

REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ. LEYES DE SNELL.

- **Reflexión.** Cambio de dirección y sentido de propagación cuando una onda que avanza por un medio choca contra la superficie que lo separa de otro medio de propiedades elásticas distintas.

- **Leyes de Snell de la reflexión.**

- 1ª. El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en un mismo plano.

- 2ª. Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales.

- **Refracción.** Cambio de dirección que experimenta una onda que se propaga por un medio cuando pasa a otro medio en el que su velocidad de propagación es diferente.

La onda al refractarse cambia su longitud de onda no su frecuencia.

- **Leyes de Snell de la refracción.**

- 1ª. El rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en un mismo plano.

- n_1 y n_2 : índices de refracción del medio incidente y del refractado.

- 2ª. $n_1 \text{sen } i = n_2 \text{sen } r$. {

- i : ángulo incidente.

- r : ángulo refractado.

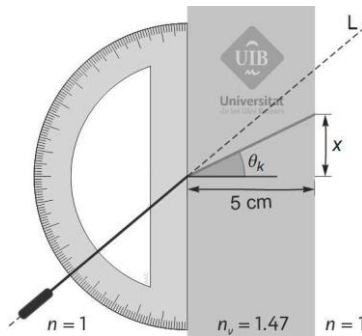
- **n. Índice de refracción.** Cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio estudiado.

$$n = \frac{c}{v_{\text{medio}}}$$

- **Ángulo límite.** Ángulo de incidencia para el cual el ángulo refractado es de 90° . Se da si n_1 es mayor que n_2 . $i = \arcsen \frac{n_2}{n_1}$.

- **Reflexión total.** Para ángulos superiores al ángulo límite el rayo no se refracta, existiendo solo el rayo reflejado.

1. Un rayo de luz atraviesa una lámina de vidrio de índice de refracción 1,45 y 5 cm de espesor. El rayo sigue inicialmente la línea L que muestra la figura. El ángulo de incidencia del rayo se mide con la escala marcada en grados.



a. Calcula el ángulo .

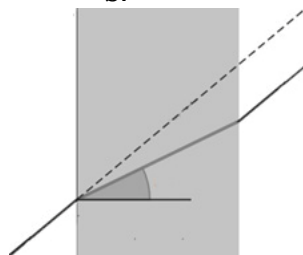
b. Dibuja la línea L y la trayectoria del rayo cuando sale del cristal de manera cualitativamente correcta. ¿Cruza el rayo al salir del cristal la línea L.

c. Calcula la distancia x.

d. ¿Hay algún ángulo de incidencia para el cual x tiene un valor máximo? Si hay alguno calcula este valor máximo, si no indica porque no hay un máximo.

a. $= 25,93^\circ$.

b.



c. $x = 2,43 \text{ cm}$.

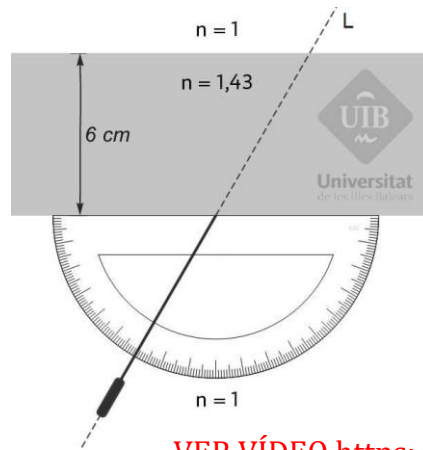
d. $4,64 \text{ cm}$.

2. El rayo de un láser se dirige siguiendo una línea al hacia un bloque de plástico transparente de sección rectangular e índice de refracción 1,43. Utiliza la escala marcada en grados para determinar el ángulo de incidencia del rayo sobre el bloque.

a. Describe o dibuja de manera cualitativa correcta la trayectoria del rayo a través del bloque y el aire de la parte superior. ¿El rayo a la salida del bloque atraviesa la línea L?

b. Calcula el tiempo que tarda el rayo anterior en atravesar el bloque de plástico.

c. Comentar si puede haber reflexión total en una refracción de aire a plástico de índice de refracción 1,43, de plástico aire o en los dos casos. Dar el ángulo límite cuando se dé el fenómeno de la reflexión total.



