

(D) Passa para o dobro, mas o comprimento de onda passa para metade.

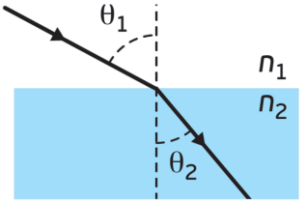
Justifique a sua opção.

R: (B). Como $n = \frac{c}{v}$ pode escrever-se $n_I v_I = n_{II} v_{II}$

Como v = λ f e a frequência é constante tem-se a expressão $n_I \lambda_I f = n_{II} \lambda_{II} f \Leftrightarrow n_I \lambda_I = n_{II} \lambda_{II}$

Se $n_{II} = 2\, n_I$, então $n_I \lambda_I = 2\, n_I \lambda_{II} \Leftrightarrow \lambda_{II} = \frac{1}{2}\lambda_I$ e $v_{II} = \frac{1}{2} v_I$

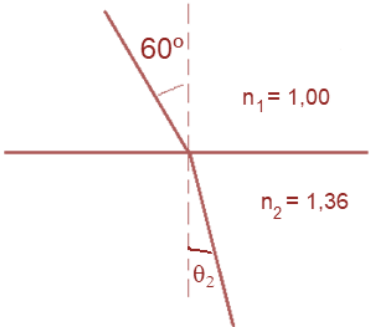
12. Considere a trajetória efetuada por um raio de luz, apresentada na figura abaixo. O ângulo incidente apresenta o valor 60,0°, sendo os índices de refração dos meios 1 e 2, respetivamente, 1,00 e 1,36.



12.1. Que fenómeno ótico está representado na figura?

12.2. Determine o valor do ângulo de refração.

12.3. Compare, justificando, a velocidade de propagação e o comprimento de onda das ondas incidente e refratada.



12.1. Refração da luz

12.2. $n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2 \Leftrightarrow 1{,}00 \times \text{sen } 60º = 1{,}36 \times \text{sen } \theta_2$

$\Leftrightarrow sen\ \theta_2 = \frac{1{,}00 \times sen\ 60°}{1{,}36} = 0{,}637 \Leftrightarrow \theta_2 = 39{,}6º$

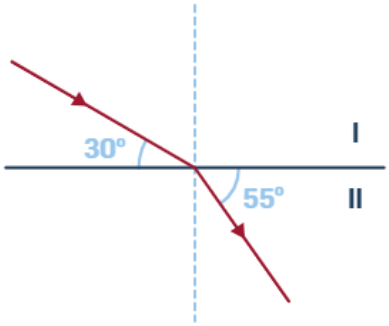
12.3. Neste caso a onda refratada aproxima-se da normal à superfície de separação dos dois meios, pois o índice de refração do meio 2 é superior ao do meio 1, logo, a onda incidente apresenta velocidade de propagação e o comprimento de onda superiores ao da onda refratada.

$n = \frac{c}{v}\ logo\quad como\quad n_2 > n_1\quad a\quad v_1 > v_2$

$v = \lambda f\quad com\quad n = \frac{c}{v}\quad fica\quad n = \frac{c}{\lambda f}$

$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{\lambda_2 f}}{\frac{c}{\lambda_1 f}}\ pois\ f\ não\ se\ altera\ \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}\quad logo\ como\quad n_2 > n_1\quad a\quad \lambda_1 > \lambda_2$

13. Observe a figura seguinte: uma luz monocromática passa do meio I para o meio II. Considere que o ângulo de incidência é sempre o mesmo nas alíneas seguintes.



13.1. Identifique os ângulos de reflexão e de refração e determine o índice de refração do meio II supondo que o meio I é o ar (n_I = 1,00).

13.2. Se os índices de refração dos meios se relacionarem pela expressão $n_{II} = \sqrt{3}\, n_I$, determine:

13.2.1. O ângulo da luz refratada com a superfície de separação.

13.2.2. A razão entre os comprimentos de onda da luz nos meios I e II.

13.3. Se a luz se propagasse no meio II com 80% da velocidade de propagação que tinha no meio I, qual seria o ângulo de refração?

