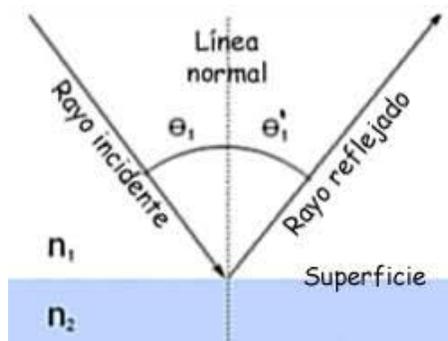


## Aspectos de óptica.

Cuando una onda se encuentra con una superficie la luz se puede reflejar o refractar. En el primer caso la onda rebota y cuando penetra en el material la onda se refracta.

### Reflexión

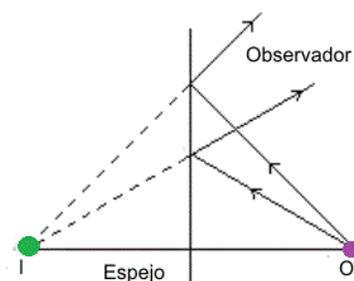
La ley de la reflexión para una onda incidente sobre una superficie plana dice que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión como se muestra en la siguiente figura.



Esto quiere decir que

$$\theta_{\text{incidente}} = \theta_{\text{reflejado}}$$

Cuando la luz proveniente de una fuente y los rayos reflejados se extrapolan al extremo lejano, se encuentra que todos parecen provenir de una fuente puntual de luz colocada detrás del espejo. Esta fuente puntual aparente es la imagen



## Refracción

La rapidez de la luz en un material transparente difiere a la rapidez de la luz en el vacío. Esta suele escribirse como

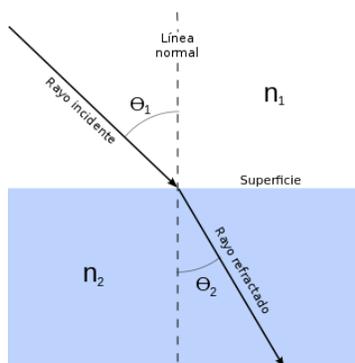
$$v = \frac{c}{n}$$

donde  $c$  es la rapidez normal de la luz en el vacío y  $n$  se denomina índice de refracción. A partir de esta relación se puede obtener que

$$\lambda = \frac{\lambda_{vac}}{n}$$

esto quiere decir que la longitud de onda de la luz es más corta en un material que en el vacío.

Cuando la luz incidente se refracta (penetra) en un material transparente como se muestra en la siguiente figura



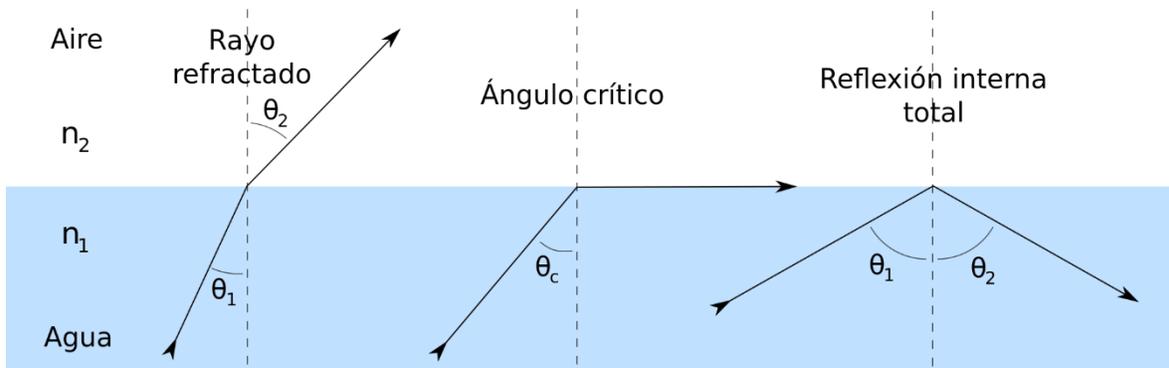
Dada la diferencia de rapidez de la luz al penetrar en el material se observa un cambio en la dirección del frente de onda. Este fenómeno se denomina refracción y se cumple que

