

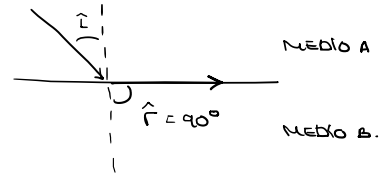
2023 MODELO B.4

Sean dos medios A y B de índices de refracción n_A y n_B , respectivamente. Un rayo de luz de frecuencia $f = 2,94 \cdot 10^{14}$ Hz, que incide desde el medio A hacia el medio B, se refleja totalmente en la superficie de separación para un ángulo de incidencia igual o superior a $49,88^\circ$. Por otro lado, las velocidades de propagación del haz en los medios A y B, v_A y v_B , respectivamente, verifican la relación $v_A + v_B = 4,07 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Determine:

a) Los índices de refracción n_A y n_B .

b) Las longitudes de onda del rayo incidente en los medios A y B.

Dato: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



a) $f = 2,94 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. La frecuencia de la onda no varía.

$$\hat{i} \geq 49,88^\circ \Rightarrow \hat{r} = 90^\circ$$

$$v_A + v_B = 4,07 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

① Ley Snell entre MEDIO A y MEDIO B.

$$n_A \cdot \sin \hat{i} = n_B \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow$$

② Como $n_A = \frac{c}{v_A}$ y $n_B = \frac{c}{v_B} \Rightarrow$ sustituimos en ley de Snell: $\frac{c}{v_A} \cdot \sin \hat{i} = \frac{c}{v_B} \cdot \sin \hat{r}$

$$\Rightarrow \frac{\sin 49,88^\circ}{v_A} = \frac{\sin 90^\circ}{v_B} \Rightarrow v_B \cdot \sin 49,88^\circ = v_A$$

③ Resolvemos el sistema:
$$\begin{cases} v_A = v_B \cdot \sin 49,88^\circ \\ v_A + v_B = 4,07 \cdot 10^8 \end{cases} \Rightarrow v_B \cdot \sin 49,88^\circ + v_B = 4,07 \cdot 10^8$$

$$\Rightarrow 1,765 \cdot v_B = 4,07 \cdot 10^8 \Rightarrow v_B = \frac{4,07 \cdot 10^8}{1,765} = 2,31 \cdot 10^8 \text{ m/s} \Rightarrow v_A = 1,76 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{4} n_A = \frac{3 \cdot 10^8}{1,76 \cdot 10^8} = \boxed{1,702} \Rightarrow n_B = \frac{3 \cdot 10^8}{2,31 \cdot 10^8} = \boxed{1,30}$$

b) $v_A = \lambda_A \cdot f \Rightarrow \lambda_A = \frac{v_A}{f}$ • Como $v_A = \frac{c}{n_A} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,702} = 1,76 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$$\Rightarrow \lambda_A = \frac{1,76 \cdot 10^8}{2,94 \cdot 10^{14}} = \boxed{5,986 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

• $v_B = \lambda_B \cdot f \Rightarrow \lambda_B = \frac{v_B}{f} \Rightarrow$ Como $v_B = \frac{c}{n_B} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,3} = 2,31 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$$\Rightarrow \lambda_B = \frac{2,31 \cdot 10^8}{2,94 \cdot 10^{14}} = \boxed{7,85 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

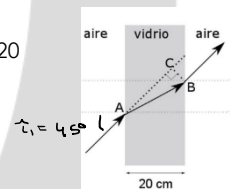
2022 JULIO COINCIDENTES B.4

Un haz de luz que se propaga en el aire incide sobre una lámina de vidrio de caras planas y paralelas de 20 cm de espesor con un ángulo de 45° . Si el índice de refracción del vidrio es 1,61, obtenga:

a) La distancia AB recorrida por el haz en el interior de la lámina de vidrio.

b) El desplazamiento lateral BC del haz.

Dato: Índice de refracción del aire, $n_{\text{aire}} = 1$.



a) ① Ley de Snell entre AIRE-VIDRIO



$$\begin{aligned} \hat{i} &= 45^\circ \\ n_{\text{aire}} &= 1 \\ n_{\text{vidrio}} &= 1,61 \end{aligned}$$

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$$

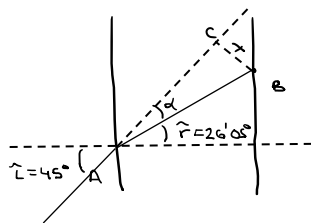
$$1 \cdot \sin 45^\circ = 1,61 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{\sin 45^\circ}{1,61} \Rightarrow \hat{r} = 26,65^\circ$$

②



$$\cos \hat{r} = \frac{CC}{H} \Rightarrow H = \frac{CC}{\cos \hat{r}} \Rightarrow H = \frac{0,2}{\cos 26,65^\circ} = \boxed{0,223 \text{ m}} = \overline{AB}$$

b)



$$\alpha = i - r = 45 - 26'05 = 18'95''$$

$$\sin \alpha = \frac{CB}{AB} \Rightarrow CB = AB \sin \alpha \Rightarrow CB = 0'223 \cdot \sin 18'95''$$

$$CB = 0'072m$$

2022 JULIO B.4

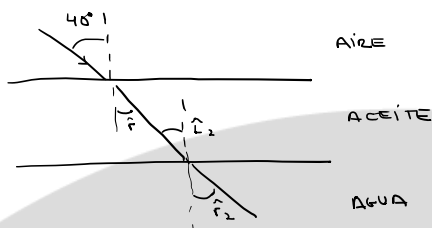
Un estanque con agua está cubierto con una capa de aceite. Los índices de refracción del agua y del aceite son $n_{AGUA} = 1,33$ y $n_{ACEITE} = 1,44$, respectivamente.

a) Si un rayo de luz monocromático incide desde el aire hacia el estanque con un ángulo de 40° con respecto a la normal, ¿cuál es el ángulo de refracción del haz en el agua del estanque?

b) Si en el fondo del estanque hay un foco de luz, ¿por debajo de qué ángulo debe incidir el haz de luz del foco con respecto a la normal de la superficie del agua para que la luz salga fuera del estanque hacia el aire?

