

UNIDAD 2: NATURALEZA DE LA LUZ. ÓPTICA GEOMÉTRICA

A) REFRACCIÓN

PROBLEMA RESUELTO

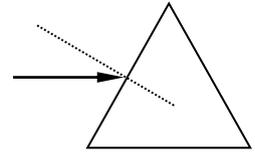
ENUNCIADO:

Un haz de luz monocromática incide sobre la cara de un prisma equilátero con un ángulo de incidencia en la primera cara de 30° .

El índice de refracción del prisma (para ese color) es $n = 1.5$

Calcule:

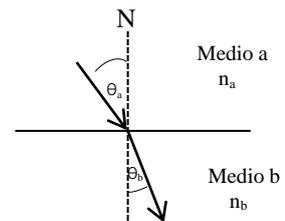
- El ángulo de refracción en la primera cara.
- El ángulo de incidencia en la segunda cara.
- El ángulo de refracción en la segunda cara.
- Indique en cuál cara se puede producir el fenómeno de reflexión total interna



RESOLUCIÓN:

a) La Ley de Refracción o Ley de Snell establece que para un rayo de luz monocromática que pasa de un material a otro se cumple:

$$n_a \cdot \text{sen}\theta_a = n_b \cdot \text{sen}\theta_b, \text{ o también } \frac{\text{sen}\theta_a}{\text{sen}\theta_b} = \frac{n_b}{n_a}$$



Donde θ_a es el ángulo con el que incide el rayo en la interface entre los dos materiales, medido desde la normal y

θ_b es el ángulo con el que se refracta el rayo en el segundo material, medido desde la normal; n_a y n_b son los índices de refracción del material "a" y "b" respectivamente.

En nuestro problema, n_a es el índice de refracción del aire, cuyo valor es 1. Reemplazando en la fórmula anterior los datos del enunciado:

$$\frac{\text{sen}30^\circ}{\text{sen}\theta_b} = \frac{1.5}{1}$$

Despejando el ángulo de refracción:

$$\theta_b = \text{arc sen}\left(\frac{\text{sen } 30^\circ * 1}{1.5}\right) = 19.47^\circ$$

b) Por geometría, sabemos que el ángulo entre las normales de la cara 1 y la cara 2 es de 120° . Luego, por geometría: $\theta_b + \theta_c + 120^\circ = 180^\circ$

De donde $\theta_c = 180^\circ - 120^\circ - 19.47^\circ = 40.53^\circ$

c) Aplicando la Ley de Snell en la cara 2, n_c será el índice de refracción del prisma y n_d será el índice de refracción del aire. Luego:

$$\frac{\text{sen}\theta_c}{\text{sen}\theta_d} = \frac{1}{1.5}$$

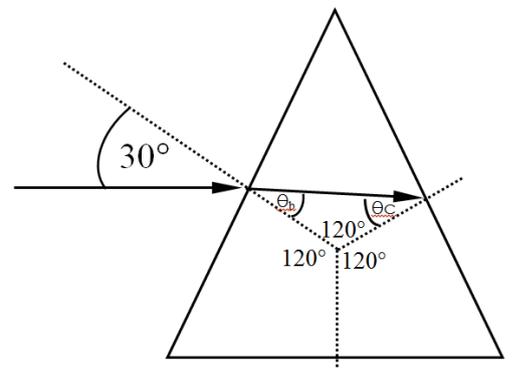
Despejando el ángulo de refracción:

$$\theta_d = \text{arc sen}\left(\frac{\text{sen } 40.53^\circ * 1.5}{1}\right) = 77^\circ$$

d) Para que se produzca reflexión total interna, el índice de refracción del segundo material debe ser menor que índice de refracción del primer material. En este problema, eso sucede en la cara 2, donde $n_{\text{aire}} < n_{\text{prisma}}$. El ángulo crítico (menor ángulo de incidencia en el que se produce la reflexión total interna) se calcula como:

$$\frac{\text{sen}\theta_{\text{critico}}}{\text{sen}90^\circ} = \frac{n_b}{n_a}$$

$$\theta_{\text{critico}} = \text{arc sen}\left(\frac{\text{sen } 90^\circ * 1}{1.5}\right) = 41.8^\circ$$



PROBLEMAS

1.-Un rayo luminoso incide sobre la superficie de un bloque de vidrio con un ángulo de incidencia de 50° . Calcular las direcciones de los rayos reflejado y refractado. El índice de refracción del vidrio vale 1,50.

2.-Un objeto sumergido en agua parece estar más cerca de la superficie de la que realmente está ¿Por qué? Las piscinas son siempre más profundas de lo que parece. ¿Se debe al mismo fenómeno?

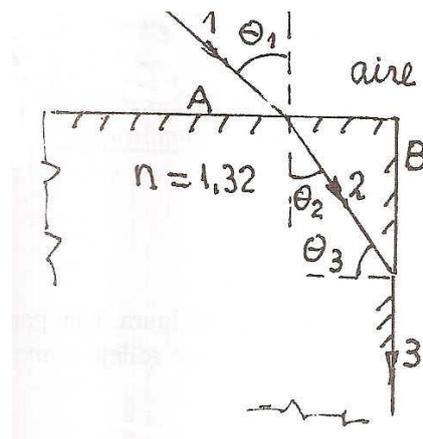
3.- El rayo 1 incide sobre la superficie A, e ingresa al medio de índice $n = 1,32$ como rayo 2, como se muestra en la figura. Las superficies A y B son perpendiculares.

