

Problemas & Resoluciones de **LUZ**

(Física, PAU-UNED 2013 & 14, «**luz**»)

- **CONTENIDOS:** En la tabla siguiente, los problemas del año 2013 aparecen con los nombres **luz-01** a **luz-15**. Los del 2014 se corresponden con **luz'-16** a **luz'-35**.

La página indicada en los problemas del 2013 se refiere al Dossier de la Academia; la de los problemas del 2014 se corresponde al pdf de la web en el cual están todos los enunciados y soluciones de este año ordenados.

El contenido temático de cada problema se especifica en la columna de “Comentarios”.

Los años 2013 y 2014 aparecieron sólo 19 tipos diferentes de problema, representados por los que están en negrita en la tabla: **luz-01**, **luz-02**, **luz-03**, **luz-05**, etc.

NOMBRE	mod.	op.	probl.	pág.	Comentarios
luz-01	1	A	3	99	reflexión total
luz-02	3	A	3	104	reflexión total
luz-03	5	B	4	112	ley Snell: prisma
luz-04	6	A	3	113	Similar al luz-01
luz-05	7	A	3	116	ley Snell: lámina
luz-06	8	B	3	119	ley Snell; d recorrida
luz-07	10	A	4	134	Similar al luz-03
luz-08	11	B	3	122	ley Snell; ley reflex
luz-09	13	A	3	126	Similar al luz-08
luz-10	14	A	3	129	reflexión total (concep)
luz-11	15	A	3	137	reflexión total: 3 medios
luz-12	16	A	3	139	ley Snell: 2 colores
luz-13	18	A	3	144	Similar al luz-12
luz-14	19	A	4	147	Similar al luz-11
luz-15	20	B	4	151	ley Snell (concep)
luz'-16	1	B	4	3	ley Snell; ley reflex
luz'-17	2	A	3	10	ley Snell; trigon (piscina)
luz'-18	3	A	4	18	reflexión total (hielo)
luz'-19	4	B	3	26	reflexión total
luz'-20	5	B	4	34	Idéntico al luz'-18
luz'-21	6	A	3	40	Idéntico al luz'-19
luz'-22	7	A	3	49	ley Snell: prisma & refl tot
luz'-23	8	A	4	57	reflexión total, $n(\lambda)$

luz'-24	9	A	3	62	Idéntico al luz'-17
luz'-25	10	B	3	72	Idéntico al luz'-16
luz'-26	11	A	3	79	Idéntico al luz'-22
luz'-27	12	B	3	89	Idéntico al luz'-23
luz'-28	13	A	4	96	Reflexión total (difícil)
luz'-29	14	A	4	105	Idéntico al luz'-28
luz'-30	15	B	3	115	Índice de refracción
luz'-31	16	B	4	122	reflexión total
luz'-32	17	A	3	129	Similar al luz-03
luz'-33	18	B	3	138	Idéntico al luz'-30
luz'-34	19	B	3	146	Idéntico al luz'-32
luz'-35	20	A	3	153	Similar al luz'-31

► luz-01 [m01—A3; [pág.99](#)]

3. El ángulo límite de reflexión total para un rayo de luz monocromática que pasa de un determinado medio al aire es 42° . Calcular la velocidad de propagación de la luz en el medio. (2 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$. $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Solución

La ley de la refracción establece que

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

o en términos de velocidad de propagación

$$\frac{\sin \theta_i}{v_i} = \frac{\sin \theta_r}{v_r}$$

En el caso de la reflexión total tenemos que $\theta_r = 90^\circ$, así que despejando

$$v_i = v_{\text{aire}} \sin \theta_i^* = 2,007 \times 10^8 \text{ m/s}$$

► luz-02 [m03—A3; [pág.104](#)]

3. Tenemos una fuente de luz roja de longitud de onda $\lambda = 700$ nm en el aire. Sabiendo que el ángulo límite de reflexión total de esa luz cuando pasa de un determinado medio al aire es 42° , calcular la longitud de onda de esa luz cuando se propaga en el medio. (2,5 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$. $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Solución

Necesitamos calcular la velocidad de propagación de la luz en el medio o bien el índice de refracción del medio. La ley de la refracción de Snell en términos de la velocidad de propagación es

$$\frac{\sin \theta_i}{v_i} = \frac{\sin \theta_r}{v_r}$$

En el caso de la reflexión total tenemos que $\theta_r = 90^\circ$, así que despejando

$$v_i = v_{\text{aire}} \sin \theta_i^* = 2,01 \times 10^8 \text{ m/s}.$$

La longitud de onda de la luz en el medio será

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{c/v_i} = 334,6 \text{ nm}$$

Resolviendo el problema en términos del índice de refracción tenemos

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

y

$$n_i = \frac{1}{\sin \theta_i^*} = 1,495$$

La longitud de onda de la luz en el medio será

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n_i} = 334,6 \text{ nm}$$

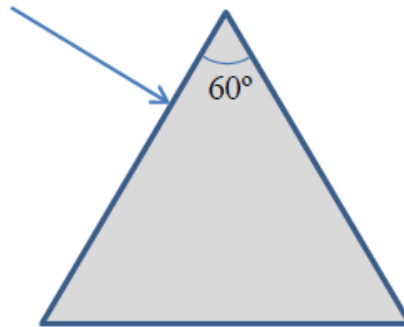
► luz-03 [m05—B4; [pág.112](#)]

4. Un rayo de luz monocromática incide desde el aire perpendicularmente sobre la superficie lateral de un prisma triangular con índice de refracción 1,1 (ver figura).