VER VÍDEO <https://youtu.be/-oaz4XxLN6Q>

a. El Rayo se acerca a la vertical cuando entran el plástico y sale paralelo al cuando vuelve al aire

b. $t = 0,305 \text{ ns}$.

c. Se da el fenómeno de la reflexión total cuando el rayo pasa de un medio de índice superior a un medio de índice inferior. En este caso cuando pasa del plástico al aire. El ángulo límite es de $44,4^\circ$

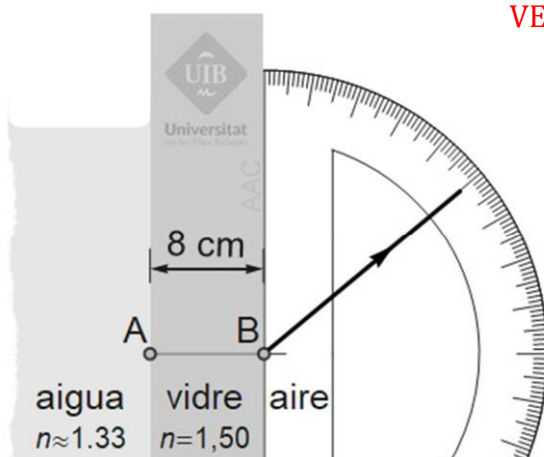
3. La figura representa la trayectoria de un Rayo de luz en el aire después de salir de un vidrio de índice de refracción 1,5. La dirección del rayo se mide con la escala marcada en grados.

a. Calcula el ángulo que forma el Rayo dentro del vidrio con el segmento AB.

b. Calcula a que distancia del punto A se refracta el rayo anterior en la superficie entre el agua y el vidrio.

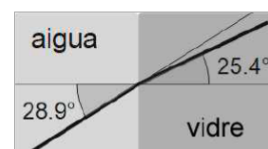
c. Dibuja la trayectoria del rayo de manera cualitativamente correcta cuando se refracta en la superficie entre agua y vidrio. Escribe sobre el dibujo los valores de los ángulos de incidencia y de refracción.

d. ¿Se puede reflejar totalmente un rayo que pase del agua al vidrio? ¿y uno que pase del vidrio al agua? Si la respuesta es afirmativa, describe cualitativamente como debe incidir el rayo para que se refleje totalmente; si la respuesta es negativa, justifícala.



VER VÍDEO <https://youtu.be/fzDBJC-USw4>

- a. $25,37^\circ$
- b. $3,79 \text{ cm.}$
- c.
- d. $62,5^\circ$

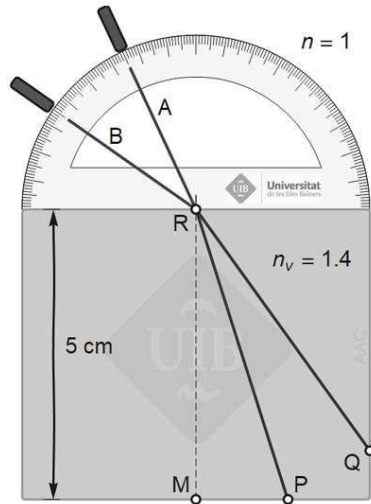


4. El rayo de un láser se dirige hacia un bloque de plástico de sección rectangular e índice de refracción 1,4. El rayo se dirige en una dirección A y, después, en otra dirección B. Las dos direcciones se han representado en la figura. Usa el portaángulos de 180° dibujado para determinar el ángulo de incidencia del rayo sobre el bloque en cada caso.