Dato: Índice de refracción del aire, $n_{AIRE} = 1$.

a)



① Ley de Snell entre AIRE - ACEITE $\begin{cases} n_{aire} = 1 \\ n_{aceite} = 1'44 \end{cases}$

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

$$1 \cdot \sin 40^\circ = 1'44 \cdot \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{\sin 40^\circ}{1'44}$$

$$\Rightarrow r = \arcsen \frac{\sin 40^\circ}{1'44} = 26'51''$$

② Por simetría: $r = r_2 = 26'51''$

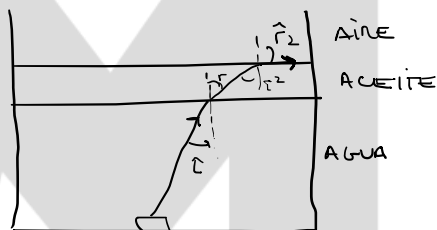
③ Ley de Snell entre ACEITE - AGUA $\begin{cases} n_{aceite} = 1'44 \\ n_{agua} = 1'33 \end{cases}$

$$n_{ac} \cdot \sin i_2 = n_{ag} \cdot \sin r_2$$

$$1'44 \cdot \sin 26'51'' = 1'33 \cdot \sin r_2 \Rightarrow \sin r_2 = \frac{1'44 \cdot \sin 26'51''}{1'33} \Rightarrow \sin r_2 = 0'483$$

$$\Rightarrow r_2 = \arcsen 0'483 \Rightarrow \boxed{r_2 = 28'9''}$$

b)



• Para que la luz salga no se debe producir reflexión total. Por eso mismo, vamos a calcular a partir de qué ángulo se produce reflexión. Consideramos $r_2 = 90^\circ$.

① Ley de Snell ACEITE - AIRE $\Rightarrow n_{aceite} \cdot \sin i_2 = n_{aire} \cdot \sin r_2$

$$1'44 \cdot \sin i_2 = 1 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow i_2 = \arcsen \frac{1}{1'44}$$

$$\Rightarrow i_2 = 43'48''$$

$$\textcircled{2} i_2 = r_1 = 43'48''$$

③ Ley de Snell AGUA - ACEITE $\Rightarrow n_{agua} \cdot \sin i_1 = n_{aceite} \cdot \sin r_1$

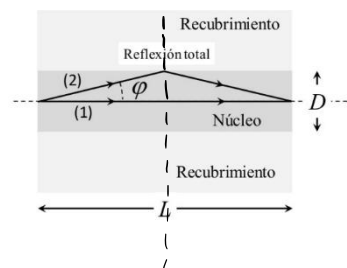
$$\Rightarrow 1'33 \cdot \sin i_1 = 1'44 \cdot \sin 43'48'' \quad i_1 = \arcsen \frac{1'44 \cdot \sin 43'48''}{1'33}$$

$$\Rightarrow i_1 = 50'28''$$

④ El ángulo con el que debe incidir la luz del foco debe ser menor a $50'28''$

2022 JUNIO COINCIDENTES B.4

Una fibra óptica de plástico para el conexionado de un automóvil posee un núcleo cilíndrico con índice de refracción $n_N = 1,46$ y diámetro $D = 100 \mu\text{m}$, y un recubrimiento concéntrico de índice de refracción $n_R = 1,43$. Partiendo del centro de la fibra, el rayo (1) va paralelo a ella, mientras que el rayo (2) viaja con el máximo ángulo posible φ para que se refleje totalmente en la frontera núcleo-recubrimiento (ver figura).



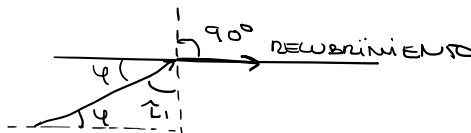
a) Calcule el ángulo φ que forma el rayo (2) con el eje de la fibra óptica.

b) Obtenga la longitud de fibra L para la cual el rayo (2) alcanza de nuevo el eje de la fibra, así como la diferencia de tiempos de llegada entre el rayo (1) y el (2) tras recorrer dicha longitud de fibra L .