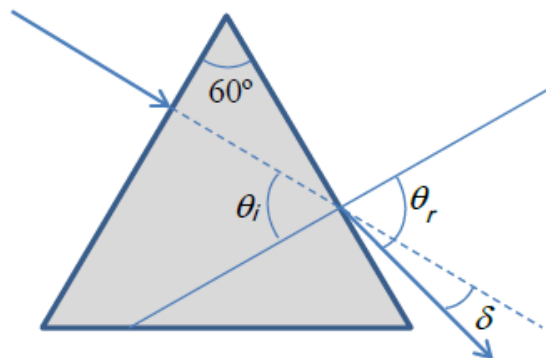
- Hacer un esquema con la trayectoria del rayo y calcular el ángulo de refracción con el que el rayo sale del prisma de nuevo al aire. (2 puntos)

- Calcular la desviación del rayo, al salir del prisma, respecto a la dirección inicial. (1 punto)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$.



Solución



Si la luz incide perpendicularmente sobre la superficie de separación de los dos medios, seguirá propagándose en la misma dirección. Por la geometría del problema tenemos que el ángulo de incidencia en la cara derecha del prisma es $\theta_i = 60^\circ$. Aplicando la ley de la refracción tenemos

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

Despejando

$$\theta_r = \arcsin \left(\sin \theta_i \frac{n_{\text{prisma}}}{n_{\text{aire}}} \right) = 72,3^\circ$$

La desviación del rayo con respecto a la dirección inicial será

$$\delta = \theta_r - 60^\circ = 12,3^\circ$$

► luz-04 [m06—A3; [pág.113](#)] (Nota: parecido al luz-01)

3. Calcular la velocidad de propagación de un rayo de luz monocromática en un determinado medio sabiendo que el ángulo límite de reflexión total cuando la luz pasa del medio al aire es de 30° . (2 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$. $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Solución

La ley de la refracción establece que

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

o en términos de velocidad de propagación

$$\frac{\sin \theta_i}{v_i} = \frac{\sin \theta_r}{v_r}$$

En el caso de la reflexión total tenemos que $\theta_r = 90^\circ$, así que despejando

$$v_i = v_{\text{aire}} \sin \theta_i^* = 1,5 \times 10^8 \text{ m/s}$$

► luz-05 [m07—A3; [pág.116](#)]

3. Un rayo de luz monocromática incide desde el aire sobre una de las caras de una lámina de vidrio de caras plano-paralelas y espesor 5 cm, y de índice de refracción $n = 1,52$, con un ángulo de incidencia de 30° . Calcular el ángulo con el que el rayo de luz emerge nuevamente al aire después de atravesar la lámina. (2,5 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$.

Solución

Es evidente que este ángulo será igual al ángulo de entrada, pero podemos comprobarlo haciendo los cálculos.

En primer lugar calculamos el ángulo de refracción con el que el rayo se propaga dentro de la lámina. La ley de la refracción establece que

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

Despejando

$$\theta_r = \arcsin \left(\sin \theta_i \frac{n_{\text{aire}}}{n_r} \right) = 19,2^\circ$$

Ahora volvemos a aplicar la ley de la refracción cuando el rayo llega a la interfase vidrio-aire, teniendo en cuenta que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de refracción obtenido anteriormente

$$\theta_r' = \arcsin \left(\sin \theta_r \frac{n_i}{n_{\text{aire}}} \right) = 30^\circ$$

► luz-06 [m08—B3; [pág.119](#)]

3. Un rayo de luz monocromática incide desde el aire sobre una de las caras de una lámina de vidrio de caras plano-paralelas y espesor 5 cm, y de índice de refracción $n = 1,52$, con un ángulo de incidencia de 30° . Calcular la longitud recorrida por el rayo en el interior de la lámina. (2,5 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$.

Solución

Calculamos el ángulo de refracción con el que el rayo se propaga dentro de la lámina. La ley de la refracción establece que

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

Despejando

$$\theta_r = \arcsin\left(\sin \theta_i \frac{n_{\text{aire}}}{n_r}\right) = 19,2^\circ$$

La distancia recorrida por el rayo en el interior de la lámina será

$$d = \frac{h}{\cos(\theta_r)} = 5,29 \text{ cm,}$$

donde h es el espesor de la lámina.