a. Cuando el rayo ha seguido la dirección A dentro del aire, pasa por el punto P de la cara inferior del bloque, a la derecha del punto M de la vertical del punto de refracción. Calcula la distancia entre P y M.

b. Calcula cuánto tiempo tarda la luz para avanzar 3 mm a lo largo del segmento RP.

c. Cuando el rayo ha seguido la dirección B dentro del aire, llega al punto Q de la cara derecha del bloque. Determinar si el rayo es reflejado totalmente o no en este punto.



a. 1,58 cm.

b. $1,4 \cdot 10^{-10}$ s.

c. Ángulo límite = $45,48^\circ < 54,19^\circ$ el rayo se refracta totalmente.

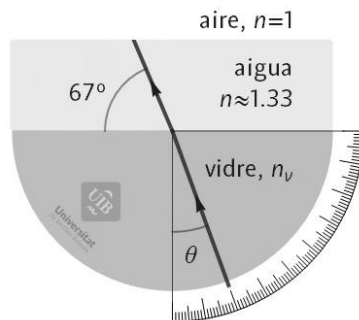
VER VÍDEO https://youtu.be/A_w-jLUbiOc

5. La figura representa una parte de la trayectoria de un rayo de luz que atraviesa un vidrio, una capa de agua y sale al aire.

a. Dibuja cualitativamente la trayectoria del rayo cuando sale al aire desde el agua.

b. Calcula el índice de refracción del vidrio.

c. Se cambia el vidrio por otro de índice de refracción 1,55. Calcula el valor del ángulo del rayo dentro del vidrio a partir del cual el rayo no pasa del agua al aire.



b. 1,52 cm.

c. $40,18^\circ$

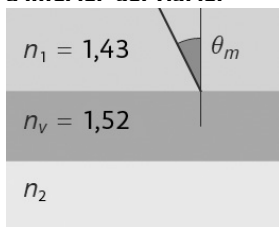
VER VÍDEO <https://youtu.be/O39e80R9jqc>

6. Un vidrio de índice de refracción 1,52, grueso, de caras planoparalelas y horizontal, separa dos líquidos. El líquido de arriba tiene un índice de refracción 1,43.

a. Calcula el ángulo del rayo refractado dentro del vidrio, si el rayo llega por el líquido de arriba formando 31° con la vertical

b. Calcula el índice de refracción del líquido por debajo del vidrio, si el ángulo límite para la refracción entre el vidrio y dicho líquido es de 66° .

c. El líquido de abajo se cambia por un líquido de índice de refracción 1,35. Calcula el ángulo de incidencia mínimo (ver figura) para que un rayo que llega por el líquido superior, se refleje totalmente en la cara inferior del vidrio.



VER VIDEO <https://youtu.be/INeBpemrpKo>

- a.
Ley de Snell: $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow 1,43 \cdot \sin 31 = 1,52 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow \hat{r} = 28,98^\circ$
- b,
Ley de Snell: $n_1 \cdot \sin \hat{l} = n_2 \cdot \sin \hat{90}^\circ \rightarrow 1,52 \cdot \sin 66 = n_2 \rightarrow n_2 = 1,39$
- c,
Ley de Snell: $n_1 \cdot \sin \hat{l} = n_2 \cdot \sin \hat{90}^\circ \rightarrow 1,52 \cdot \sin l = 1,35 \rightarrow \hat{l} = 62,64^\circ$
Ley de Snell: $n_1 \cdot \sin \hat{l} = n_2 \cdot \sin \hat{90}^\circ \rightarrow 1,43 \cdot \sin i = 1,52 \cdot \sin 62,64^\circ \rightarrow i = 70,74^\circ$

7. 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, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

VER VÍDEO https://youtu.be/OxERHNq_eos

a. $f = 6,15 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ y $\lambda = 315 \text{ nm}$.

b. $r = 18,82^\circ$ y ángulo entre rayos $= 131,18^\circ$. Si $n_1 < n_2$ no se da la reflexión total, no hay ángulo límite.

