



ÓPTICA
Fundamentos
de Física.

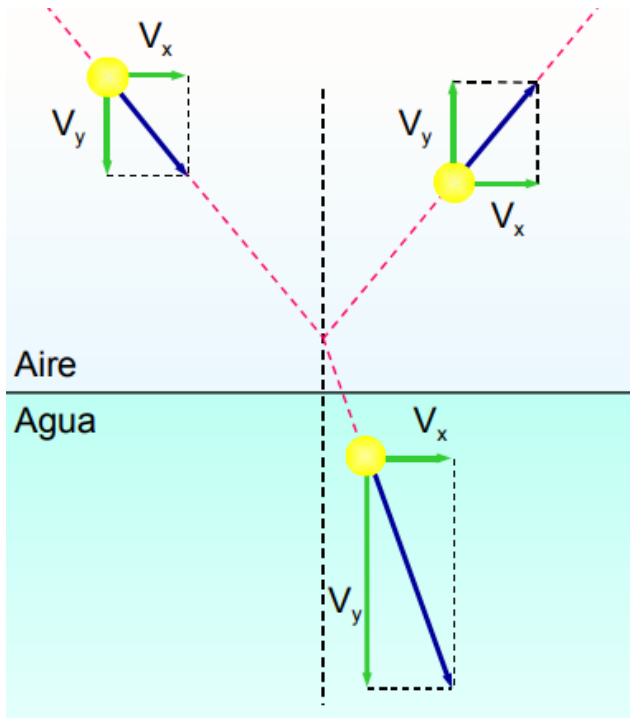
María Arroyo-Hernández.

Óptica: introducción

- La óptica estudia las propiedades de la luz.
- Distinguimos entre óptica física y geométrica:
 - La **óptica geométrica** se basa en el concepto de rayo luminoso como trayectoria que siguen las partículas materiales emitidas por los cuerpos luminosos sin preocuparse de estudiar cual es la naturaleza de la luz.
 - La **óptica física** estudia los fenómenos luminosos en términos de ondas e investiga cuál es la naturaleza de la luz.

○ EL MODELO CORPUSCULAR DE NEWTON

- Isaac Newton publica en 1704 su óptica y asienta el modelo corpuscular de la luz sobre las ideas de Descartes. Supone que la luz está formada por corpúsculos materiales que son lanzados a gran velocidad por los cuerpos emisores de luz.



Este modelo explica y se basa en:

La **propagación rectilínea de la luz**: la luz está formada por pequeñas partículas que viajan a gran velocidad, pero no infinita, de manera que sus trayectorias rectilíneas constituyen los rayos luminosos.

La **ley de la reflexión**: al incidir la luz en una superficie lisa como la de un espejo choca con dicha superficie y se refleja del mismo modo que una bala choca contra una placa de acero.

La **ley de la refracción** o cambio en la dirección de la trayectoria que experimenta la luz cuando pasa de un medio a otro diferente, por ejemplo, del aire al agua. La refracción es debida a la diferente densidad de los medios por los que atraviesa la luz

Historia

- Pero este modelo llevó a ideas erróneas como que la luz viajaba más rápido en el agua que en el aire.
- Que la luz no podía propagarse en el vacío.

Historia

Modelos ondulatorios:

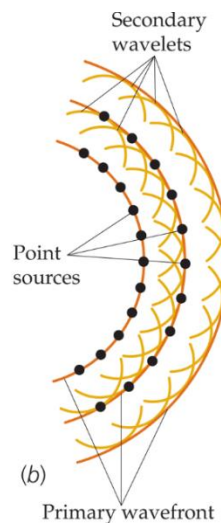
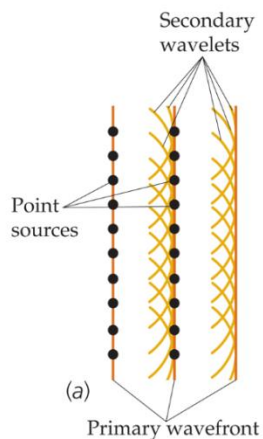
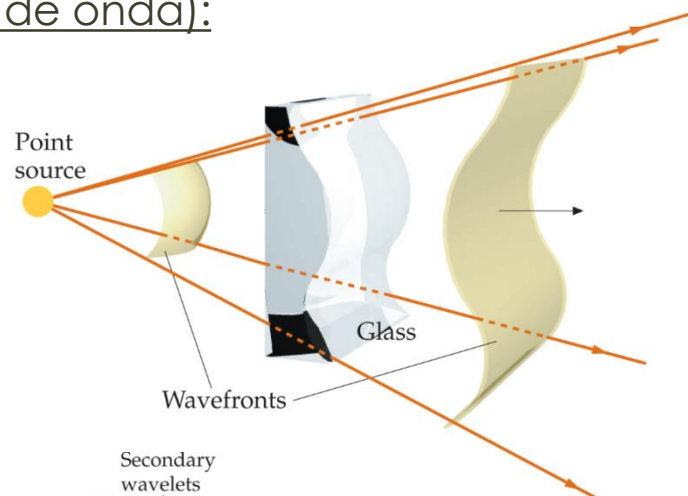
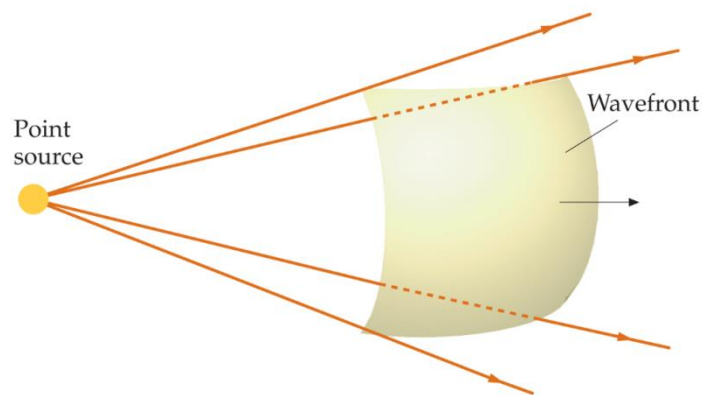
Modelo ondulatorio de Huygens:

- En 1690 publicó su teoría sobre la propagación de la luz como un movimiento ondulatorio que necesitaba de un medio material, llamado éter, para propagarse.
- Desechaba la posibilidad de que se tratara de un movimiento corpuscular ya que dos haces de luz podían cruzarse sin estorbarse.
- Su mayor error fue considerar las ondas de luz longitudinales, como las del sonido que se propaga en un medio aun no descubierto que llamó "éter". Consideraba el "éter" como un fluido impalpable que todo lo llena incluso donde parece no haber nada. Por lo tanto, el vacío no existe ya que está lleno del "éter".
- Considera la luz como ondas esféricas y concéntricas con centro en el punto donde se origina la perturbación (foco luminoso).

Historia

Modelos ondulatorios:

Modelo ondulatorio de Huygens (frente de onda):



Historia

- La discusión entre el modelo corpuscular de Newton y el ondulatorio de Huygens fue ganada por Newton en un primer momento debido a su mayor prestigio y fama como científico y a que los experimentos que se conocían en aquella época apoyaban a Newton.

Historia

- Vuelve a tomarse en consideración la teoría ondulatoria de la luz en el siglo XIX gracias a los trabajos de difracción e interferencias con rayos luminosos de Young. Se observa que los rayos luminosos cumplen el principio de superposición de manera que cuando dos rayos de diferentes orígenes coinciden en la misma dirección su efecto es una combinación (superposición) de ambos y una vez traspasado el lugar de la superposición siguen con su forma original, comportamiento claramente ondulatorio.
- Young propone que la luz está formada por ondas transversales.
- Malus estudia el fenómeno de polarización de la luz y Fresnel deduce que puesto que la luz se polariza debe ser efectivamente una onda transversal y tridimensional.