Dato: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

a) $n_N = 1,46$ $D = 100 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

$n_R = 1,43$



• Se produce reflexión total $\Rightarrow \hat{r}_i = 90^\circ$. Haremos ley de Snell NÚCLEO - RECURBIMIENTO

$$\Rightarrow n_N \cdot \sin \hat{i} = n_R \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow 1,46 \cdot \sin \hat{i} = 1,43 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{1,43}{1,46}$$

$$\Rightarrow \hat{i} = \arcsin \frac{1,43}{1,46} \Rightarrow \hat{i} = 78'36''$$

• Como $\hat{i} + \varphi = 90^\circ \Rightarrow \varphi = 90 - 78'36'' = 11'64''$

b) $\frac{D}{2} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ $\tan \varphi = \frac{CO}{CC} \Rightarrow CC = \frac{CO}{\tan \varphi} \Rightarrow CC = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{\tan 11'64''}$
 $\Rightarrow CC = 2,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

• Como $L = 2 \cdot 2,43 \cdot 10^{-4} = 4,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

② Para calcular tiempos, primero calculamos la velocidad de propagación de los rayos:

$$n_N = \frac{c}{v_N} \Rightarrow v_N = \frac{c}{n_N} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,46} \Rightarrow v_N = 2,05 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

• Como los rayos hacen un MRU:

• Rayo 1 $\Rightarrow x = L = 4,86 \cdot 10^{-4} \text{ m} \Rightarrow x = x_0 + vt \Rightarrow 4,86 \cdot 10^{-4} = 2,05 \cdot 10^8 \cdot t$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{4,86 \cdot 10^{-4}}{2,05 \cdot 10^8} = 2,37 \cdot 10^{-12} \text{ s}$$

• Rayo 2 $\Rightarrow$ Arreglamos el espacio que recorre: $\frac{D}{2} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow \sin \varphi = \frac{CO}{H}$
 $\Rightarrow H = \frac{CO}{\sin \varphi} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{\sin 11'64''} \Rightarrow H = 2,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

El espacio recorrido por rayo 2 $= 2 \cdot 2,48 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 4,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

$$x_2 = x_0 + vt \Rightarrow 4,96 \cdot 10^{-4} = 2,05 \cdot 10^8 t \Rightarrow t_2 = \frac{4,96 \cdot 10^{-4}}{2,05 \cdot 10^8} = 2,42 \cdot 10^{-12} \text{ s}$$

Diferencias de tiempos $= t_2 - t_1 = 2,42 \cdot 10^{-12} - 2,37 \cdot 10^{-12} = 4,95 \cdot 10^{-14} \text{ s}$

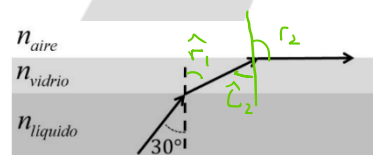
2022 JUNIO B.4

Una lámina de vidrio se halla sobre un líquido de índice de refracción desconocido. La longitud de onda de la luz en el vidrio se reduce a un 70 % de su valor en el aire. Si se emite luz desde el líquido, los rayos con ángulos de incidencia superiores a 30° en la cara inferior de la lámina no se refractan al aire por su cara superior. Calcule:

a) El índice de refracción del vidrio.

b) El índice de refracción del líquido.

Dato: Índice de refracción del aire, $n_{\text{AIRE}} = 1$.



a) $\lambda_v = 0.7 \lambda_a$
 $\hat{i}_1 = 30^\circ$

① En el aire $v_A = \lambda_A \cdot f$
En el vidrio $v_v = \lambda_v \cdot f$ } la frecuencia del rayo no varía.

$$\left\{ \begin{array}{l} f = \frac{v_A}{\lambda_A} \\ f = \frac{v_v}{\lambda_v} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{v_A}{\lambda_A} = \frac{v_v}{\lambda_v} \Rightarrow \frac{v_A}{\cancel{\lambda_A}} = \frac{v_v}{0.7 \cancel{\lambda_A}} \Rightarrow v_A \cdot 0.7 = v_v \quad \text{1ª ECUACIÓN}$$

② Como $n_A = \frac{c}{v_A} \Rightarrow v_A = \frac{c}{n_A}$
Como $n_v = \frac{c}{v_v} \Rightarrow v_v = \frac{c}{n_v}$ } sustituimos en la 1ª ECUACIÓN:

$$\frac{c}{n_A} \cdot 0.7 = \frac{c}{n_v} \Rightarrow n_v \cdot 0.7 = n_A$$

$$\Rightarrow 0.7 n_v = 1 \Rightarrow n_v = \frac{1}{0.7} \Rightarrow \boxed{n_v = 1.43}$$

b) Ley Snell vidrio - aire

$n_{\text{aire}} = 1$
 $n_v = 1.43$
 $\hat{r}_2 = 90^\circ$

$$n_v \cdot \sin \hat{i}_2 = n_a \cdot \sin \hat{r}_2 \Rightarrow 1.43 \cdot \sin \hat{i}_2 = 1 \cdot \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow \sin \hat{i}_2 = \frac{1}{1.43} \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsen \frac{1}{1.43} \Rightarrow \hat{i}_2 = 44.37^\circ$$

② $\hat{i}_2 = \hat{r}_1 = 44.37^\circ$

③ Ley Snell entre Líquido - vidrio

$n_v = 1.43$
 $\hat{r}_1 = 44.37^\circ$
 $\hat{i}_1 = 30^\circ$

$$n_L \cdot \sin \hat{i}_1 = n_v \cdot \sin \hat{r}_1 \Rightarrow n_L \cdot \sin 30^\circ = 1.43 \cdot \sin 44.37^\circ$$

$$\Rightarrow n_L = \frac{1.43 \cdot \sin 44.37^\circ}{\sin 30^\circ} \Rightarrow \boxed{n_L = 2}$$