13.1. Ângulo de incidência: α_i = 90º - 30º = 60º e ângulo de reflexão é também 60º

Ângulo de refração: α_R = 90º - 55º = 35º.

Usando a lei da refração: n_I sen α_i = n_{II} sen α_R

⇔ 1,00 x sen 60º = n_{II} sen 35º ⇔ n_{II} = sen 60º/sen 35º = 1,5

13.2.1.

Usando a lei da refração: n_I sen α_i = n_{II} sen α_R

⇔ n_I x sen 60º = $\sqrt{3}$ n_I sen α_R ⇔ sen α_R = sen 60º/$\sqrt{3}$ = 0,5

α_R = 30º

R: O ângulo do raio refratado com a superfície de separação dos meios é 90º - 30º = 60º

13.2.2.

Como $n = \frac{c}{v}$ pode escrever-se $n_I v_I = n_{II} v_{II}$

Como v = λ f e a frequência é constante tem-se a expressão $n_I \lambda_I f = n_{II} \lambda_{II} f \Leftrightarrow n_I \lambda_I = n_{II} \lambda_{II}$

$\frac{\lambda_I}{\lambda_{II}} = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{\sqrt{3}\, n_I}{n_I} = \sqrt{3}$

13.3.

Como $n = \frac{c}{v}$ pode escrever-se $n_I v_I = n_{II} v_{II}$

E $v_{II} = 0{,}80\, v_I$, fica:

$n_{II} = n_I \frac{v_I}{v_{II}} = n_I \frac{v_I}{0{,}80\, v_I} = 1{,}25\, n_I$

Lei da refração: n_1 sen α_1 = n_2 sen α_2

⇔ n_1 sen 60º = 1,25 n_1 sen α_2

⇔ sen α_2 = sen 60º/1,25 = 0,693 ⇔ α_2 = 44º

14. Um grupo de alunos pretendia testar as condições de reflexão total da luz. Para isso dispunham de um feixe laser vermelho e de um paralelepípedo de poliestireno. ($n_{poliestireno}$ = 1,49 para a radiação vermelha).

14.1. Indique, justificando, se a reflexão total da luz se obtém do ar para o paralelepípedo ou no sentido contrário?

14.2. Determine o ângulo limite nas condições referidas na alínea anterior.

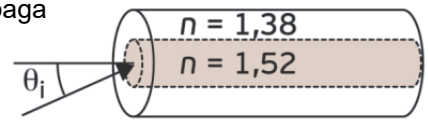
14.1. Para existir reflexão total o índice de refração do meio onde a onda se propaga terá de ser superior ao do meio envolvente. Assim como n_{ar} < $n_{poliestireno}$ a reflexão total da luz só se poderá obter do paralelepípedo (poliéster) para o ar.

14.2. Para existir reflexão total o ângulo de incidência deverá ser superior ao ângulo crítico dos materiais envolvidos.

n_1 sen θ_c = n_2 sen 90º ⇔ 1,49 x sen θ_c = 1,00 x 1

⇔ $sen\ \theta_c = \frac{1{,}00}{1{,}49} = 0{,}671$ ⇔θ_c = 42,2º

15. Determine o ângulo de incidência máximo, θ_i, que um raio de luz, que se propaga no ar, terá de apresentar para garantir que existirá reflexão interna total da luz numa fibra ótica, como representado na figura.

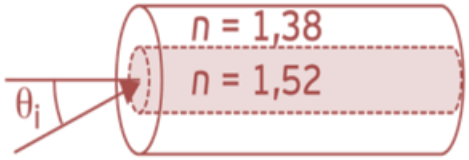


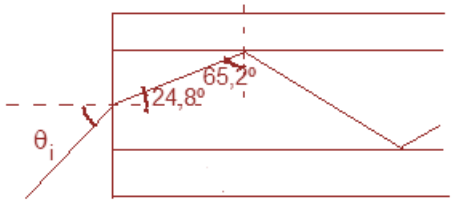
Calculando o ângulo crítico dentro da fibra ótica

n_1 sen θ_c = n_2 sen 90º ⇔

$sen\ \theta_c = \frac{1,38}{1,52} = 0,908$ ⇔θ_c = 65,2º

Cálculo do ângulo correspondente ao raio incidente do ar para o núcleo.