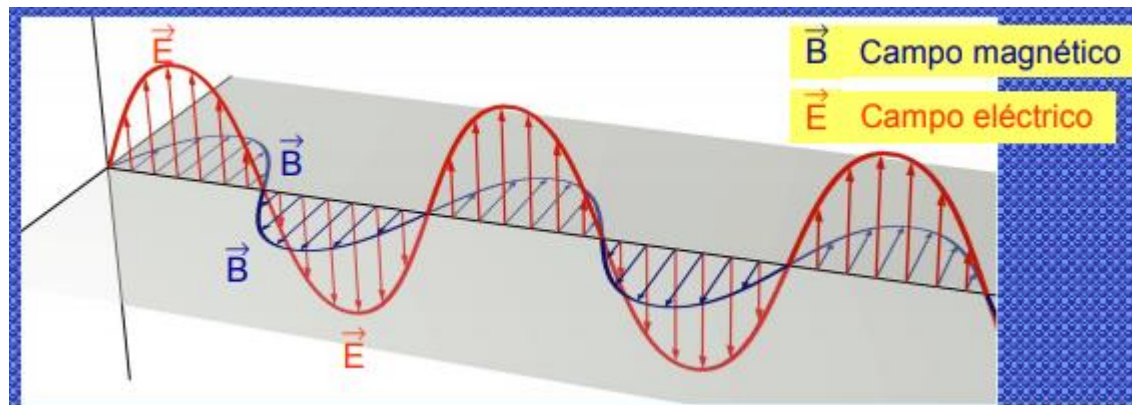
Historia

Modelo ondulatorio de Fresnel

- Estableció que las vibraciones en la luz no pueden ser longitudinales, sino que deben ser perpendiculares a la dirección de propagación, y por tanto transversales.
- Basándose en este concepto enunció matemáticamente la ley de la reflexión.
- Faraday estableció una interrelación entre electromagnetismo y luz cuando encontró que la dirección de polarización de un rayo luminoso puede alterarse por la acción de un fuerte campo magnético. Sugirió que la luz podría tener naturaleza electromagnética.

Historia

MODELO ONDULATORIO DE MAXWELL



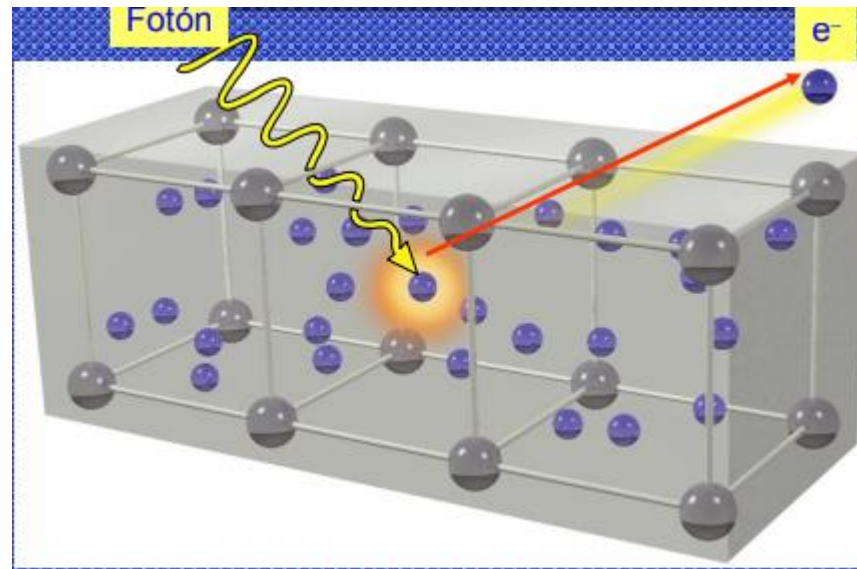
James Clerk Maxwell demostró que las ondas luminosas son electromagnéticas, del tipo de las ondas de radio, y no necesitan medio alguno para propagarse.