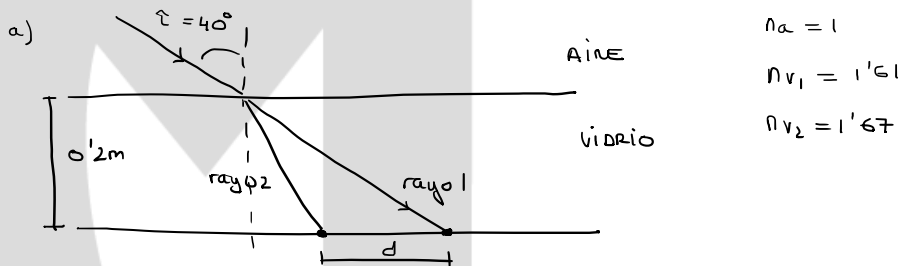
2022 MODELO B.4

Un haz de luz compuesto por dos rayos monocromáticos incide desde el aire con un ángulo de incidencia de 40° sobre la superficie superior de un vidrio de 20 cm de espesor. El índice de refracción del vidrio para la primera onda es $n_1 = 1.61$, mientras que para la segunda onda es $n_2 = 1.67$.

a) Calcule la distancia entre los dos rayos a la salida del vidrio por su cara inferior.

b) Si la frecuencia de la luz del primer rayo es $4.21 \cdot 10^{14}$ Hz, obtenga su longitud de onda en el interior del vidrio.

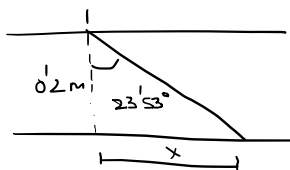
Datos: Índice de refracción del aire, $n_{\text{aire}} = 1$; Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



① RAYO 1: Ley Snell aire - vidrio $\Rightarrow n_a \cdot \sin \hat{i}_1 = n_{v1} \cdot \sin \hat{r}_1 \Rightarrow 1 \cdot \sin 40^\circ = 1.61 \cdot \sin \hat{r}_1$
 $\Rightarrow \sin \hat{r}_1 = \frac{\sin 40^\circ}{1.61} \Rightarrow \hat{r}_1 = \arcsen \frac{\sin 40^\circ}{1.61} \Rightarrow \hat{r}_1 = 23.53^\circ$

② RAYO 2: Ley Snell aire - vidrio $\Rightarrow n_a \cdot \sin \hat{i}_1 = n_{v2} \cdot \sin \hat{r}_2 \Rightarrow 1 \cdot \sin 40^\circ = 1.67 \cdot \sin \hat{r}_2$
 $\Rightarrow \sin \hat{r}_2 = \frac{\sin 40^\circ}{1.67} \Rightarrow \hat{r}_2 = \arcsen \frac{\sin 40^\circ}{1.67} \Rightarrow \hat{r}_2 = 23.07^\circ$

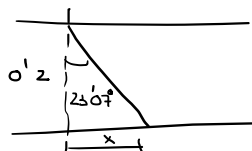
③ rayo 1:



vibrio

$$\begin{aligned} \cdot \operatorname{tg} d &= \frac{co}{cc} \\ \Rightarrow \operatorname{tg} 23'53 &= \frac{x}{0'2} \\ \Rightarrow x &= 0'2 \cdot \operatorname{tg} 23'53 \\ x &= 0'087 \text{ m} \end{aligned}$$

④ rayo 2:



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 23'07 &= \frac{x}{0'2} \\ x &= 0'2 \cdot \operatorname{tg} 23'07 \\ x &= 0'085 \text{ m} \end{aligned}$$

⑤ Distancia de salida de los rayos $d = 0'087 - 0'085 = \boxed{0'002 \text{ m}}$

b) $f_1 = 4'21 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

① $n_1 = \frac{c}{v_1} \Rightarrow 1'61 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_1} \Rightarrow v_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{1'61} = 1'86 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

② $v_1 = \lambda_1 \cdot f_1 \Rightarrow 1'86 \cdot 10^8 = \lambda_1 \cdot 4'21 \cdot 10^{14} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{1'86 \cdot 10^8}{4'21 \cdot 10^{14}} \Rightarrow \boxed{\lambda_1 = 4'41 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$

2021 JULIO B.4

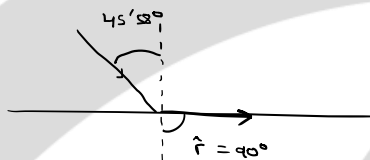
Sean dos medios A y B de índices de refracción n_A y n_B , respectivamente. Un rayo de luz de frecuencia $6,04 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ incide desde el medio A hacia el medio B, verificándose que el ángulo límite para la reflexión total es $45,58^\circ$. Sabiendo que $n_A - n_B = 0,6$, determine:

a) Los índices de refracción n_A y n_B de ambos medios.

b) Las longitudes de onda del rayo de luz incidente en los medios A y B.

Dato: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

a)



Medio A

Medio B

• $f = 6'04 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ (la frecuencia de una onda no varía)

• Hay reflexión total cuando $\hat{r} = 90^\circ$.

