

Refracción

Índice de refracción

Ya saben que la luz en el **vacío** se propaga a máxima velocidad, a poco menos de $3,0 \times 10^8$ m/s. A esta velocidad, que es una constante universal, la vamos a representar así: c . Pero cuando luz entra a un medio transparente su velocidad se ralentiza. . . se propaga un poquito más despacio. A la velocidad con la que se propaga la luz dentro de un medio transparente la vamos a representar con v .

Los medios transparentes tienen una característica denominada **índice de refracción**. El índice de refracción de un medio transparente (que lo vamos a representar con n), se define como el cociente que resulta de dividir la velocidad de la luz en el vacío, entre la velocidad de propagación de luz en ese medio transparente. En símbolos lo anterior se expresa con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3,0 \times 10^8 \text{ m/s}}{v}$$

De la ecuación anterior se pueden hacer las siguientes observaciones:

1. El índice de refracción del vacío es exactamente igual a 1.
2. El índice de refracción es un número “pelado” (no tiene unidades), y puede tener valores igual a 1 o mayores a 1.

De la ecuación anterior se deduce esta otra:

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

y se deduce que:

*Cuanto mayor es el índice de refracción, **menor** será la velocidad de propagación de la luz en ese medio transparente.*

A continuación se da una tabla con los índices de refracción de algunos medios materiales.

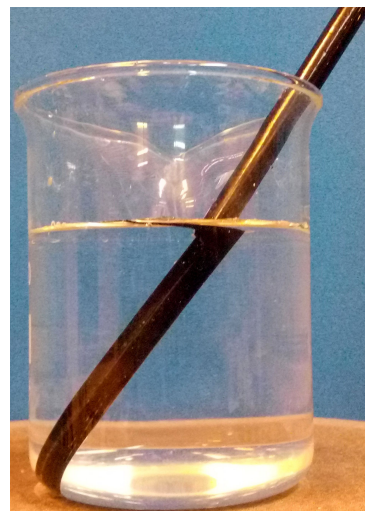
Med. mat.	Índ. de refr.
Aire (TPN)	1,0002926
Agua (20 °C)	1,33
Hielo	1,31
Vidrio	1,50 ÷ 1,90
Diamante	2,42
Cinta adhesiva transparente	1,50

Refracción

Si la luz pasa de un medio transparente a otro con **distinto** índice de refracción, y si además lo hace con un ángulo de incidencia distinto de cero, entonces como consecuencia del cambio de velocidad en la propagación de la luz, se produce el fenómeno de **refracción**.

En la foto de la derecha se aprecia el fenómeno bien conocido por todos. La parte sumergida del lápiz en el agua, parece ser más ancho y estar quebrado. La luz que procede de la parte sumergida del lápiz, debe pasar por agua, luego por vidrio, y finalmente, por aire, es decir, la velocidad de propagación de la luz cambia tres veces. Estos cambios de velocidad de propagación, a su vez producen cambios en la dirección de propagación. De aquí que veamos la imagen alterada, con relación a la imagen que veríamos si la luz solo se propagara por un medio transparente, como por ejemplo, la parte superior del lápiz que sobresale del vaso.

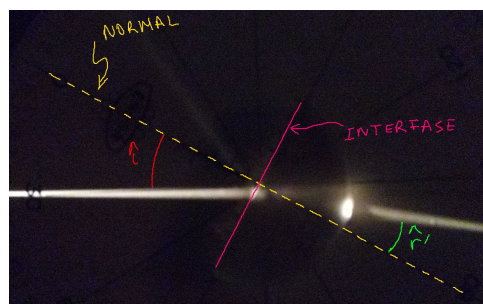
También la forma (geometría) de las superficies van a determinar si el ángulo de incidencia es distinto de cero o igual a cero. Si el ángulo de incidencia es cero ($i = 0^\circ$), la incidencia se dice que es **normal**, y en este caso no se produce la refracción.



Ley de Snell

En la foto de la derecha se muestra un vidrio con forma media luna, y sobre su cara plana, la interfase^a, se hace incidir un haz de luz con un ángulo de incidencia $i = 30^\circ$. Como se puede observar en la foto, el ángulo de refracción r' , formado por el haz de refracción y la normal, parece ser menor a 30° .

^aEs la superficie imaginaria que hace de frontera entre dos medios distintos, que en el caso presente, son el aire y el vidrio.



Para calcular el ángulo de refracción r' , cuando no lo podemos medir directamente, disponemos de la ecuación (ley) de **Snell**. Esta ecuación tiene la forma:

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

¿Pero que significa todo esto?

- n_1 es el índice de refracción del medio transparente al que pertenece el haz incidente;
- $\sin i$ es el seno del ángulo de incidencia;
- n_2 es el índice de refracción del medio transparente al que pertenece el haz refractado; y
- $\sin r'$ el seno del ángulo de refracción.