La frecuencia de las ondas luminosas es mucho mayor que las de radio, y son detectables por el ojo.

Historia

EFFECTO FOTOELÉCTRICO.

- Consiste en la obtención de electrones libres de un metal cuando sobre este incide un haz de luz.
- Un aumento de la intensidad luminosa no suponía un incremento de la energía cinética de los electrones emitidos.



Historia

EFEECTO FOTOELÉCTRICO

- La luz interacciona con los electrones de la materia en cantidades discretas que se denominan cuantos.
- La energía de un cuanto es: $E = h \nu$ siendo ν la frecuencia y h la constante de Planck cuyo valor es $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- La luz se debe a la oscilación de las cargas eléctricas que forman la materia, es una perturbación electromagnética que se propaga en forma ondulatoria transversal en el vacío. Una onda electromagnética se produce por la variación en algún lugar del espacio de las propiedades eléctricas y magnéticas de la materia.

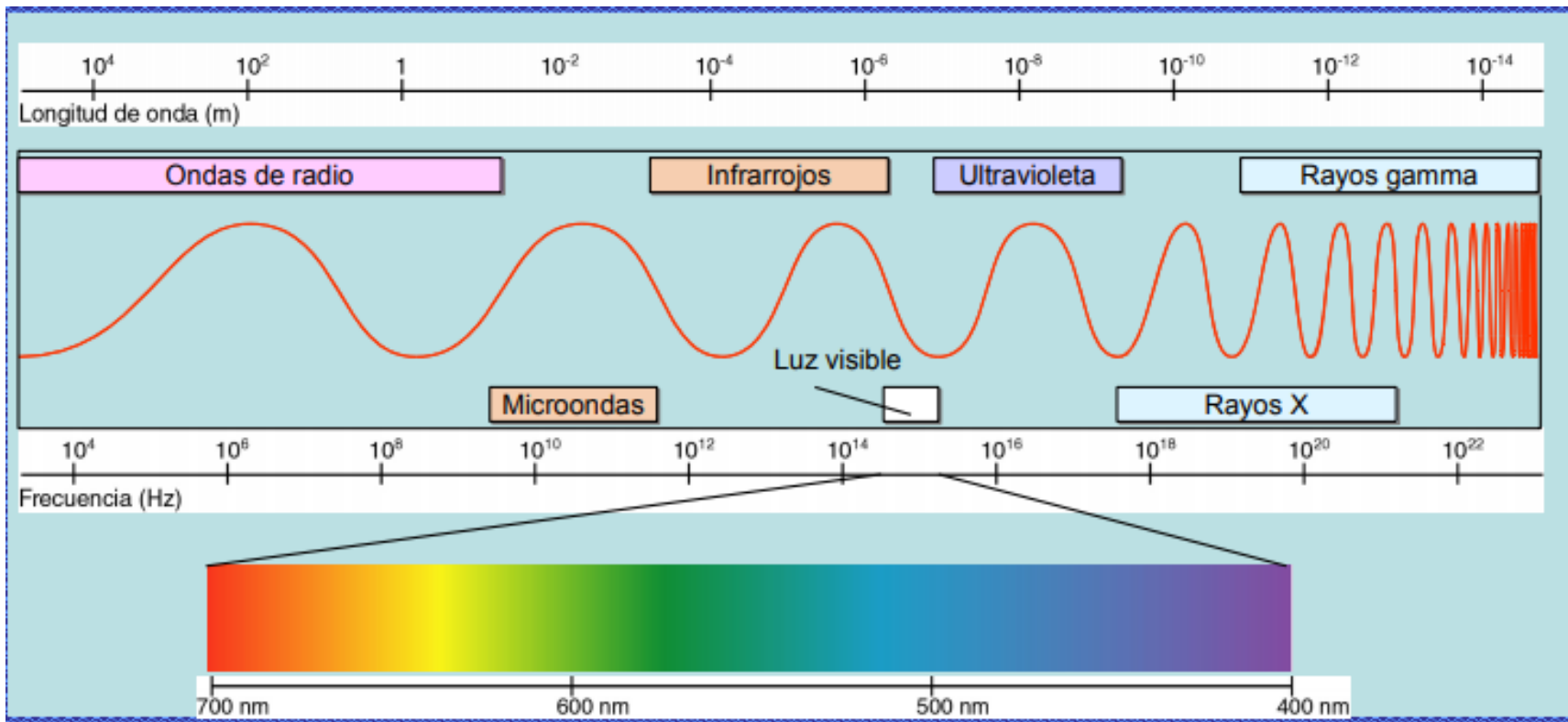
Historia

Dualidad onda-corpúsculo:

- Louis de Broglie afirmó en 1922 que la luz tiene doble naturaleza: ondulatoria y corpuscular.
- Comportamiento como partícula.
- Ejemplo: velas solares, que se mueven debido a la presión de radiación que ejerce la luz de las estrellas.



Espectro electromagnético



Propiedades de la luz:

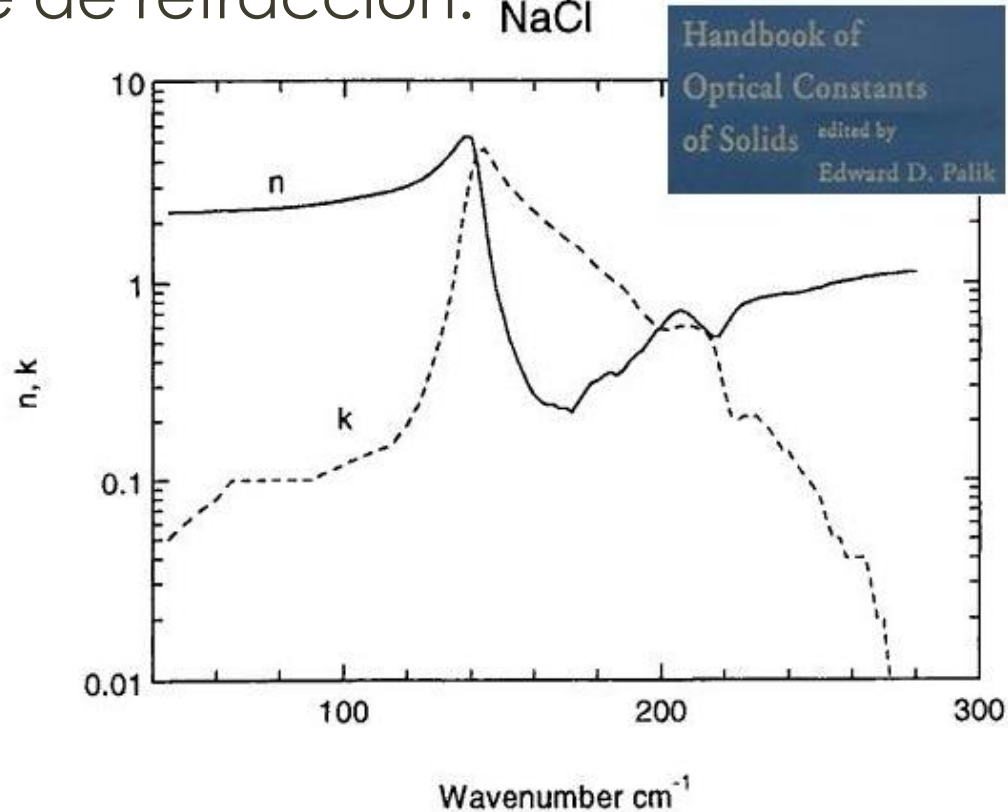
- La velocidad de la luz en el vacío es:

$$c = 299792458 \text{ m/s} \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

- Índice de refracción: es la relación que existe entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un determinado medio:
 $n = c/v$
- El índice de refracción entre dos medios se define como: $n_{2,1} = n_2/n_1$