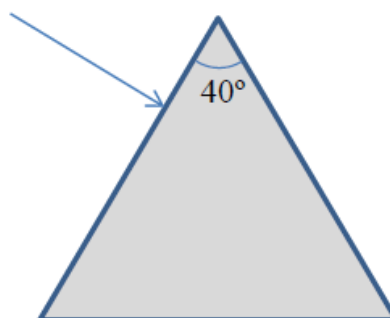
► luz-07 [m10—A4; [pág.134](#)] (Nota: parecido al luz-03)

4. Un rayo de luz monocromática incide desde el aire perpendicularmente sobre la superficie lateral de un prisma triangular con índice de refracción 1,5 (ver figura).

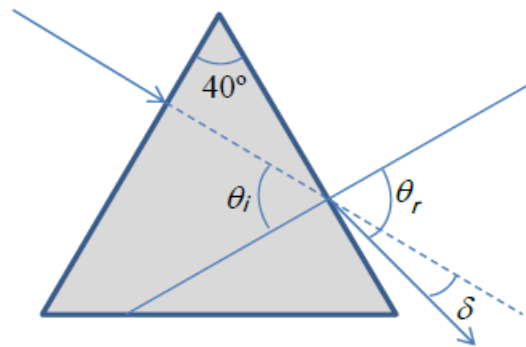
- Hacer un esquema con la trayectoria del rayo y calcular el ángulo de refracción con el que el rayo sale del prisma de nuevo al aire. (2 puntos).

- Calcular la desviación del rayo, al salir del prisma, respecto a la dirección inicial. (1 punto).

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$.



Solución



Si la luz incide perpendicularmente sobre la superficie de separación de los dos medios, seguirá propagándose en la misma dirección. Por la geometría del problema tenemos que el ángulo de incidencia en la cara derecha del prisma es $\theta_i = 40^\circ$. Aplicando la ley de la refracción tenemos

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

Despejando

$$\theta_r = \arcsin \left(\sin \theta_i \frac{n_{\text{prisma}}}{n_{\text{aire}}} \right) = 74,6^\circ$$

La desviación del rayo con respecto a la dirección inicial será

$$\delta = \theta_r - 40^\circ = 34,6^\circ$$

► luz-08 [m11—B3; [pág.122](#)]

3. Un rayo de luz monocromática incide oblicuamente desde un medio de índice de refracción 1,1 hacia otro medio de índice de refracción 2,13. Obtener el ángulo de refracción sabiendo que el rayo reflejado forma un ángulo de 60° con la superficie plana entre ambos medios. (2 puntos)

Solución

La ley de la reflexión establece que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia. Como el ángulo de reflexión es $90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$, tenemos que $\theta_i = 30^\circ$.

Ahora podemos aplicar la ley de la refracción

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

y despejar

$$\theta_r = \arcsin \left(\sin \theta_i \frac{n_i}{n_r} \right) = 15^\circ$$

► luz-09 [m13—A3; [pág.126](#)] (Nota: parecido al luz-08)

3. Un rayo de luz monocromática incide oblicuamente desde un medio de índice de refracción 1,1 hacia otro medio. Calcular el índice de refracción del segundo medio sabiendo que el rayo reflejado y el rayo refractado forman, respectivamente, un ángulo de 60° y 75° con la superficie plana entre ambos medios. (2 puntos)

Solución

La ley de la reflexión establece que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia. Como el ángulo de reflexión es $90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$, tenemos que $\theta_i = 30^\circ$.

Ahora podemos aplicar la ley de la refracción, con $\theta_r = 90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

y despejar

$$n_r = n_i \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = 2,13$$

► luz-10 [m14—A3; [pág.129](#)]

3. Determinar el ángulo límite de incidencia a partir del cual se produce reflexión total entre un medio en el que la luz viaja a $2 \times 10^5 \text{ km s}^{-1}$ y el aire. (1,5 puntos)

¿Se podrá producir la reflexión total en las dos direcciones, medio → aire y aire → medio? Explicar razonadamente. (1 punto)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$. $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Solución

El ángulo límite de reflexión total, θ_i^* , es aquel que produce un ángulo de refracción de 90° , $\theta_r = 90^\circ$. Aplicando la ley de la refracción:

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

bajo este supuesto tenemos que

$$\theta_i^* = \arcsin\left(\frac{n_r}{n_i}\right) = \arcsin\left(\frac{v}{c}\right) = 41,8^\circ.$$

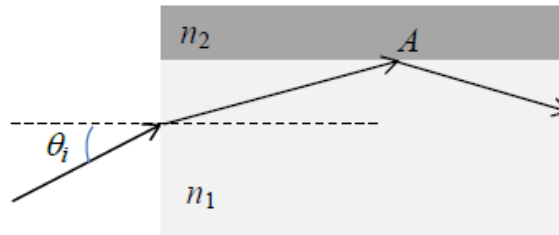
(Recordamos que $n = c/v$)

Como se puede apreciar, para que se pueda producir la reflexión total, el medio refractante debe tener un índice de refracción menor que el medio de incidencia ($n_r < n_i$), o lo que es lo mismo, la velocidad de propagación de la luz en el medio refractante debe ser mayor que en el medio de incidencia ($v_r > v_i$). Por lo tanto, la reflexión total sólo podrá tener lugar en la dirección medio → aire, pero no al revés.

