

CURSO DE FÍSICA

1º BACHILLERATO

LA LUZ

FENÓMENOS

LUMINOSOS



NATURALEZA DE LA LUZ

Antes del siglo XIX, la luz era considerada un flujo de partículas que eran emitidas por un objeto observado o emanaban de los ojos del observador, según la **teoría corpuscular** de Newton: **las partículas de la luz eran emitidas por una fuente luminosa y que estimulaban el sentido de la vista al entrar en los ojos del observador**. Con esta idea pudo explicar la reflexión y la refracción. La mayoría de los científicos aceptaron esta teoría.



Christiaan Huygens

Físico y astrónomo holandés (1629-1695). Es conocido por sus aportaciones a los campos de la óptica y la dinámica. Para él, la luz consistía en un tipo de movimiento vibratorio que se dispersa y produce la sensación de luz cuando incide en los ojos. Con base en esta teoría, dedujo las leyes de la reflexión y la refracción y explicó el fenómeno de doble refracción.

En 1678 Christian Huygens demostró que una teoría de ondas de luz podría también explicar la reflexión y la refracción (**teoría ondulatoria**).

En 1801, Thomas Young (1773-1829) demostró que, bajo condiciones apropiadas, **los rayos de luz se interfieren unos con otros**: comportamiento que no podía ser explicado en aquel tiempo por una teoría de partículas.



Durante el siglo XIX se fue hacia la aceptación general del modelo de onda de la luz, el resultado más importante de la obra de Maxwell, quien en 1873 afirmó que **la luz era una forma de onda electromagnética de alta frecuencia**.

FUENTES DE LUZ

En nuestra experiencia cotidiana nos encontramos con elementos que emiten luz y otros que no tienen luz propia y se tornan visibles al ser iluminados. Pondremos nuestra atención en los primeros que se denominan "fuentes de luz". En el interior de éstos se dan procesos que transforman algún tipo de energía en energía luminosa. En el sol y el resto de las estrellas la luz se emite como resultado de reacciones

nucleares. Una lamparita **incandescente emite luz al aumentar la temperatura del filamento metálico**, como resultado del pasaje de corriente eléctrica por dicho filamento.

Algunos peces de las profundidades oceánicas emiten luz. A un **cuerpo que emite luz y lo percibimos como un punto luminoso lo denominaremos "fuente puntual"**. En la práctica una fuente extensa situada a mucha distancia puede ser considerada como puntual, por ejemplo, una vela a algunos metros de distancia o cualquier estrella que no sea el sol.

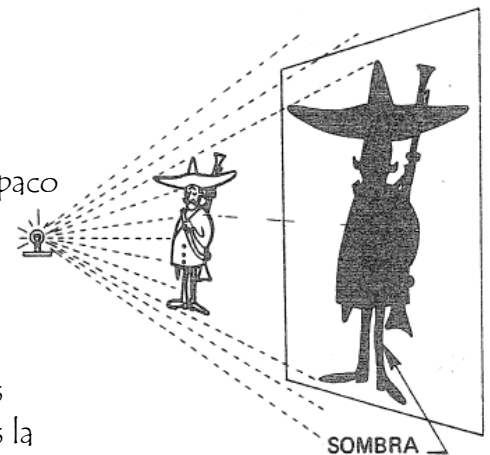
RAYOS DE LUZ

Propagación rectilínea de la luz:

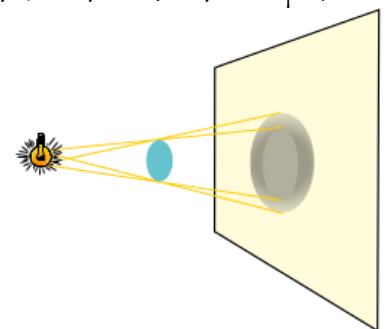
Al observar los cuerpos que nos rodean comprobamos que algunos de ellos emiten luz, es decir son fuentes de luz, otros no son luminosos, pero pueden verse porque son iluminados por la luz que proviene de alguna fuente.