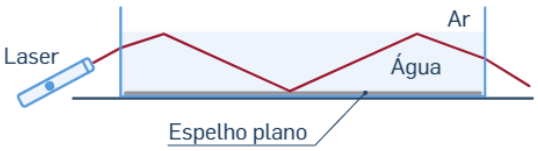


θ_R = 90º – 65,2º = 24,8º (ângulo refratado (dentro do núcleo) proveniente do raio incidente.

n_1 sen θ_i = n_2 sen θ_R ⇔ 1,00 x sen θ_i = 1,52 x sen 24,8º

⇔ $sen\ \theta_i = \frac{1,52 \times sen\ 24,8º}{1,00} = 0,637$ ⇔θ_i = sen^{-1}(0,638) = 39,6º

16. Foi realizada a experiência ilustrada na figura seguinte. Indique, justificando, se poderá ocorrer o fenómeno ilustrado quando o ângulo de incidência da luz na superfície água-ar for 40º.
Considere n_{ar} = 1,00 e $n_{água}$ = 1,33.



1.º descobrir qual é o ângulo crítico:

$n_1 sen\ \alpha_{crítico} = n_2 sen\ 90°$

⇔ $sen\ \alpha_{crítico} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,00}{1,33} = 0,752$

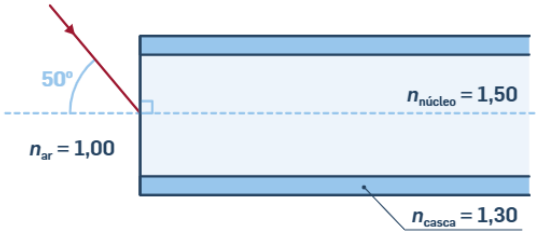
⇔ $\alpha_{crítico} = 48,8°$

Só ocorre reflexão total se o ângulo de incidência for superior a 48.8º. Para um ângulo de incidência de 40º a luz passa da água para o ar não ocorrendo reflexão total.

17. Considere o esquema de uma fibra ótica:

17.1. Verifique se o ângulo de incidência da luz na extremidade da fibra provoca reflexão total no seu interior.

17.2. Qual é o máximo ângulo de incidência na extremidade da fibra para que ocorra reflexão total dentro da fibra?

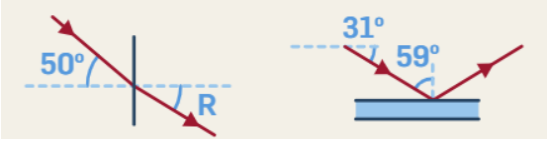


17.1. Em primeiro lugar verificar o ângulo com que o raio entra no núcleo da fibra.

n_1 sen α_1 = n_2 sen α_2

⇔ 1,00 x sen 50º = 1,50 sen α_2 ⇔ sen α_2 = 0,511 ⇔ α_2 = 30,7º

O ângulo de refração é de 30,7º. O ângulo de incidência no interior da fibra, na separação núcleo-casca será θ_i = 90º - 30,7º = 59,3º.



Depois calcular o ângulo crítico na superfície núcleo-casca da fibra:

$n_1 sen\ \alpha_{crítico} = n_2 sen\ 90°$

⇔ $sen\ \alpha_{crítico} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,30}{1,50} = 0,867$

$\Leftrightarrow \alpha_{crítico} = 60{,}1°$

R: Como o ângulo de incidência é 59,3º e é inferior a 60,1º, não há reflexão total. Há refração e reflexão na superfície de separação núcleo-casca).

17.2. Para um ângulo de incidência, na fronteira núcleo-casca, igual ao ângulo crítico, o correspondente ângulo de refração na entrada do feixe na fibra (fronteira ar-núcleo) é 90º - 60,1º = 29,9º.