► luz-11 [m15—A3; [pág.137](#)]

3. Un rayo de luz monocromática incide desde el aire sobre un medio formado por dos láminas de distinto material, tal y como se muestra en la figura. El ángulo de incidencia es $\theta_i = 30^\circ$ y el índice de refracción del primer material es $n_1=1,5$. Después, el rayo alcanza el punto A de la separación con el otro material. ¿Cuál es el máximo valor de n_2 para que se produzca la reflexión total? (2,5 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$.



Solución

De la ley de la refracción

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r,$$

obtenemos el ángulo de refracción del rayo en el primer material:

$$\theta_r = \arcsin \left(\sin \theta_i \frac{n_{\text{aire}}}{n_1} \right) = 19,47^\circ$$

El ángulo complementario será el ángulo de incidencia sobre el segundo material: $\theta_i' = 90 - \theta_r = 70,53^\circ$. Para que se produzca la reflexión total, el ángulo de refracción del rayo en este segundo material debe ser 90° , $\theta_r' = 90^\circ$. Ahora debemos aplicar de nuevo la ley de la refracción bajo este supuesto

$$n_1 \sin \theta_i' = n_2 \sin \theta_r' \Rightarrow n_2 = n_1 \sin \theta_i' = 1,41$$

► luz-12 [m16—A3; [pág.139](#)]

3. Un rayo de luz blanca incide desde el aire sobre una lámina de vidrio con un ángulo de incidencia de 30° . Sabiendo que la velocidad de propagación de la luz roja en el vidrio es de 186000 km s^{-1} y la de la luz azul es 180000 km s^{-1} ¿qué ángulo formarán entre sí, dentro del vidrio, los rayos rojo y azul? (2,5 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$; $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Solución

A partir de la ley de la refracción:

$$\frac{\sin \theta_i}{v_i} = \frac{\sin \theta_r}{v_r}$$

obtenemos el ángulo de refracción de cada color

$$\theta_r = \arcsin \left(\sin \theta_i \frac{v_r}{c} \right)$$

Para el rojo tenemos $\theta_{\text{rojo}} = 18,06^\circ$ y para el azul $\theta_{\text{azul}} = 17,46^\circ$, por lo que el ángulo que forman entre sí es $0,6^\circ$.

► luz-13 [m18—A3; [pág.144](#)] (Nota: parecido al luz-12)

3. Un rayo de luz blanca incide desde el aire sobre una lámina de vidrio con un ángulo de incidencia de 30° . Sabiendo que el índice de refracción del vidrio para el rojo es $n_{\text{rojo}} = 1,612$ y para el azul $n_{\text{azul}} = 1,671$, ¿qué ángulo formarán entre sí, dentro del vidrio, los rayos rojo y azul? (2 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$.

Solución

A partir de la ley de la refracción:

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

obtenemos el ángulo de refracción de cada color

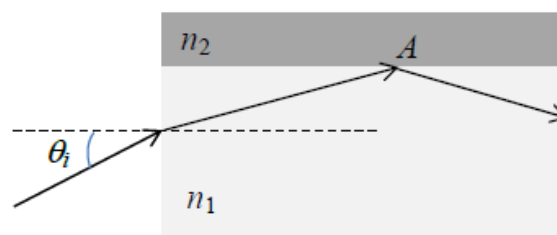
$$\theta_r = \arcsin \left(\sin \theta_i \frac{1}{n_r} \right)$$

Para el rojo tenemos $\theta_{\text{rojo}} = 18,07^\circ$ y para el azul $\theta_{\text{azul}} = 17,41^\circ$, por lo que el ángulo que forman entre sí es $0,6^\circ$.

► luz-14 [m19—A4; [pág.147](#)]

4. Un rayo de luz monocromática incide desde el aire sobre un medio formado por dos láminas de distinto material, tal y como se muestra en la figura. El índice de refracción del primer material es $n_1=1,5$ y el del segundo es $n_2=1,4$. Después, el rayo alcanza el punto A de la separación con el otro material. Calcular el mayor ángulo de incidencia θ_i para que se produzca la reflexión total en el punto A. (2,5 puntos)

Datos: $n_{\text{aire}} = 1$.