Uno de los hechos que podemos observar fácilmente en relación al comportamiento de la luz, es que cuando se transmite en un medio homogéneo (es decir que todos sus puntos tienen las mismas propiedades), **su propagación es rectilínea**. Esto puede comprobarse cuando la luz del sol pasa por el "agujero" de la ventana y penetra en una habitación a oscuras.

Sabiendo que la luz se propaga en línea recta, podemos determinar el tamaño y la posición de la sombra (es una zona oscura a la que no llegan los rayos de luz) de un objeto sobre una pantalla. Un objeto opaco (es aquel que no es atravesado por un rayo de luz, como un trozo de madera), colocando entre la fuente y una pantalla, interrumpe el paso de una parte de esa luz y produce una sombra. El perfil de dicha sombra lo definen las rectas que sale de la fuente y pasan tangencialmente por el objeto (aquellos rayos que pasan por el borde del cuerpo. Trazando estos rayos podemos verificar que el tamaño de la sombra aumenta si alejamos la pantalla del cuerpo opaco. También logramos el mismo resultado si acercamos la fuente al cuerpo).

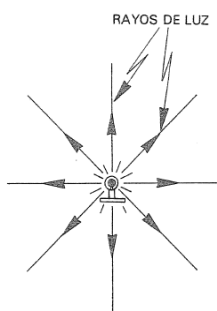


Si la fuente es extensa, se formará una zona de penumbra, a la que llegan algunos rayos de luz como muestra el dibujo.



La **Penumbra** es la zona donde la fuente lumínica sólo es bloqueada parcialmente y llegan algunos rayos de luz.

Rayos de luz:



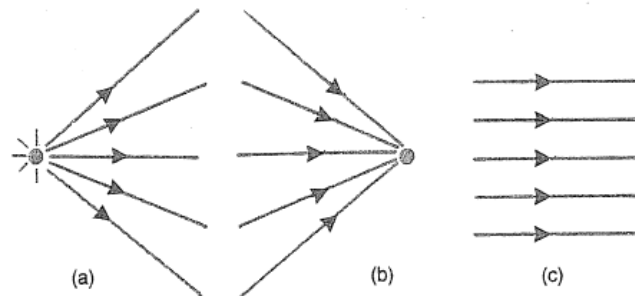
Se considera una fuente que emite luz en todas direcciones, dichas direcciones que son en las cuales se propaga la luz puede indicarse mediante rectas. Dichas líneas se denominan **rayos de luz**.

Haces de rayos luminosos:

En la (figura a) se representa parte de los rayos de luz que son emitidos por una fuente, este conjunto de rayos constituye un **haz luminoso divergente**.

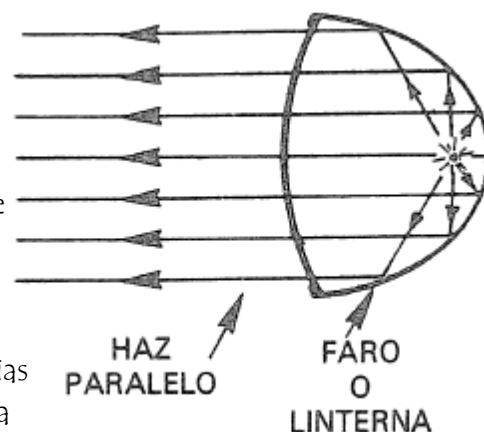
Dicho conjunto de rayos luego de pasar por algunos procesos, puede convertirse en un **haz luminoso convergente**. (Figura b)

También puede convertirse en un **haz luminoso paralelo**. (Figura c)



El haz de luz que es emitido por un punto luminoso siempre es **divergente**, pero tratándose de un proyector (o reflector), un faro o una linterna, por ejemplo, el haz que sale de la fuente sufre modificaciones, transformándose en un haz de rayos prácticamente paralelos. Un haz que llegue a nosotros y que provenga de una fuente de luz muy alejada, también estará formado por rayos prácticamente paralelos. Una importante propiedad de la luz es **la independencia que se observa en la propagación de rayos o haces luminosos**.