O correspondente ângulo de incidência α_1, é:

$n_1 \text{ sen } \alpha_1 = n_2 \text{ sen } \alpha_2$

$\Leftrightarrow 1{,}00 \text{ x sen } \alpha_1 = 1{,}50 \text{ sen } 29{,}9º \Leftrightarrow \text{sen } \alpha_1 = 0{,}748 \Leftrightarrow \alpha_2 = 48{,}4º$

Apenas para ângulos de incidência na fibra inferiores a este ângulo é que há reflexão total na fibra.

18. A luz visível ($\lambda \approx 10^{-6}$ m) corresponde apenas a uma pequena parte do conjunto das radiações eletromagnéticas, mas que assume especial importância por serem detetadas pelo olho humano. Uma vez que as ondas eletromagnéticas também sofrem difração, como se explica a existência de sombras das pessoas?

A difração das ondas é tanto mais significativa quando mais próximo ao c.d.o. for da dimensão dos obstáculos. Então, como o c.d.o. da gama da radiação visível é da ordem de grandeza de 10^{-6} m, o efeito de difração da luz visível é desprezável para a maioria dos obstáculos à escala humana, propagando.se assim, praticamente em linha reta. Não contornando o corpo das pessoas a luz não chega à parte que se encontra por detrás dela criando-se uma zona de sombra nessa região que apresenta o formato do corpo.

19. De acordo com a tabela de atribuição de frequências da Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) estão atribuídas, por exemplo, as frequências 890 – 914 MHz e 935 – 959 MHz para as comunicações móveis terrestres digitais celulares públicas.

19.1. Converta o valor de frequência 890 MHz para comprimento de onda.

19.2. Apresente uma justificação para a utilização destas frequências nas comunicações terrestres de telemóvel.

19.1. $f = 890 \text{ MHz} = 890 \text{ x } 10^6 \text{ Hz}$

$c = \lambda f \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{890 \times 10^6} = 0{,}337\ m$

19.2. As radiações de elevada frequência apresentam maior largura de banda e por isso maior capacidade de envio de informação.

Contudo, a utilização de frequências ultra altas (UHF) aumenta o número de antenas e retransmissoras necessárias.

20. O funcionamento dos radares da polícia, usados para medir a velocidade dos automóveis, baseia-se no efeito Doppler. A onda emitida pelo radar é refletida no veículo, regressando novamente ao radar. O radar, parado na berma da estrada, aponta para os carros em aproximação.

20.1. Compare a frequência da radiação emitida pelo radar e a frequência da radiação refletida pelo veículo que é recebida pelo radar.

20.2. Indique, justificando, se as diferenças entre a frequência emitida e recebida pelo radar seriam as mesmas se o radar apontasse para o veículo que passa na outra faixa de rodagem.

20.1. A frequência da radiação recebida pelo radar é superior à frequência da radiação por ele emitida porque o movimento de aproximação entre o veículo e o radar o número de ondas que alcança o radar é maior do que a emitida (maior frequência) e o espaço percorrido pelas frentes de onda também é menor diminuindo o comprimento de onda da radiação. Como o meio é o mesmo a velocidade de propagação é a mesma e o aumento da frequência compensa a diminuição do comprimento de onda ($v = \lambda f$).

20.2. Como o veículo que passa na outra faixa de rodagem apresenta um movimento de afastamento em relação ao radar, o comprimento de onda da radiação que chega ao radar será maior e consequentemente a sua frequência será menor.

21. Quando Edwin Hubble, o astrónomo cujo nome foi atribuído ao primeiro telescópio espacial, mediu os espetros de estrelas e galáxias distantes, verificou que havia um desvio para o vermelho. O desvio para o vermelho da luz emitida por estrelas e galáxias é um exemplo do efeito de Doppler. Identifique as conclusões a que Hubble chegou com essa observação e as implicações que tiveram no conhecimento da origem do Universo.

De acordo com o efeito de Doppler, o desvio para o vermelho (para menor frequência) ocorre quando a fonte de luz se afasta do observador. Assim Hubble concluiu que o desvio para o vermelho se deve ao afastamento das galáxias. Esse afastamento é explicado pelo aumento do espaço entre as galáxias e é uma prova da expansão do Universo, uma das evidências da teoria do Big Bang.