• $n_A - n_B = 0'6$

① Ley Snell de Medio A - Medio B

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow n_A \cdot \sin 45'58^\circ = n_B \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow n_A \cdot 0'714 = n_B$$

② Hacemos sistema:

$$\begin{cases} n_A - n_B = 0'6 \\ n_B = 0'714 n_A \end{cases} \quad \text{Por sustitución} \Rightarrow n_A - 0'714 n_A = 0'6 \Rightarrow 0'286 n_A = 0'6 \Rightarrow n_A = \frac{0'6}{0'286} \Rightarrow \boxed{n_A = 2'1}$$

$$\cdot n_B = 0'714 \cdot 2'1 = \boxed{1'5}$$

b) Medio A

① $n_A = \frac{c}{v_A} \Rightarrow v_A = \frac{c}{n_A} = \frac{3 \cdot 10^8}{2'1} = 1'43 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

② $v_A = \lambda_A \cdot f \Rightarrow \lambda_A = \frac{v_A}{f} = \frac{1'43 \cdot 10^8}{6'04 \cdot 10^{14}} = \boxed{2'36 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$

Medio B

① $n_B = \frac{c}{v_B} \Rightarrow v_B = \frac{c}{n_B} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

② $v_B = \lambda_B \cdot f \Rightarrow \lambda_B = \frac{v_B}{f} = \frac{2 \cdot 10^8}{6'04 \cdot 10^{14}} = \boxed{3'31 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$

2021 JUNIO COINCIDENTES B.4

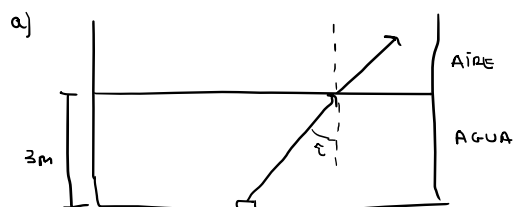
En el fondo de una piscina de profundidad 3 metros se encuentra un foco que emite luz en todas las direcciones con una longitud de onda de 680 nm en el agua. El haz de luz tiene una longitud de onda de $904,4 \text{ nm}$ en el exterior.

a) Calcule el índice de refracción del agua de la piscina.

Ahora se sitúa en la superficie del agua, sobre la vertical del foco, un objeto circular opaco:

b) Determine el valor del radio del objeto para que un observador externo no vea la luz.

Datos: Índice de refracción del $n_{\text{aire}} = 1$; Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

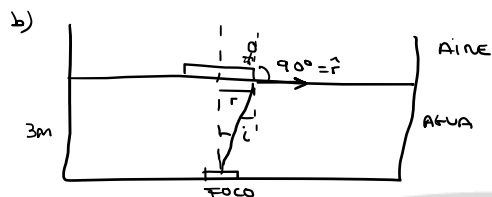


• $\lambda_{\text{AGUA}} = 680 \text{ nm} = 680 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ • $\lambda_{\text{AIRE}} = 904'4 \text{ nm} = 904'4 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

$$\begin{aligned} \textcircled{1} n_{\text{agua}} &= \frac{c}{v_{\text{agua}}} \\ \textcircled{2} n_{\text{aire}} &= \frac{c}{v_{\text{aire}}} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{aire}}} &= \frac{\frac{c}{v_{\text{agua}}}}{\frac{c}{v_{\text{aire}}}} \Rightarrow \frac{n_{\text{agua}}}{1} = \frac{v_{\text{aire}}}{v_{\text{agua}}} \\ \Rightarrow n_{\text{agua}} &= \frac{v_{\text{aire}}}{v_{\text{agua}}} \end{aligned} \right.$$

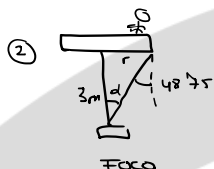
• $v_{\text{aire}} = \lambda_{\text{aire}} \cdot f$ y $v_{\text{agua}} = \lambda_{\text{agua}} \cdot f \Rightarrow$ sustituyo en $n_{\text{agua}} = \frac{v_{\text{aire}}}{v_{\text{agua}}}$

$\Rightarrow n_{\text{agua}} = \frac{\lambda_{\text{aire}} \cdot f}{\lambda_{\text{agua}} \cdot f} \Rightarrow n_{\text{agua}} = \frac{904'4 \cdot 10^{-9}}{680 \cdot 10^{-9}} = \boxed{1'33}$



• Para que no vea el rayo, $\hat{r}$ debe ser 90° y entonces $\hat{i}$ es el ángulo límite: ley de Snell

$n_{\text{agua}} \cdot \sin \hat{i} = n_{\text{aire}} \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow 1'33 \cdot \sin \hat{i} = 1 \cdot \sin 90^\circ$
 $\Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{1}{1'33} \Rightarrow \hat{i} = \arcsen \frac{1}{1'33} = \underline{48'75^\circ}$



• $\tan i = \frac{CO}{CC} \quad \bullet \quad d = 48'75^\circ \quad CC = 3 \text{ m} \Rightarrow \tan 48'75 = \frac{r}{3} \Rightarrow r = 3 \cdot \tan 48'75^\circ$
 $\Rightarrow r = \boxed{2'42 \text{ m}}$

2021 JUNIO B.4

Un rayo láser, que emite luz de longitud de onda de 488 nm en el vacío, incide desde el aire sobre la superficie plana de un material con un índice de refracción de 1,55. El rayo incidente y el reflejado forman entre sí un ángulo de 60° .

a) Determine la frecuencia y la longitud de onda del rayo luminoso en el aire y dentro del medio material.

b) Calcule el ángulo que formará el rayo refractado en el material con el rayo reflejado en el aire. ¿Existirá algún ángulo de incidencia para el cual el rayo láser sufra reflexión total? Justifique la respuesta.