Después de que dos haces se entrecruzan, siguen las mismas trayectorias que tendrían si no se hubiesen cruzado, es decir, un haz no perturba la propagación del otro.



LA VELOCIDAD DE LA LUZ

Hacia fines del siglo XVII los físicos pensaban que la luz viajaba con velocidad infinita porque el tiempo que demora en recorrer distancias de miles de kilómetros es mucho menor que la precisión con la que se podían medir intervalos de tiempo en aquella época. En 1675 Roemer mide por primera vez la velocidad de la luz en el vacío y en el aire a partir de los períodos de la luna de Júpiter (mediciones astronómicas). Quien recibió el premio Nóbel por mediciones terrestres en distintos medios de la velocidad de la luz fue Michelson en 1880. El **valor que obtiene en este es $299,910 \text{ km/s}$ en el aire**.

Albert Einstein se replantea los conceptos de espacio y tiempo aceptados hasta ese momento y en base a esto postula en su teoría de la relatividad especial que: **La velocidad con que viaja la luz en el vacío es constante, sin importar el movimiento relativo de la fuente y el observador**.

La velocidad de luz tiene un valor de $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

FENÓMENOS LUMINOSOS

Cuando la luz incide sobre un objeto, se producen una serie de fenómenos diferentes, dependiendo de las características del objeto.

Un cuerpo opaco no deja pasar la luz a través de él. Los fenómenos que ocurren en este caso son:

Reflexión, Difusión, Absorción.

Si el cuerpo es transparente deja pasar la luz a través de él y se puede observar: **Transmisión, Refracción y Dispersión.** En algunos casos ocurre reflexión.

REFLEXIÓN DE LA LUZ

La reflexión de la luz es un fenómeno óptico de enorme importancia: **si la luz no se reflejara en los objetos que nos rodean hacia nuestros ojos, simplemente no los veríamos.**

La reflexión implica la absorción y la reemisión de la luz por medio de vibraciones electromagnéticas complejas en los átomos del medio reflectante. Sin embargo, este fenómeno se explica con facilidad mediante los rayos.

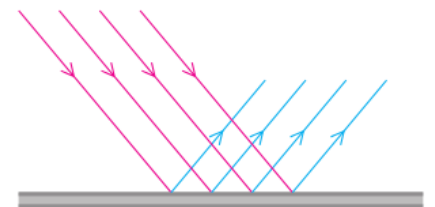
La reflexión de la luz, es el cambio de dirección que experimenta la luz cuando incide en una superficie que separa dos medios, sin cambiar de medio.

La reflexión la podemos clasificar en especular y difusa, dependiendo de las características de la superficie donde se produzca.

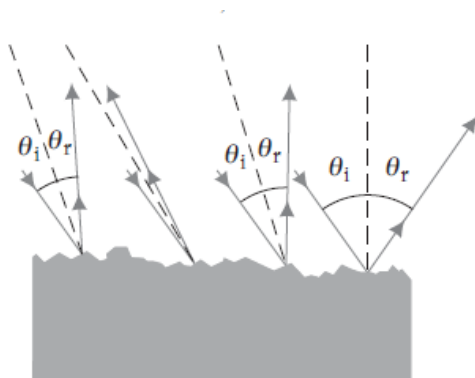
Reflexión especular.

Si un haz de rayos paralelos incide en una superficie lisa o pulida y se obtiene un haz reflejado que también es paralelo, la reflexión es especular.