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

donde  $n$  es el índice de refracción del material. Como una generalización para cuando el haz de luz pasa de un medio con índice de refracción  $n_1$  a un medio con índice de refracción  $n_2$ . Se tiene

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2.$$

Para un rayo que intenta salir del agua como se muestra en la figura, existe un ángulo  $\theta_c$  que al para el cual el rayo de luz se refracta a lo largo de la superficie.



Si un rayo de luz incide con un ángulo de incidencia mayor a  $\theta_c$  no podrá ocurrir la refracción y ocurrirá una reflexión interna total. El ángulo crítico está dado por

$$\sin \theta_c = \frac{1}{n}$$

donde se considera que el índice de refracción del aire es uno.

Una característica importante de la reflexión es que la luz reflejada puede estar parcial o completamente polarizada. El ángulo de Brewster es aquel en el cual el haz reflejado sobre una superficie está polarizado en forma paralela a la superficie y satisface que

$$\tan \theta_B = n$$

donde  $n$  es el índice de refracción de la superficie considerada.

Para ejemplificar y visualizar estos fenómenos consulta el video

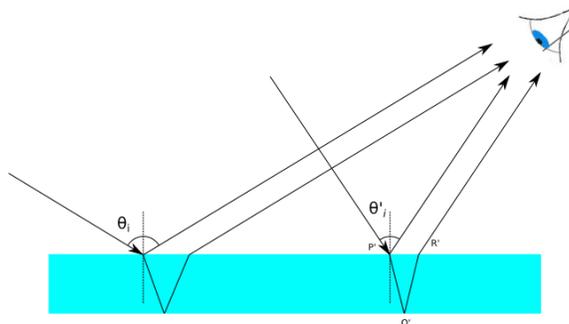
[https://youtu.be/\\_MVvkc0mHC4](https://youtu.be/_MVvkc0mHC4)

## Interferencia

La interferencia es la superposición constructiva o destructiva de dos o más ondas que se encuentran en un sitio.

### Interferencia en películas delgadas

Un ejemplo clásico de interferencia es el observado en películas delgadas. Por ejemplo, una película de aceite sobre agua.



En este caso, la luz tendrá una interferencia constructiva cuando la diferencia de trayectoria del haz reflejado y el haz refractado sea un múltiplo de la longitud de onda, es decir

$$2d = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$$

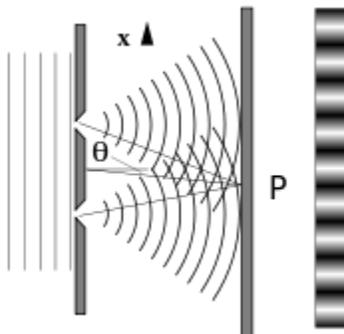
y será totalmente destructiva cuando

$$2d = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \dots$$

Así, dependiendo del grosor de la película y de la longitud de onda de la luz, la onda reflejada puede ser muy intensa o muy débil. Para visualizar este fenómeno consultar el siguiente enlace [https://www.youtube.com/watch?v=-sy\\_b1CILW0](https://www.youtube.com/watch?v=-sy_b1CILW0)

### Interferencia desde dos ranuras.

Cuando una onda de luz pasa a través de dos rendijas puede haber interferencia constructiva o destructiva como se muestra en la siguiente figura



En la figura, los segmentos negros representan las regiones en donde hay interferencia destructiva y las regiones blancas en donde hay interferencia constructiva.