Se pide: a) Si se pretende que el rayo 3 salga rasante a la superficie B, ¿Cuánto debe valer θ_1 ?

b) ¿Qué ocurre si el rayo 1 incide con un ángulo θ menor que θ_1 ? Dibuje cualitativamente esta situación.

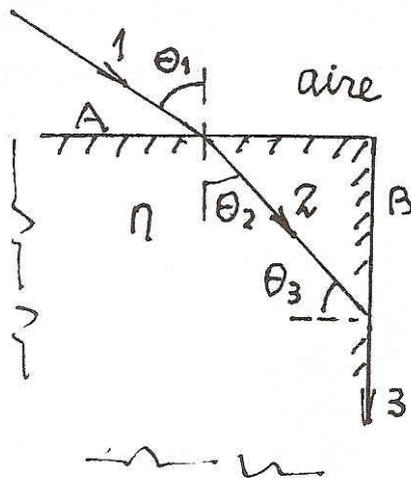
c) ¿Qué ocurre si incide con un ángulo $\theta > \theta_1$?, dibuje las trayectorias.

Ayuda: $\theta_2 + \theta_3 = 90^\circ$



4.- El rayo 1 incide sobre la superficie A con $\theta_1 = 50^\circ$, e ingresa al medio de índice n como rayo 2. Las superficies A y B son perpendiculares. Se pide: Calcular cuánto debe valer el índice de refracción n , para que el rayo 2 se refleje totalmente al incidir en la superficie B.

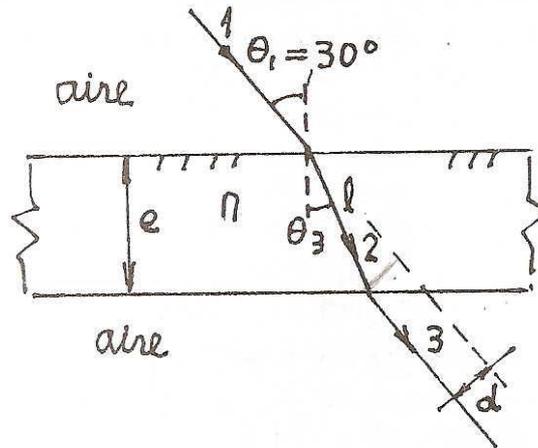
Ayuda: $\theta_3 = \theta_{\text{lim}}$; $\theta_3 + \theta_2 = 90^\circ$



5.- El rayo 1 incide sobre una lámina de caras paralelas, como se muestra en la figura. Los datos son: $\theta_1 = 30^\circ$; $e = 10,13 \text{ cm}$; $n = 3/2$.

Se pide: a) Calcular el ángulo θ_2 y la longitud l que recorre el rayo 2.

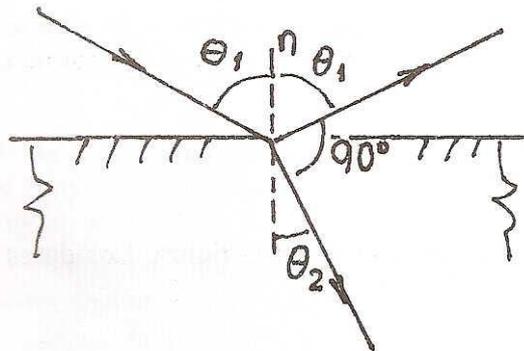
b) Calcular el desplazamiento d que experimenta el rayo 3. Haga un prolijo dibujo para fundamentar su cálculo.



6.- Un rayo incide con un cierto ángulo θ_1 , sobre la superficie de un medio de índice n . En estas condiciones, resulta que el rayo reflejado forma un ángulo de 90° con el rayo refractado.

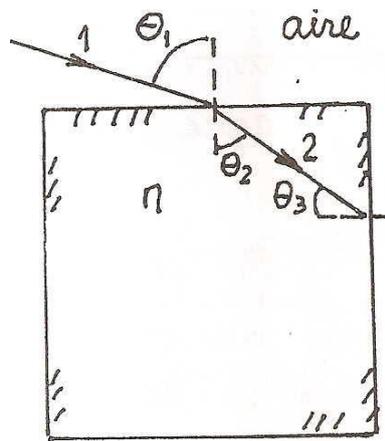
Se pide: a) Deduzca una expresión que permita calcular θ_1 en función de n . ¿Cuánto debe valer n si $\theta_1 = 60^\circ$?

b) Para lograr la condición de 90° mencionada ¿ θ_1 puede ser cualquiera? ¿Cuánto debe valer θ_1 mín?



7.- Un rayo incide sobre un cubo de índice de refracción n con un ángulo θ_1 . ¿Qué valor mínimo debe tener n para que el rayo no salga del cubo, cualquiera que sea el valor de θ_1 ?