Solución

Para que se produzca la reflexión total, el ángulo de refracción del rayo en el punto A debe ser de 90° , $\theta_r' = 90^\circ$. Aplicando la ley de la refracción bajo este supuesto tenemos que

$$n_1 \sin \theta_i' = n_2 \sin \theta_r' \Rightarrow \theta_i' = \arcsin \frac{n_2}{n_1} = 69^\circ$$

Para ángulos de incidencia menores que este ángulo crítico se producirá la refracción. Por otro lado, este ángulo es complementario al ángulo de refracción θ_r del rayo cuando pasa del aire al medio 1:

$$\theta_r = 90^\circ - \theta_i' = 21^\circ$$

Ángulos de refracción mayores que 21° no producirán reflexión total entre el medio 1 y el 2. Aplicando nuevamente la ley de refracción tenemos

$$n_{\text{aire}} \sin \theta_i = n_1 \sin \theta_r.$$

Despejando

$$\theta_r = \arcsin\left(\sin \theta_i \frac{n_{\text{aire}}}{n_1}\right) \leq 21^\circ \Rightarrow \theta_i \leq \arcsin\left(\sin 21^\circ \frac{n_1}{n_{\text{aire}}}\right) = 32,5^\circ$$

► luz-15 [m20—B4; [pág.151](#)]

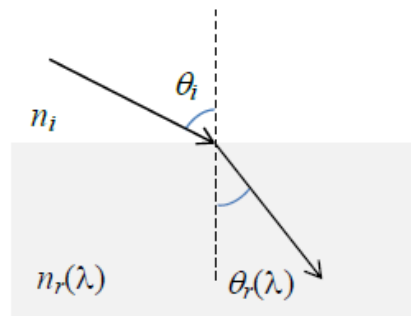
4. En muchos materiales el índice de refracción disminuye ligeramente cuando crece la longitud de onda de la luz, ¿qué longitudes de onda se desviarán menos (las cortas o las largas) con respecto a la dirección incidente al atravesar el material? Justificar razonadamente la respuesta. (2 puntos)

Solución

Partimos de la ley de Snell de la refracción

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

y supondremos que el rayo incidente tiene la misma dirección y viene del mismo medio independientemente de la longitud de onda (lo que ocurriría, por ejemplo, en el caso de un haz de luz blanca incidiendo con un cierto ángulo sobre la superficie del material)



Tenemos que $n_i \sin \theta_i = \text{cte}$ y por consiguiente

$$\sin \theta_r(\lambda) = \frac{\text{cte}}{n_r(\lambda)}$$

Vemos que al aumentar la longitud onda y disminuir el índice de refracción, el seno –y por consiguiente el ángulo de refracción- aumentan, por lo que la desviación con respecto a la dirección de incidencia será menor. Por lo tanto, se desviarán menos las longitudes de onda largas

► luz'-16 [m01—B4; [pág.3](#)]

4. Un rayo de luz monocromática incide oblicuamente desde un medio de índice de refracción n_1 hacia otro medio de índice de refracción n_2 . Obtener el ángulo que forma el rayo reflejado con la línea de separación de los dos medios sabiendo que el ángulo de refracción es ϕ . (2 puntos)

Solución

La ley de la reflexión establece que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia. Podemos aplicar la ley de la refracción para obtener el ángulo de incidencia

$$n_1 \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

y despejar

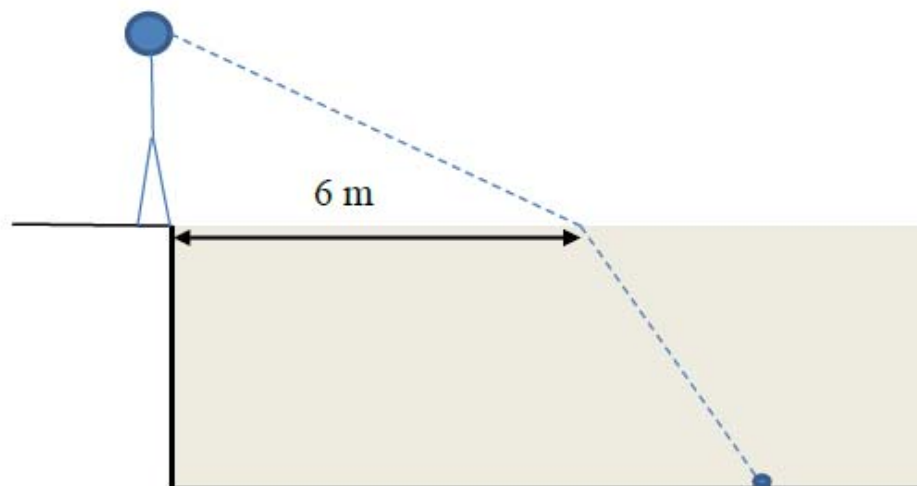
$$\theta_i = \arcsin \left(\sin \theta_r \frac{n_r}{n_1} \right)$$

El ángulo que formará el rayo reflejado con la horizontal será

$$90 - \theta_i = 90 - \arcsin \left(\sin \theta_r \frac{n_r}{n_1} \right)$$

► luz'-17 [m02—A3; [pág.10](#)]

3. Un objeto se encuentra sumergido en el fondo de una piscina a una distancia horizontal del borde de 18 m. Un observador, cuyos ojos están a 1,5 m del suelo, se encuentra en el borde de la piscina y ve la imagen del objeto en la superficie del agua a 6 m del borde (ver figura). Si el índice de refracción del agua con respecto al aire es $4/3$, calcular la profundidad de la piscina. (2,5 puntos)