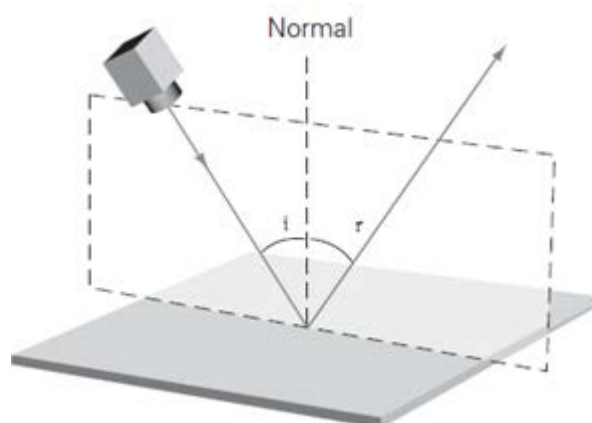
Estas superficies se llaman generalmente espejos.



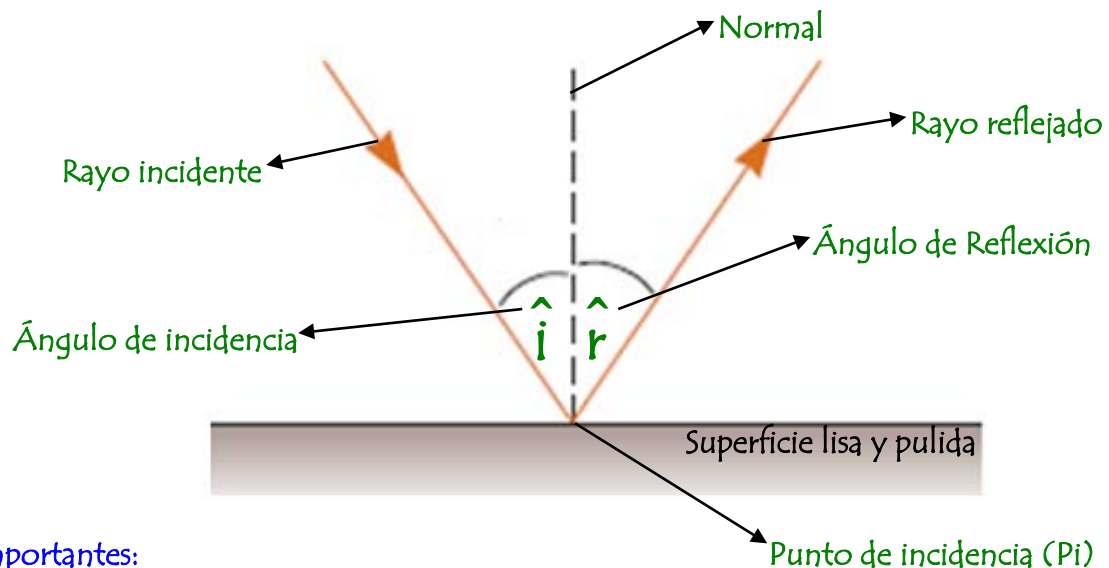
Reflexión difusa:



Si el haz que incide es paralelo, pero los rayos reflejados no lo son entonces la reflexión es difusa. Esto sucede en superficies irregulares. Casi todos los objetos reflejan difusamente la luz, lo que nos permite verlos, independientemente de la posición que ocupemos con respecto a ellos.



Esquema de Reflexión de la luz:



Términos importantes:

Rayo incidente: Es el rayo que incide sobre la superficie donde se refleja.

Rayo reflejado: Es el rayo que surge de la reflexión del rayo incidente.

Punto de incidencia: Es el punto de la superficie donde entra en contacto el rayo incidente. (Pi)

Normal: Es la recta perpendicular a la superficie que pasa por el punto de incidencia.

Ángulo de incidencia ($\hat{i}$): Es el ángulo formado entre el rayo incidente y la normal.

Ángulo de reflexión ($\hat{r}$): Es el ángulo formado entre la normal y el rayo reflejado.

El ángulo de incidencia y el de reflexión se miden siempre respecto a la normal.