Datos: Índice de refracción del aire, $n_{\text{AIRE}} = 1$; Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

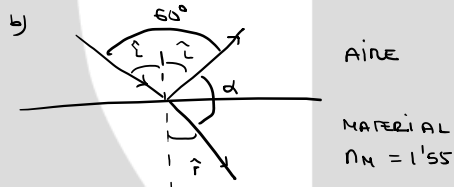
a) • $\lambda_{\text{aire}} = 488 \text{ nm} = \boxed{488 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$

• $n_{\text{aire}} = \frac{c}{v_{\text{aire}}} \Rightarrow 1 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_{\text{aire}}} \Rightarrow v_{\text{aire}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

• $v_{\text{aire}} = \lambda_{\text{aire}} \cdot f \Rightarrow f = \frac{v_{\text{aire}}}{\lambda_{\text{aire}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{488 \cdot 10^{-9}} = \boxed{6'15 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$

• $n_M = \frac{c}{v_{\text{material}}} \Rightarrow 1'55 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_{\text{material}}} \Rightarrow v_{\text{material}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1'55} = 1'94 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

• $v_{\text{material}} = \lambda_{\text{material}} \cdot f \Rightarrow \lambda_{\text{material}} = \frac{v_{\text{material}}}{f} = \frac{1'94 \cdot 10^8}{6'15 \cdot 10^{14}} = \boxed{3'14 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$



• $2\hat{i} = 60^\circ \Rightarrow \hat{i} = 30^\circ$

• ley de Snell AIRE-MATERIAL $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$

$1 \cdot \sin 30^\circ = 1'55 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{1 \cdot \sin 30^\circ}{1'55} \Rightarrow \sin \hat{r} = 0'323$

$\Rightarrow \hat{r} = \arcsen 0'323 = 18'82^\circ$

• Como $\hat{i} + \alpha + \hat{r} = 180^\circ \Rightarrow \alpha = 180^\circ - 30^\circ - 18'82^\circ = \boxed{131'18^\circ}$

• Para que sufra reflexión total, la onda debe pasar de un índice mayor a uno menor.

Como la onda pasa del aire ($n = 1$) al material ($n = 1'55$), por tanto, no se puede producir reflexión total.

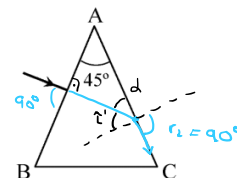
2021 MODELO B.4

Sobre la cara AB del prisma de la figura incide perpendicularmente desde el aire un haz de luz monocromática de frecuencia $4,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

a) Calcule el índice de refracción que debería tener el prisma para que el ángulo de emergencia del haz de luz a través de la cara AC sea de 90° .

b) Determine las longitudes de onda del haz de luz fuera y dentro del prisma.

Datos: Índice de refracción del aire, $n_{\text{AIRE}} = 1$; Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



a) $f = 4,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ • Un onda que incide perpendicular a una superficie no se desvía.
¿n prisma?

$$r_2 = 90^\circ$$

① Sacamos d : $A + d + 90^\circ = 180^\circ \Rightarrow d = 180 - 90 - A = 180 - 90 - 45 = 45^\circ$

② Sacamos l : $d + l = 90^\circ \Rightarrow l = 90 - d = 45^\circ$

③ ley Snell en la cara AC (Vidrio - Aire): $n_1 \cdot \sin l = n_2 \cdot \sin r_2 \Rightarrow n_1 \cdot \sin 45^\circ = 1 \cdot \sin 90^\circ$
 $\Rightarrow n_1 = \frac{1 \cdot \sin 90^\circ}{\sin 45^\circ} \Rightarrow \boxed{n_1 = 1,41}$

b) ① $n_{\text{aire}} = \frac{c}{v_{\text{aire}}} \Rightarrow 1 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_{\text{aire}}} \Rightarrow v_{\text{aire}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ② $v_{\text{aire}} = \lambda_{\text{aire}} \cdot f \Rightarrow \lambda_{\text{aire}} = \frac{v_{\text{aire}}}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,6 \cdot 10^{14}} \Rightarrow \boxed{\lambda_{\text{aire}} = 652 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$

② $n_{\text{vidrio}} = \frac{c}{v_{\text{vidrio}}} \Rightarrow 1,41 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_{\text{vidrio}}} \Rightarrow v_{\text{vidrio}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,41} = 213 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
 $v_{\text{vidrio}} = \lambda_{\text{vidrio}} \cdot f \Rightarrow \lambda_{\text{vidrio}} = \frac{v_{\text{vidrio}}}{f} = \frac{213 \cdot 10^3}{4,6 \cdot 10^{14}} = \boxed{463 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$

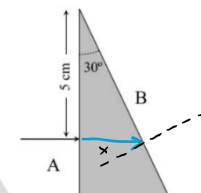
2021 SEPTIEMBRE A.4

Sobre la cara A de un prisma de material transparente incide perpendicularmente desde el aire un rayo de luz a una distancia de 5 cm desde el vértice superior, cuyo ángulo es de 30° (ver figura).

a) Calcule el tiempo que tarda el rayo en alcanzar la cara B, y el ángulo de emergencia al aire a través de dicha cara, si el material es un vidrio con un índice de refracción de 1,5.

b) ¿Emergerá el rayo por la cara B si el prisma es de diamante, cuyo índice de refracción es de 2,5? Razone la respuesta.