Si consideramos dos rendijas separadas una distancia  $d$ , la interferencia en el punto P es constructiva si se cumple que

$$d \sin \theta = 0, \lambda, 2\lambda, \dots \quad \text{o} \quad d \sin \theta = m \lambda$$

donde  $\theta$  es el ángulo que forma la línea perpendicular a las rendijas con el punto P. De manera semejante, la condición para interferencia destructiva es

$$d \sin \theta = \frac{1}{2} \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \frac{5}{2} \lambda \dots$$

El haz central ( $\sin\theta=0$ ) se denomina máximo central. Los haces al lado de este son los máximos correspondientes a  $m=1$ ,  $m=2$ , etc.

La intensidad del haz respecto al ángulo de posición está dada por

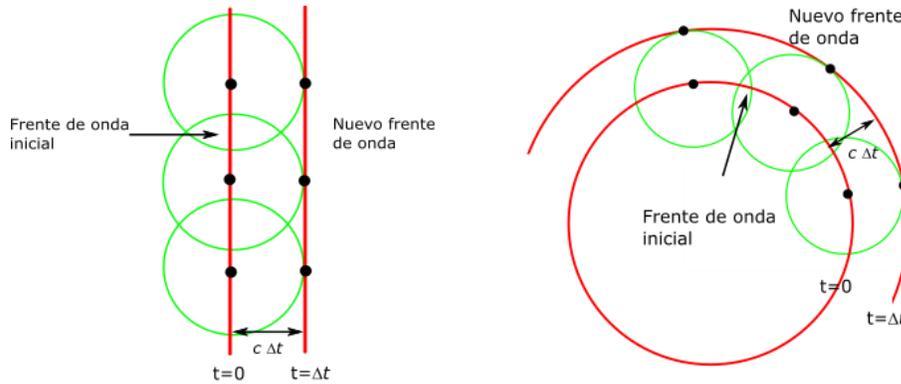
$$I = I_{max} \cos^2 \left( \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right).$$

Para visualizar más claramente este fenómeno consultar el video

<https://www.youtube.com/watch?v=2gtHxFSj6ag>

## Difracción

La difracción es la desviación y dispersión de ondas alrededor de un obstáculo. La propagación de una onda electromagnética puede describirse adecuadamente por medio de los frentes de onda



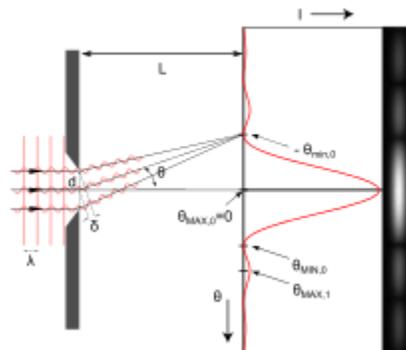
Esta construcción muestra el movimiento de los frentes de onda plano o esféricos.

## Difracción por una ranura simple

Para encontrar la distribución de la luz al pasar por una ranura se emplea el principio de Huygens-Fresnel que dice:

*Supóngase que cada punto del frente de onda que llega a la ranura puede considerarse como una fuente puntual de luz que emite una onda esférica; la onda total al pasar la ranura es simplemente la superposición de todas estas ondas.*

Esto quiere decir que la difracción de una onda en una rendija mostrará un patrón de interferencia como se muestra en la siguiente figura



La condición general para los mínimos de difracción en la ranura simple es

$$a \sin \theta = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$$

donde  $a$  es el ancho de la ranura. La intensidad del haz en el patrón de difracción está dada por

$$I = I_{max} \left[ \frac{\sin(\phi/2)}{\phi/2} \right]$$

donde

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta .$$

### **Difracción por una abertura circular.**

Para la difracción de la luz por una abertura circular es un fenómeno similar a la ranura simple. En este caso se tiene que la posición angular del primer mínimo está dada por

$$\sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{a}$$

donde  $a$  es el diámetro de la abertura circular.

Los fenómenos de difracción por una rendija rectangular y circular se pueden ver en el siguiente enlace <https://youtu.be/Xd1KUBj0NZk>