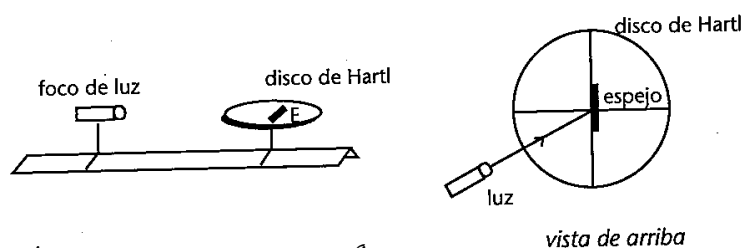
Actividad Experimental N° 1: Leyes de la Reflexión

Objetivos: Deducir las leyes de la reflexión para un haz de luz

Materiales: Un espejo plano, un foco de luz, un banco óptico y un disco graduado que se conoce como disco de Hartl.

Técnica:

- 1- Armar el dispositivo de la figura
- 2- Colocar el espejo en la posición indicada y conectar el foco.
- 3- Hacer coincidir el punto de incidencia del haz con el centro del disco graduado. Medir los ángulos de incidencia y de reflexión.
- 4- Cambiar el ángulo de incidencia y repetir la operación 3) dos veces.



Observaciones:

- 1- Debemos observar el plano por el cual se propaga el haz de luz y anotar observaciones.
- 2- Ordenar en una tabla los pares de valores obtenidos para los ángulos de incidencia y de reflexión.

LEYES DE LA REFLEXIÓN

A partir del experimento realizado, enunciar las leyes de la reflexión de la luz:

PRIMERA LEY DE LA REFLEXIÓN:

SEGUNDA LEY DE LA REFLEXIÓN:



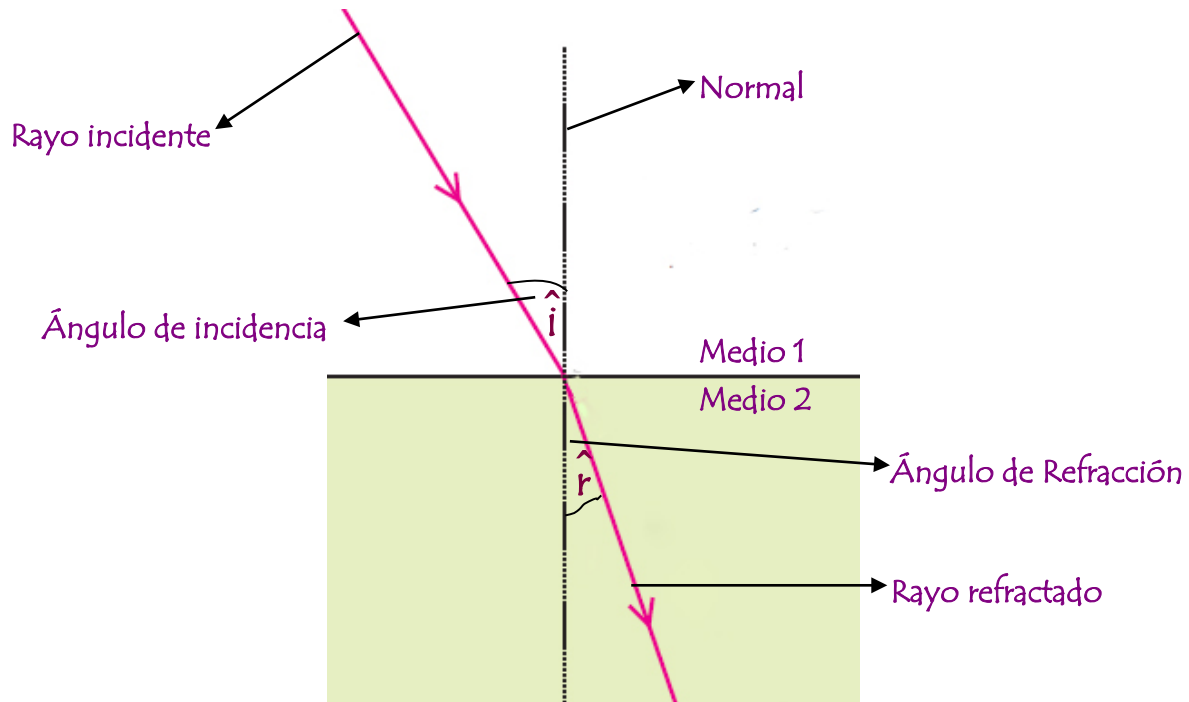
Ejemplo de Reflexión de la luz

REFRACCIÓN DE LA LUZ

Cuando un haz de rayos de luz se propaga por un medio homogéneo, transparente y toma contacto con otro medio transparente, se observa que parte de la luz, se refleja o sea regresa al mismo medio (reflexión) y parte pasa al otro medio. Al fenómeno físico que se produce cuando la luz cambia de medio de propagación se denomina refracción.

La Refracción es el fenómeno físico que se produce cuando la luz cambia de dirección, al pasar de un medio transparente a otro medio también transparente con diferentes características.

Esquema de Refracción de la luz:



Términos importantes:

Superficie de separación de los medios: Es el límite de separación entre los medios.

Rayo incidente: Es el rayo que viaja por el medio 1 e incide sobre la superficie de separación con el otro medio.

Rayo refractado: Es el rayo que viaja por el medio 2 y que surge de la refracción del rayo incidente.

Punto de incidencia: Es el punto de la superficie de separación donde entra en contacto el rayo incidente.

Normal: Es la recta perpendicular a la superficie de separación que pasa por el punto de incidencia.

Ángulo de incidencia: Es el ángulo formado entre el rayo incidente y la normal.

Ángulo de refracción: Es el ángulo formado entre la normal y el rayo refractado.

ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El índice de refracción n de un medio material es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$) y la velocidad de la luz v en el medio:

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

El índice de refracción absoluto es una propiedad característica. Por lo tanto, a partir de él, podemos identificar a una sustancia.

Medio	Índice de refracción
Agua	1.33
Alcohol etílico	1.36
Benceno	1.50
Aire (1 atm y 20°C)	1.0003
Ambar	1.55
Diamante	2.42
Vidrio (crown)	1.52
Vidrio (flint denso)	1.66
Cloruro de sodio	1.53

Medio	Velocidad (m/s)
Aire	$3,00 \times 10^8$
Agua	$2,25 \times 10^8$
Vidrio	$2,00 \times 10^8$
Diamante	$1,24 \times 10^8$

LEY DE SNELL

En 1620 el matemático holandés Willebrord Snell, al analizar un gran número de medidas de ángulos de incidencia y de refracción, **concluyó que había una relación constante entre las funciones seno de estos ángulos**. Es decir, Snell descubrió que cuando la luz pasa de un medio 1 a un

medio 2, se tiene: $\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \text{constante}$, considerando que $\hat{i} = \hat{r}$.

Esta constante depende de las características de los medios y está relacionada con las velocidades de propagación de la luz:

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2}$$



Willebrord Snell
(1580-1626)

Cuando la luz pasa de un medio cuyo índice de refracción es n_1 ; hacia otro cuyo índice de refracción es n_2 , tendremos siempre que:

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \frac{c}{v_1} \Rightarrow v_1 = \dots\dots\dots \\ n_2 &= \frac{c}{v_2} \Rightarrow v_2 = \dots\dots\dots \\ \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} &= \frac{v_1}{v_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \xRightarrow[\text{prop de fracciones}]{\text{aplicando}} \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \xRightarrow{\text{simplificando}} \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Donde $\hat{i}$ es _____, $\hat{r}$ es _____, n_1 es el _____
y n_2 es el _____.