Óptica geométrica: Propiedades de la luz

- Índice de refracción: NaCl

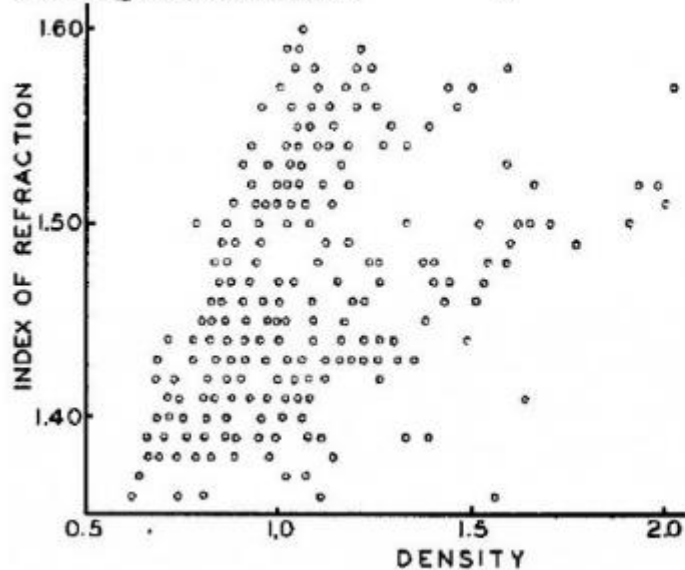


<https://francis.naukas.com/2009/01/18/errores-en-los-libros-de-texto-de-fisica-el-indice-de-refraccion-y-la-velocidad-de-la-luz/>

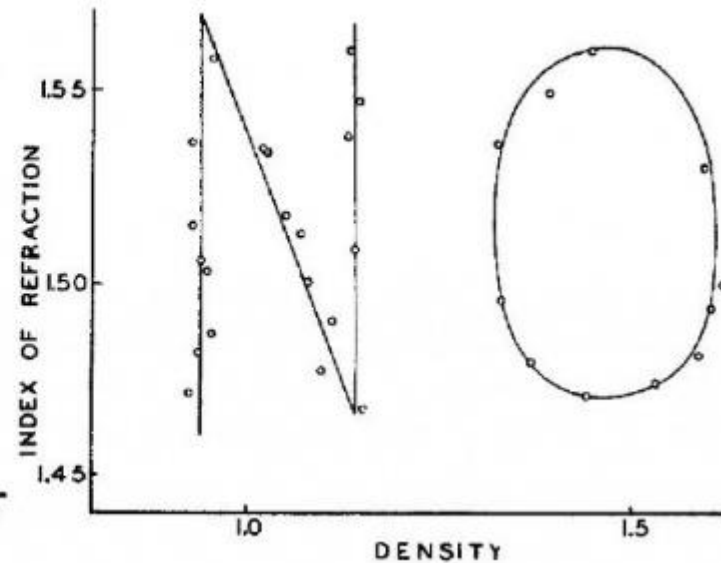
Óptica geométrica: Propiedades de la luz

- Índice de refracción:

445 organic materials



¿Varia linealmente el índice de refracción con la densidad?