Datos: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; Índice de refracción del aire, $n_{\text{AIRE}} = 1$.



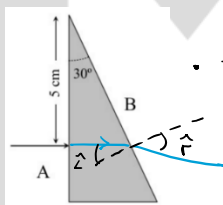
a) ① Calculamos la distancia que recorre el rayo dentro del prisma.

$\tan 30^\circ = \frac{x}{0,05 \text{ m}} \Rightarrow x = 0,05 \cdot \tan 30^\circ \Rightarrow x = 2,89 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

② Calculamos la velocidad que lleva la onda dentro del prisma: $n = \frac{c}{v_{\text{prisma}}}$

$1,5 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_{\text{prisma}}} \Rightarrow v_{\text{prisma}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

③ MRU: $x_f = x_0 + vt \Rightarrow 2,89 \cdot 10^{-2} = 0 + 2 \cdot 10^8 t \Rightarrow t = \frac{2,89 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^8} = \boxed{1,45 \cdot 10^{-10} \text{ s}}$



• $l = 30^\circ$

• ley Snell vidrio - Aire: $n_{\text{vidrio}} \cdot \sin l = n_{\text{aire}} \cdot \sin r$

$1,5 \cdot \sin 30^\circ = 1 \cdot \sin r \Rightarrow 0,75 = \sin r \Rightarrow r = \arcsin 0,75$

$\boxed{r = 48,59^\circ}$

b) ley Snell Diamante - Aire: $n_1 \cdot \sin l = n_2 \cdot \sin r \Rightarrow 2,5 \cdot \sin 30^\circ = 1 \cdot \sin r$

$\Rightarrow 1,25 = \sin r \Rightarrow \text{No se puede resolver porque el } \sin r \text{ no puede ser un número mayor a } 1.$

No emergerá el rayo.

2020 JULIO COINCIDENTES A.4

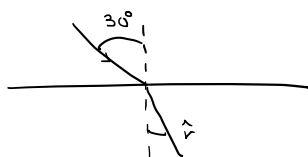
Un rayo de luz monocromático de frecuencia $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, que se propaga por un medio de índice de refracción $n_1 = 1,5$, incide con un ángulo de 30° con respecto a la normal sobre otro medio de índice de refracción $n_2 = 1,2$.

a) Calcule el ángulo de refracción al segundo medio y la longitud de onda del rayo en este segundo medio.

b) ¿Cuál tendría que ser el ángulo de incidencia mínimo del rayo para que se refleje completamente?

Dato: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

a) $f = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$



$n_1 = 1.5$

$n_2 = 1.2$

① Ley de Snell MEDIO 1 - MEDIO 2: $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$

$\Rightarrow 1.5 \cdot \sin 30^\circ = 1.2 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow 0.75 = 1.2 \cdot \sin \hat{r}$

$\Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{0.75}{1.2} \Rightarrow \sin \hat{r} = 0.625 \Rightarrow \hat{r} = \arcsen 0.625$

$\Rightarrow \hat{r} = 38'68''$

② $n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow 1.2 = \frac{3 \cdot 10^8}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{1.2} = 2.5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$\cdot v_2 = \lambda_2 \cdot f \Rightarrow \lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{2.5 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14}} \Rightarrow \lambda_2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

b) Para que se produzca reflexión total, el ángulo refractado son 90° .

• Ley de Snell MEDIO 1 - MEDIO 2: $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow 1.5 \cdot \sin \hat{i} = 1.2 \cdot \sin 90^\circ$

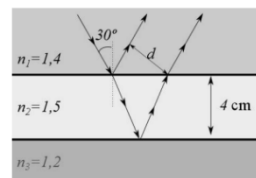
$\Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{1.2}{1.5} = 0.8 \Rightarrow \hat{i} = \arcsen 0.8 = 53'13''$

2020 JULIO B.4

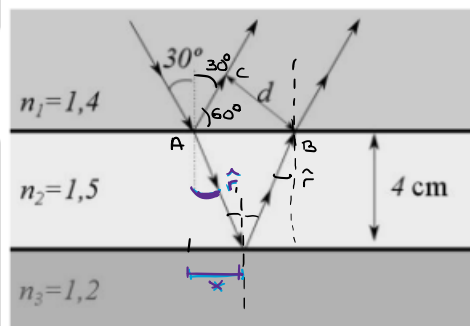
Una placa de vidrio de 4 cm de espesor y de índice de refracción 1,5 se encuentra sumergida entre dos aceites de índices de refracción 1,4 y 1,2 respectivamente. Proveniente del aceite de índice 1,4 incide sobre el vidrio un haz de luz con un ángulo de incidencia de 30° . Calcule:

a) La distancia, d , entre el rayo reflejado por la cara superior del vidrio y el refractado después de reflejarse en la cara inferior del vidrio.

b) El ángulo de incidencia mínimo en la cara superior del vidrio necesario para que se produzca el fenómeno de reflexión total en la cara inferior de la placa de vidrio.



a)



① Sacamos $\hat{r}_1$, con ley Snell MEDIO 1 - MEDIO 2

$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow 1.4 \cdot \sin 30^\circ = 1.5 \cdot \sin \hat{r}$