8. Un depósito cúbico que contiene etanol tiene unas paredes planas de 2.5 cm de grosor fabricadas con un vidrio transparente de índice de refracción 1.55. Un rayo de luz incide desde el exterior (aire) sobre la pared de vidrio del depósito formando un ángulo de $41,3^\circ$ respecto a la normal a la pared.

a. Calcule el ángulo que forma el rayo de luz con la normal a la pared del vidrio en contacto con el etanol.

b. El depósito se vacía y se rellena con un líquido desconocido. Si la luz incide con el mismo ángulo que en el caso anterior, el rayo entra en el líquido formando un ángulo de $20,2^\circ$ con la normal. Justifique donde es mayor la velocidad de la luz, en el etanol o en el líquido desconocido.

VER VÍDEO <https://youtu.be/61bAmDcFk-0>

a. $\hat{i}_1 = 25^\circ 12'$ $\hat{i}_2 = 29^\circ 20'$
 $20,2^\circ < 29^\circ 20' \rightarrow n_{\text{líquido}} > n_{\text{etanol}} \rightarrow v_{\text{líquido}} < v_{\text{etanol}}$

9. Tenemos 3 medios materiales de índice de refracción 1,3; 1,7 y 1 respectivamente, separados por superficies planas y paralelas. Si sobre la superficie de separación de los dos primeros medios incide un rayo de luz con un ángulo de incidencia de 60° , representa la trayectoria que seguirá dicho rayo de luz en los demás medios.

VER VÍDEO <https://youtu.be/tcLCGLSCPya>

Ángulo de refracción en la primera cara $41,47^\circ$.

En la segunda cara se produce la reflexión total. Ángulo límite 36° .

10. Un haz de luz pasa de un medio de índice de refracción 1,33 a un medio de índice de refracción 1. Calcular el ángulo de incidencia para que los rayos reflejado y refractado sean perpendiculares.

VER VÍDEO <https://youtu.be/SD1DDv5H-WU>

$37,57^\circ$

11. Cuando un rayo de luz atraviesa una placa de cristal de espesor d , sufre un desplazamiento de su trayectoria debida a la refracción. Calcular el valor de dicho desplazamiento si el índice de refracción del cristal es 1,5; el ángulo de incidencia es de 30° y el espesor de la placa de 10 cm.

1,9 cm. VER VÍDEO https://youtu.be/a_qzn9CYT4k

12. Sobre una de las caras de un prisma óptico de 35° incide un rayo de luz con un ángulo de incidencia de 30° si el índice de refracción del prisma es 1,5 calcular la trayectoria del rayo que incide sobre una de sus caras.

VER VÍDEO <https://youtu.be/ZnsPggGK9cA>

Ángulo de refracción en la primera cara $19,47^\circ$.

Ángulo de incidencia en la segunda cara $15,53^\circ$.

Ángulo de refracción en la segunda cara $23,68^\circ$.

13. Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie plana que separa dos medios, parte de la luz se refleja y parte se refracta. Si el ángulo de reflexión es de 28° , el de refracción es de 35° y el índice de refracción del primer medio vale $n_1 = 1,30$, determine:

a. El índice de refracción del segundo medio.

b. El ángulo de incidencia para el cual se produce reflexión total.

VER VÍDEO <https://youtu.be/HZ2MYGgT8GE>

a. El ángulo de reflexión es el mismo que el de incidencia: 28°

Aplicando la ley de Snell: $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r \rightarrow n_2 = 1,06$

b. Ángulo límite = $L = \arcsen n_2/n_1 = 55^\circ$

14. Explica cuando se da el fenómeno de la reflexión total. ¿Cuál es el valor del ángulo límite para una luz incidente sobre una superficie que separa vidrio de aire? Índice del vidrio 1,6