Solución

Aplicamos la ley de la refracción

$$n_{\text{agua}} \sin \theta_i = n_{\text{aire}} \sin \theta_r$$

y despejamos

$$\theta_i = \arcsin \left(\sin \theta_r \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{agua}}} \right).$$

Como sabemos que

$$\tan \theta_r = \frac{6}{1,5} \rightarrow \theta_r = 76^\circ$$

obtenemos

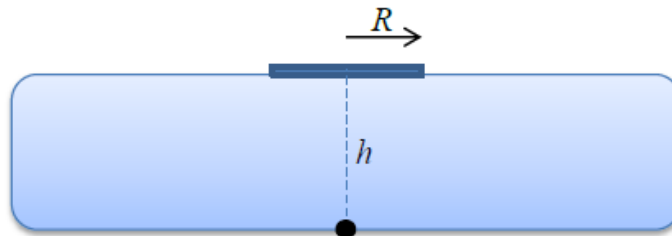
$$\theta_i = \arcsin\left(\sin \theta_r \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{agua}}}\right) = 46,7^\circ$$

Finalmente

$$\tan \theta_i = \frac{18-6}{x} \rightarrow x = \frac{18-6}{\tan \theta_i} = 11,3 \text{ m}$$

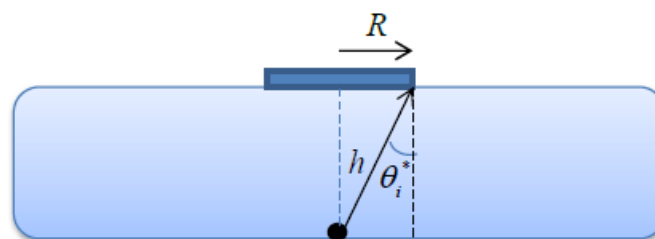
► luz'-18 [m03—A4; [pág.18](#)]

4. La relación entre los índices de refracción del hielo y el aire es $n_{\text{hielo}} / n_{\text{aire}} = 1,41$. Supongamos que tenemos un objeto puntual en el fondo de una placa de hielo de espesor $h = 10 \text{ cm}$, tal y como se muestra en la figura. ¿Cuál debe ser el radio mínimo R de un disco opaco plano que, colocado en la vertical del objeto sobre la superficie del hielo, no permita ver desde ningún punto del aire el objeto? (3 puntos)



Solución

Todos los rayos que parten del objeto y llegan a la superficie con un ángulo de incidencia mayor que el ángulo límite de reflexión total θ_i^* sufrirán reflexión total y no serán recibidos por el observador situado en el aire.



Por lo tanto tenemos que

$$\tan \theta_i^* = \frac{R}{h} \rightarrow R = h \tan \theta_i^* = h \tan \left(\arcsin \left(\frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{hielo}}} \right) \right) = 10 \text{ cm}$$

► luz'-19 [m04—B3; [pág.26](#)]

3. Supongamos que tenemos dos medios con índices de refracción n_1 y n_2 para una cierta luz monocromática. La relación entre ambos índices es $n_1 / n_2 = 1,3$. Si un rayo de esta luz incide desde el primer medio al segundo con un ángulo de incidencia de 60° , ¿se producirá refracción? Razonar la respuesta. (2 puntos)

Solución

La ley de la refracción establece que

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

Despejando observamos que no existe un ángulo de refracción que satisfaga la anterior relación ya que

$$\sin \theta_r = \sin \theta_i \frac{n_1}{n_2} > 1$$

Esto es debido a que el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo de reflexión total

$$\theta_i^* = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = 55,87^\circ$$

► luz'-20 [m05—B4; [pág.34](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-18

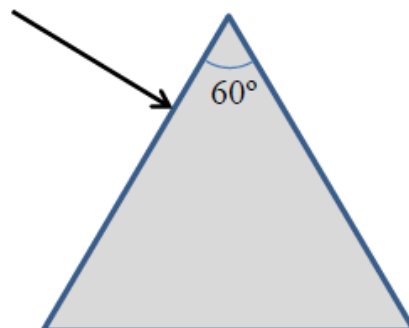
► luz'-21 [m06—A3; [pág.40](#)]



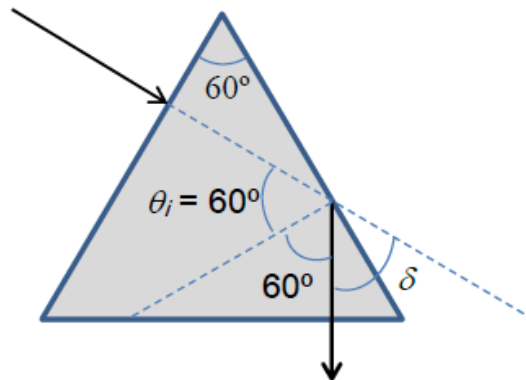
El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-19

► luz'-22 [m07—A3; [pág.49](#)]