Ejemplo de aplicación de la ley de Snell

En la foto anterior se puede observar que un haz de luz incidente, formando un ángulo $i = 30^\circ$, se propaga desde el aire ($n_1 = 1,00$) hacia el vidrio ($n_2 = 1,50$). Con estos datos vamos a calcular el ángulo de refracción r' . Para esto disponemos de la ecuación de Snell:

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r' \quad \dots \text{y sustituyendo los datos resulta: } 1,00 \cdot \sin 30^\circ = 1,50 \cdot \sin r'$$

Haciendo cuentas, lo anterior se reduce a:

$$0,5 = 1,5 \cdot \sin r'$$

y despejando $\sin r'$ queda:

$$\sin r' = \frac{0,5}{1,50} = 0,333$$

Para conocer el valor del ángulo r' (según la marca de la calculadora científica) debemos oprimir los botones:

[shift], luego [sin], y luego [=]

o sino:

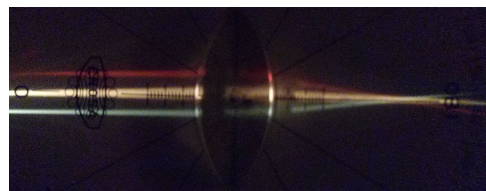
[2ndf], luego [sin], y luego [=]

y así obtenemos el resultado:

$$r' \cong 19,5^\circ$$

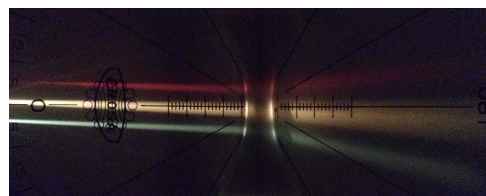
Lentes Biconvexas

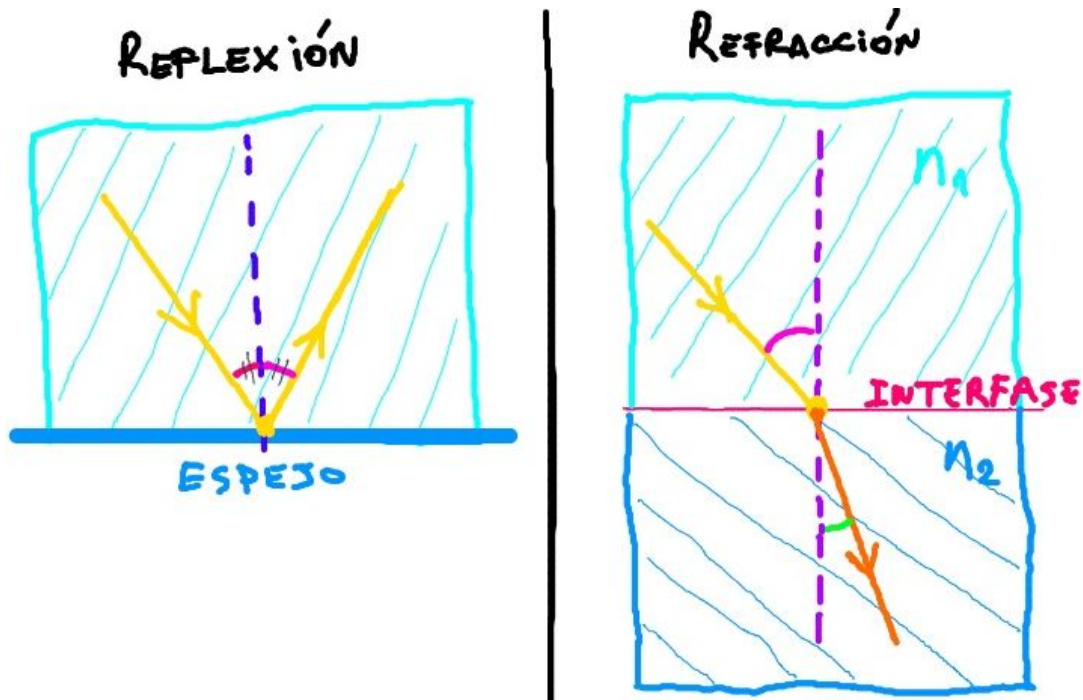
Son las que tienen forma de lenteja, y por eso también se les dice lenticulares. La lente de una lupa es una lente biconvexa, y el **crystalino** de nuestros ojos también tiene forma biconvexa. Cuando un haz de luz pasa del aire al vidrio de la lente se produce refracción. En la foto de la derecha se ve como tres haces incidentes paralelos al eje principal (igual que en los espejos), al incidir sobre la lente se producen los haces refractados que convergerán en un punto: el **foco**... ¡igual que en los espejos cóncavos! Por esta razón, a lo igual que los espejos cóncavos, estas lentes son del tipo **convergentes**.



Lentes Bicóncavas

Las lentes bicóncavas, a diferencia de las biconvexas, son del tipo **divergentes**, y por lo tanto no producen un foco real. En la foto de la derecha se ve como los haces refractados divergen y se ensanchan, en comparación con lo que ocurre con las lentes biconvexas.





Observando el dibujo de arriba podemos hacer la siguiente tabla comparativa:

Reflexión	Refracción
El rayo incidente y el rayo reflejado pertenecen al mismo medio transparente.	El rayo incidente y refractado pertenecen a medios transparentes distintos .
La velocidad de propagación de la luz no cambia en valor pero si en dirección.	La velocidad de propagación de la luz cambia en valor y dirección.
El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, es decir: $i = r$.	El ángulo de incidencia es distinto al ángulo de refracción, y se relacionan por la ley de Snell: $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r'$.