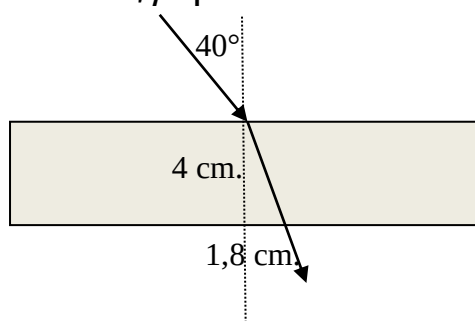
VER VÍDEO <https://youtu.be/WFnTcg220ic>

Cuando el índice de refracción del medio incidente es mayor que el del medio de refracción, para un determinado ángulo se da una refracción de 90° . A ese ángulo se le denomina ángulo límite. Para ángulos de incidencia mayores que el límite, no se da refracción, sino que todo el rayo se refleja, dando el fenómeno de la reflexión total.

Ángulo límite = $L = \arcsen \frac{n_2}{n_1} = 39^\circ$

15. a. Un rayo de luz incide con un ángulo de 40° sobre una lámina de un material transparente del cual no conocemos el índice de refracción. A partir de los datos de la figura, haz una estimación de dicho índice de refracción.

b. Considerando $n_2 > n_1$ indica razonadamente cuál de las dos trayectorias es la que seguiría un rayo de luz al pasar del medio 1 al medio 2, y si pasara del medio 2 al medio 1.



VER VÍDEO <https://youtu.be/7jXFUaiESMk>

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,8}{4} \rightarrow \alpha = 24,23^\circ$$

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r \rightarrow 1 \cdot \sin 40^\circ = n_2 \cdot \sin 24,23^\circ \rightarrow n_2 = 1,57$$

16. En la figura adjunta se observa una lámina de vidrio de índice de refracción 1,5, de longitud un metro y anchura 0,2 cm. Justo por la parte central se puede observar la trayectoria de un rayo que incide con un ángulo de 40° . ¿Cuántas reflexiones totales sufre el rayo antes de salir de la lámina?



VER VÍDEO <https://youtu.be/v2RUeKgGHVA>

Ley de Snell: $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow 1 \cdot \sin 40^\circ = 1,5 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow \hat{r} = 25,38^\circ$

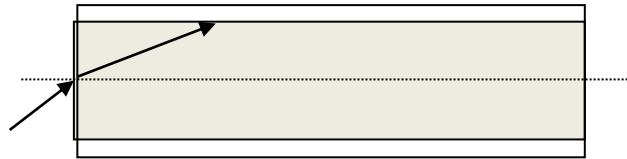
$$\text{tg} \hat{r} = \frac{0,1}{a} \rightarrow a = \frac{0,1}{\text{tg } 25,38^\circ} = 0,21 \text{ cm.}$$

Hay un impacto de la luz sobre el lateral de la fibra cada $2a = 0,42 \text{ cm.}$

$$\text{nº de impactos} = \frac{100 - 0,21}{0,42} = 237,6.$$

Habrà $237 + \text{el primer impacto} = 238$ impactos o reflexiones totales.

17. En la figura adjunta se puede observar un modelo sencillo de fibra óptica, un núcleo de plástico de índice de refracción 1,58 y un revestimiento de plástico de índice de refracción 1,53. Un rayo de luz incide sobre el extremo de la fibra con un cierto ángulo, ¿cuál es el valor máximo que puede tomar α de manera que se produzca reflexión total en el punto P?



VER VÍDEO <https://youtu.be/cgyKZA42vw>

$$\text{Reflexión total en P} \rightarrow L = \arcsen \frac{n_2}{n_1} = 75,55^\circ$$

$$\text{Ley de Snell: } n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow 1 \cdot \sin \hat{i} = 1,58 \cdot \sin (90 - 75,55) = 23,22^\circ$$

18. ¿Qué vale el ángulo límite de la luz cuando pasa desde el aceite de índice de refracción 1,44 al agua de índice de refracción 1,33?

$$l = \arcsen \frac{n_2}{n_1} = \arcsen \frac{1,33}{1,44} = 67,46^\circ$$