Al cociente $\frac{n_2}{n_1}$ lo llamamos índice de refracción relativo del medio 2 respecto al medio 1, por lo tanto:

$$n_{2/1} = \frac{n_2}{n_1}$$

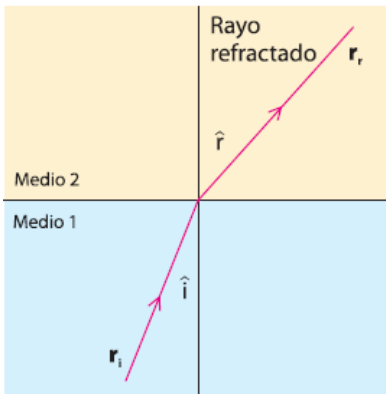
Resumen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} &= \frac{v_1}{v_2} \\ \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} &= \frac{n_2}{n_1} \end{aligned} \right\} \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \text{ y también se cumple que } \frac{\sin \hat{r}}{\sin \hat{i}} = \frac{n_1}{n_2}$$

Observaciones:

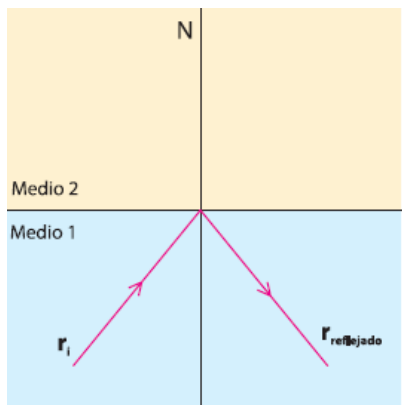
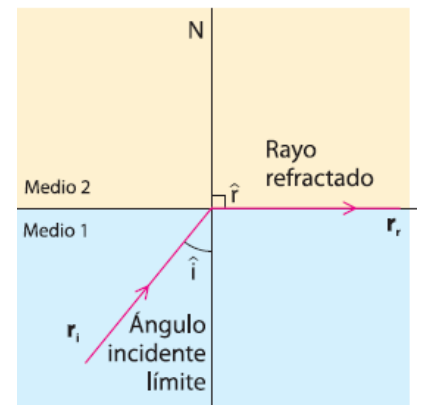
- * Si $n_2 > n_1$ tendremos que $\sin \hat{r} < \sin \hat{i}$ por lo tanto $\hat{r} < \hat{i}$, entonces **el rayo refractado se acerca a la normal**. La velocidad de la luz en el medio 1 es mayor que en el medio 2.
- * Si $n_2 < n_1$ tendremos que $\sin \hat{r} > \sin \hat{i}$ por lo tanto $\hat{r} > \hat{i}$, entonces **el rayo refractado se aleja de la normal**. La velocidad de la luz en el medio 1 es menor que en el medio 2.

REFLEXIÓN TOTAL INTERNA



En la figura vemos un rayo de luz que pasa de un medio de mayor índice de refracción a uno de menor, $n_1 > n_2$. Recuerda que, al darse esta situación, **los rayos refractados se alejan de la normal**.

En estas condiciones el ángulo de refracción es mayor que el ángulo de incidencia. Si vamos aumentando el ángulo de incidencia también irá aumentando el ángulo de refracción, hasta que llega un momento en que el ángulo de refracción se hace igual a 90° , quedando el rayo refractado paralelo a la superficie de separación.



Si un rayo incide sobre una superficie, de tal manera que el ángulo incidente es mayor $\hat{i}_L$ que **no se produce refracción**, toda la luz se refleja. O sea, toda la luz incidente en la superficie cambia de dirección sin cambiar de medio. A este fenómeno físico se le denomina **Reflexión Total Interna**.

Un rayo luminoso que se propaga en un medio 1 e incide en un medio 2 e incide en la superficie de separación de éste y medio 2, tal que $n_2 > n_1$, **sufirá reflexión total si su ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite $\hat{i}_L$** .

Recordando la ley de Snell:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \\ \hat{r} = 90^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\sin \hat{i}}{\underbrace{\sin 90^\circ}_{=1}} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \hat{i}_L = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

Cálculo del ángulo de incidencia límite

Recuerda que: $\sin^{-1} = \text{shift sen}$