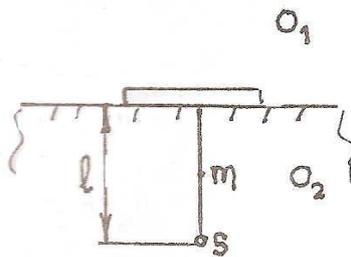
Ayuda: Para $\theta_1 = 90^\circ$ debe ser $\theta_3 = \theta_{\text{lim}}$. Además $\text{COS}\theta_2 = \text{SEN}\theta_3$.



8.- Un delgado disco de corcho de $R = 11,4$ cm tiene una varilla de largo l con una fuente luminosa puntual en su extremo, y el conjunto flota en agua como muestra la figura. Se pregunta:

a) ¿Qué valor máximo debe tener l para que cualquier observador "O₁" no pueda ver la fuente luminosa? ¿Qué ocurriría si l fuese menor que el valor calculado? ¿Qué ocurriría si fuese mayor? Dibuje la trayectoria de los rayos.

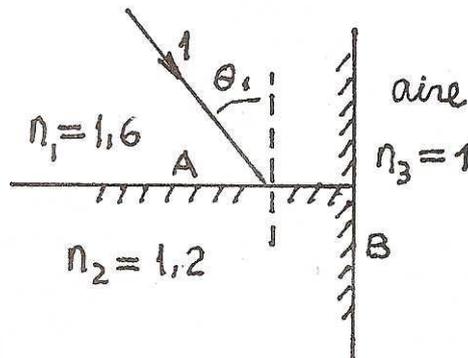
b) Si el punto luminoso estuviese en m , a la mitad de distancia de l : ¿A qué distancia d mínima debería estar el observador "O₂", para ver por reflexión el punto m ?, fundamente. "O₂" está a la misma profundidad que m . Dibuje la trayectoria de los rayos.



9.- El rayo 1 viaja por el medio de índice $n_1 = 1,6$, e ingresa al medio de índice $n_2 = 1,2$, con un ángulo $\theta_1 = 40^\circ$, ver la figura. El medio 3 es aire. Se pide:

a) Dibuje cualitativamente la trayectoria de los rayos 1, 2 (en el medio 2) y 3 (en el aire). Indique con θ_2 y con θ_3 a los ángulos que forma el rayo 2 con las normales a las superficies A y B respectivamente. Indique con θ_4 el ángulo con que egresa el rayo 3.

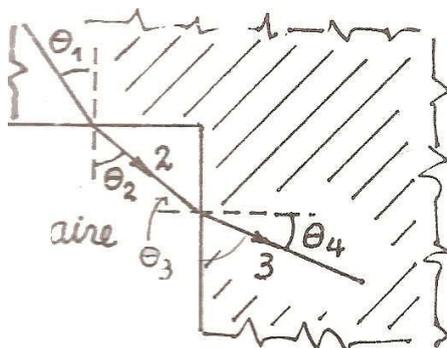
b) Calcule el ángulo θ_4 .



10.- Con respecto a los rayos 1, 2, y 3 de la figura, se sabe que $\theta_1 = 30^\circ$ y que $\theta_4 = 22^\circ$

a) Calcule θ_3 ; b) Calcule el índice de refracción n de la sustancia.

Ayuda: plantee la ley de Snell en cada una de las superficies de separación y tenga en cuenta que $\text{SEN } \theta_3 = \text{COS } \theta_2$



11.- Una onda sonora viaja por el aire e incide sobre la superficie del agua con el ángulo θ . Al igual que la luz, la onda sonora puede, o no, refractarse al pasar del aire al agua. Calcule el ángulo θ_{lim} para el cual la onda sonora se refleja totalmente. Dibuje cualitativamente la trayectoria de un rayo que incide con $\theta < \theta_{\text{lim}}$. Velocidad del sonido en el agua: 1320 m/s. En el aire: 330 m/s.

RESPUESTAS

1. $\theta_{\text{reflejado}} = 50^\circ$ $\theta_{\text{refractado}} = 31^\circ$
3. a) $\theta_1 = 60^\circ$
 b) Si $\theta_1 < 60^\circ$, el rayo 3 se refleja totalmente.
 c) Si $\theta_1 > 60^\circ$, el rayo 3 se refracta.
4. $n = 1.26$
5. a) $\theta_2 = 19.5^\circ$ $l = 10.74 \text{ cm}$ b) $d = 1.96 \text{ cm}$
6. a) $\theta_1 = \text{arc tg } n$ $n = 1.73$
 b) Si θ_1 se cambia, para cumplir la condición de 90° se debe cambiar también el material.
7. $n > 1.414$
8. a) $l = 10 \text{ cm}$
 b) $d = 2r$
9. $\theta_1 = 40^\circ$ $\theta_2 = 58.9^\circ$ $\theta_3 = 31.1^\circ$ $\theta_4 = 38.3^\circ$
10. a) $\theta_3 = 36.85^\circ$ $n = 1.60$
11. $\theta_{\text{limite}} = 14.47^\circ$