3. Un rayo de luz monocromática incide desde el aire ($n = 1$) perpendicularmente sobre la superficie lateral de un prisma triangular con índice de refracción 1,5 (ver figura). Describir qué ocurrirá dentro del prisma y calcular la desviación del rayo que sale del prisma con respecto a la dirección inicial. (3 puntos)



Solución



Primero calculamos el ángulo límite para la reflexión total, para saber si puede haber refracción en la segunda cara del prisma

$$\theta_i^* = \arcsin\left(\frac{n_r}{n_i}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{1,5}\right) = 41,8^\circ$$

Como se observa en la figura, el ángulo de incidencia sobre la segunda cara del prisma será de 60° . Como es mayor que $41,8^\circ$ se producirá la reflexión total. De modo que el rayo reflejado saldrá perpendicularmente a la base del prisma. La desviación será de

$$\delta = 180^\circ - 120^\circ = 30^\circ$$

► luz'-23 [m08—A4; [pág.57](#)]

4. Supongamos que el índice de refracción de un material varía con la longitud onda λ del modo: $n(\lambda) = \frac{\lambda_0}{\lambda}$, donde λ_0 es una constante tal que $\lambda_0 > \lambda$. Un rayo de luz blanca incide desde el aire ($n=1$) sobre el material con un ángulo de incidencia ϕ . Calcular, en función de los datos del problema, qué rango de longitudes de onda atravesarán el material. (2,5 puntos)

Solución

El ángulo límite para que se produzca la reflexión total ($\theta_r = 90^\circ$) es

$$\theta_i^* = \arcsin\left(\frac{n_r}{n_i}\right) = \arcsin(n(\lambda)^{-1}) = \arcsin\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)$$

El ángulo de incidencia es ϕ y es el mismo para todas las longitudes de onda, de modo que las longitudes de onda que atravesaran el medio serán aquellas para las que se produce refracción

$$\phi < \arcsin\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right) \rightarrow \lambda > \lambda_0 \sin \phi$$

► luz'-24 [m09—A3; [pág.62](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-17

► luz'-25 [m10—B3; [pág.72](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-16

► luz'-26 [m11—A3; [pág.79](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-22

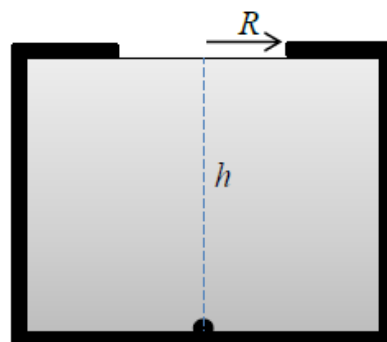
► luz'-27 [m12—B3; [pág.89](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-23

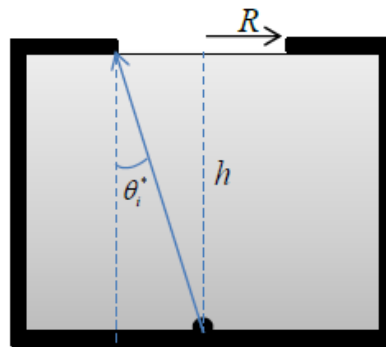
► luz'-28 [m13—A4; [pág.96](#)]

4. Como se ilustra en la figura, tenemos un líquido contenido en un recipiente opaco que tiene un orificio en su superficie con forma circular de radio $R = 4$ cm. Los lados del recipiente tienen un grosor despreciable. En el fondo del recipiente, dentro del líquido, colocamos un objeto puntual situado en la vertical que pasa por el centro del orificio. Calcular la profundidad h que debe tener el recipiente para que el objeto se vea desde cualquier posición exterior a través del orificio. El índice de refracción del líquido con respecto al aire es 2. (3 puntos)



Solución

Para que el objeto se vea desde cualquier posición desde el aire es necesario que salgan del orificio rayos de luz en todas las direcciones y, por tanto, los que llegan a los bordes del orificio deben emerger rasantes a la superficie. Para ello es necesario que el ángulo de incidencia sea el ángulo límite de reflexión total θ_i^*



Por lo tanto tenemos que

$$\tan \theta_i = \frac{R}{h} \rightarrow h = \frac{R}{\tan \theta_i} = \frac{R}{\tan \left(\arcsin \left(\frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{liquido}}} \right) \right)} = 6,93 \text{ cm}$$

► luz'-29 [m14—A4; [pág.105](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-28

► luz'-30 [m15—B3; [pág.115](#)]

3. El espectro visible de la luz en el vacío está comprendido entre las longitudes de onda de la luz roja, de 780 nm, y la luz violeta, de 380 nm. Calcular entre qué longitudes de onda estará comprendido el espectro visible en el agua, cuyo índice de refracción es 4/3. (2,5 puntos)

Solución

La velocidad de una luz c en un medio tiene la forma $c = \lambda v$ y en el vacío tenemos $c_0 = \lambda_0 v$, de modo que

$$\frac{c}{\lambda} = \frac{c_0}{\lambda_0}$$

Por otro lado tenemos que

$$c = \frac{c_0}{n}$$

Sustituyendo

$$\lambda = \frac{\lambda_0 c}{c_0} = \frac{\lambda_0}{n}$$

Así que finalmente $\lambda_{\text{rojo}} = 585 \text{ nm}$ y $\lambda_{\text{violeta}} = 285 \text{ nm}$.