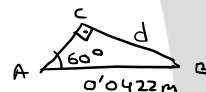
$\Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{1.4 \cdot \sin 30^\circ}{1.5} \Rightarrow \sin \hat{r} = 0.467 \Rightarrow \hat{r} = \arcsen 0.467$

$\hat{r}_1 = 27'82''$

② Sacamos x : $\tan 27'82'' = \frac{x}{0.04} \Rightarrow x = 0.04 \cdot \tan 27'82''$

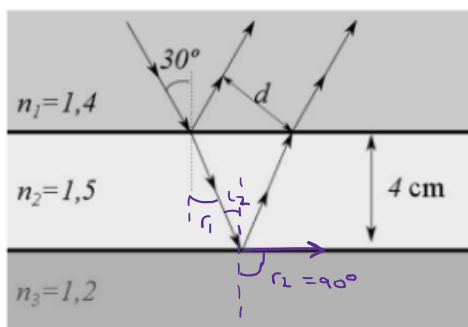
$\Rightarrow x = 0.0211 \text{ m} \cdot \Rightarrow 2 \cdot x = 0.0422 \text{ m}$

③ Cogemos el triángulo ABC:



④ $\sin 60^\circ = \frac{d}{0.0422} \Rightarrow d = 0.0422 \cdot \sin 60^\circ = 3.65 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

b)



① Ley Snell MEDIO 2 - MEDIO 3

$n_2 \cdot \sin \hat{i}_2 = n_3 \cdot \sin \hat{r}_2 \Rightarrow 1.5 \cdot \sin \hat{i}_2 = 1.2 \cdot \sin 90^\circ$

$\Rightarrow \sin \hat{i}_2 = \frac{1.2}{1.5} = 0.8 \Rightarrow \hat{i}_2 = \arcsen 0.8$

$\Rightarrow \hat{i}_2 = 53'13''$

② $\hat{r}_1 = \hat{i}_2 = 53'13''$

③ Ley Snell MEDIO 1 - MEDIO 2

$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}_1 \Rightarrow 1.4 \cdot \sin \hat{i} = 1.5 \cdot \sin 53'13''$

$\Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{1.5 \cdot \sin 53'13''}{1.4} \Rightarrow \sin \hat{i} = 0.857 \Rightarrow \hat{i} = \arcsen 0.857 = 58'75''$

2020 MODELO B.4

Un rayo de luz monocromático que se propaga por el medio 1 de índice de refracción $n_1 = 1,6$ con una longitud de onda 460 nm , incide sobre la superficie de separación con el medio 2 de índice de refracción $n_2 = 1,4$.

a) Calcule la frecuencia y la longitud de onda de la luz cuando se propaga en el segundo medio.

b) Tras este segundo medio, la luz llega a un tercer medio de índice de refracción $n_3 = 1,2$ (ver figura). Determine el menor ángulo de incidencia del rayo en la superficie de separación entre los medios 1 y 2, para que, al llegar a la superficie de separación entre los medios 2 y 3, se inicie el fenómeno de la reflexión total. Explique en qué consiste este fenómeno.

Dato: Velocidad de luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$n_1 = 1,6$	medio 1
$n_2 = 1,4$	medio 2
$n_3 = 1,2$	medio 3

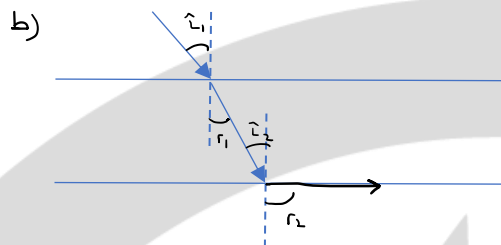
$$a) \lambda_1 = 460 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad \textcircled{1} \quad n_1 = \frac{c}{v_1} \Rightarrow v_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,6} = 1,875 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{2} \quad v_1 = \lambda_1 \cdot f \Rightarrow f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{1,875 \cdot 10^8}{460 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow f = 4,01 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\textcircled{3} \quad \text{Como la frecuencia no varía, en el medio 2 es } f = 4,01 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\textcircled{4} \quad n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,4} = 2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{5} \quad v_2 = \lambda_2 \cdot f \Rightarrow \lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{2,14 \cdot 10^8}{4,01 \cdot 10^{14}} = 5,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$



① Para que se produzca reflexión total, el rayo incidente no puede salir al medio 3: $r_2 = 90^\circ$.

② Ley Snell medio 2 - medio 3: $n_2 \cdot \sin i_2 = n_3 \cdot \sin r_2$

$$1,4 \cdot \sin i_2 = 1,2 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow \sin i_2 = \frac{1,2}{1,4}$$

$$\Rightarrow i_2 = \arcsen 0,857 \Rightarrow i_2 = 59^\circ$$

$$\textcircled{3} \quad r_1 = i_2 = 59^\circ$$

④ Ley Snell medio 1 - medio 2: $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin r_1$

$$\Rightarrow 1,6 \cdot \sin i_1 = 1,4 \sin 59^\circ \Rightarrow \sin i_1 = \frac{1,4 \cdot \sin 59^\circ}{1,6} = 0,75$$

$$\Rightarrow i_1 = \arcsen 0,75 \Rightarrow i_1 = 48,59^\circ$$