► luz'-31 [m16—B4; [pág.122](#)]

4. Supongamos que la longitud de onda de una cierta luz monocromática en dos medios diferentes es λ_1 y λ_2 , siendo $\lambda_1 / \lambda_2 = 1,5$. Un rayo de esa luz incide desde uno de los medios hacia el otro. Discutir razonadamente desde cuál de los dos medios debe incidir para que se pueda producir la reflexión total. (3 puntos)

Solución

La ley de la refracción establece que

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

El ángulo límite para que se produzca la reflexión total ($\theta_r = 90^\circ$) es

$$\theta_i^* = \arcsin\left(\frac{n_r}{n_i}\right)$$

Este ángulo estará definido sólo cuando $\frac{n_r}{n_i} < 1$.

Por otro lado tenemos que $\lambda_0(\text{vacío}) = \lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2 \rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1,5$

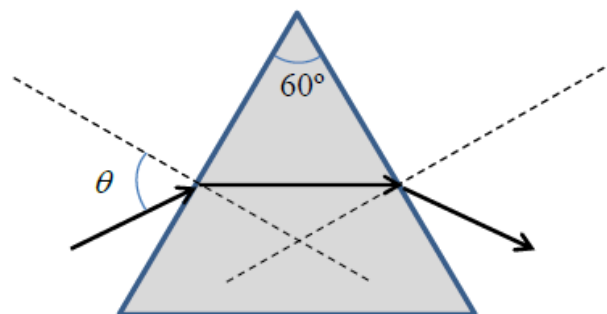
Por lo tanto, el medio desde el que la luz incide debe ser el medio 2.

► luz'-32 [m17—A3; [pág.129](#)] (Nota: parecido al luz-03)

3. En un rayo de luz monocromática incide desde el aire ($n = 1$) sobre la superficie lateral de un prisma triangular *equilátero* con índice de refracción $\sqrt{3}$ (ver figura).

- Calcular el ángulo inicial de incidencia θ para que la trayectoria del rayo sea la ilustrada en la figura (no se han representado los rayos reflejados por las caras). (1,5 puntos)

- Calcular la desviación del rayo que sale del prisma con respecto a la dirección inicial. (1,5 puntos)



Solución

Es muy fácil darse cuenta de que el ángulo de refracción al atravesar la primera cara es de 30° , ya que el prisma es equilátero. Aplicando la ley de la refracción tenemos

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

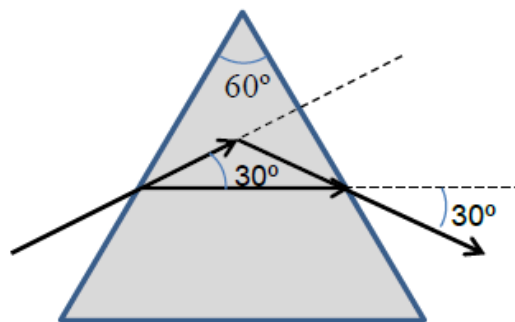
Despejando

$$\theta_i = \arcsin\left(\sin \theta_r \frac{n_{\text{prisma}}}{n_{\text{aire}}}\right) = 60^\circ$$

Para la segunda cara del prisma volvemos a aplicar la ley de la refracción y obtenemos que el ángulo de refracción es, como era esperable, igual al de incidencia

$$\theta_r = \arcsin\left(\sin \theta_i \frac{n_{\text{prisma}}}{n_{\text{aire}}}\right) = 60^\circ$$

La desviación será de $\delta = 60^\circ$ como se ilustra en la figura



► luz'-33 [m18—B3; [pág.138](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-30

► luz'-34 [m19—B3; [pág.146](#)]



El enunciado de este problema es idéntico al del luz'-32

► luz'-35 [m20—A3; [pág.153](#)] (Nota: parecido al luz'-31)

3. Supongamos que la velocidad de propagación de una cierta luz monocromática en dos medios diferentes es v_1 y v_2 , siendo $v_1 / v_2 = 1,5$. Un rayo de esa luz incide desde uno de los medios hacia el otro. Discutir razonadamente desde cuál de los dos medios debe incidir para que se pueda producir la reflexión total. (2 puntos)

Solución

La ley de la refracción establece que

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

El ángulo límite para que se produzca la reflexión total ($\theta_r = 90^\circ$) es

$$\theta_i^* = \arcsin\left(\frac{n_r}{n_i}\right)$$

Este ángulo estará definido sólo cuando $\frac{n_r}{n_i} = \frac{v_i}{v_r} < 1$. Por lo tanto, el medio desde el que la luz incide debe ser el medio 2.