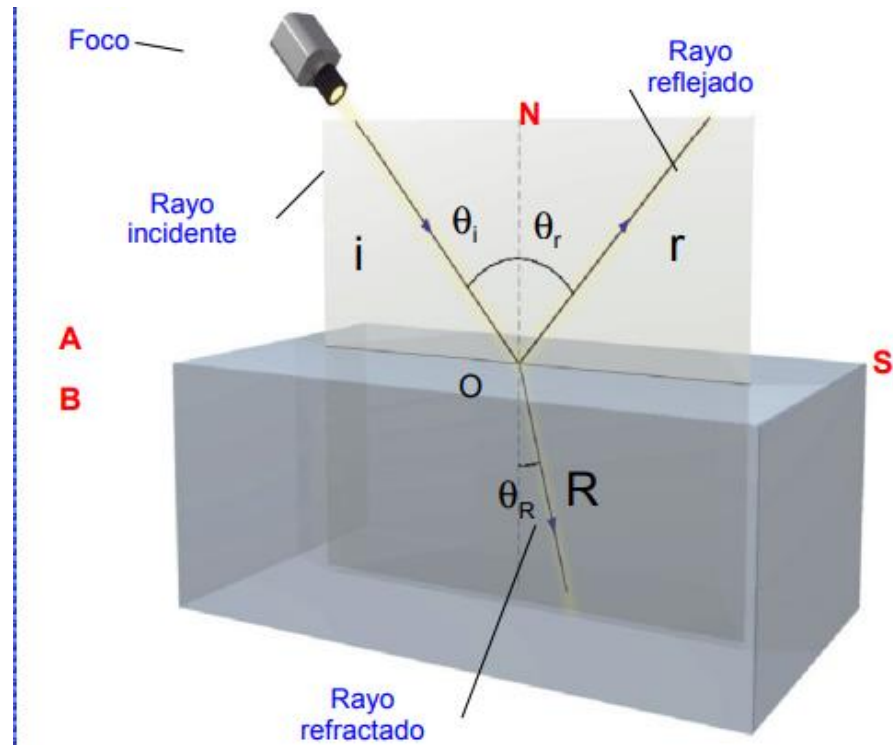
<https://francis.naukas.com/2009/01/18/errores-en-los-libros-de-texto-de-fisica-el-indice-de-refraccion-y-la-velocidad-de-la-luz/>

Propiedades de la luz

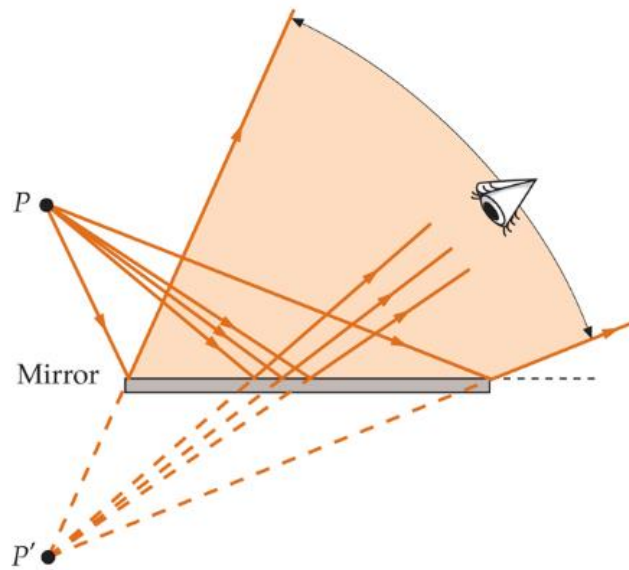
- PRINCIPIO DE FERMAT O PRINCIPIO MÍNIMO:

“La naturaleza tiende siempre a actuar por los caminos más cortos”. Dicho principio establece que cuando la luz se desplaza de un punto a otro lo hace siempre por el camino más corto (la línea recta).

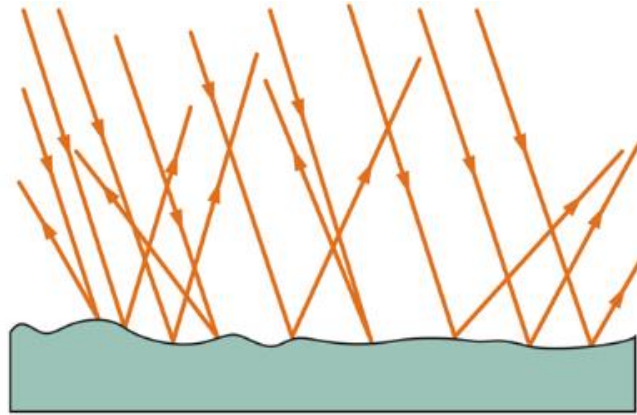
Reflexión y refracción



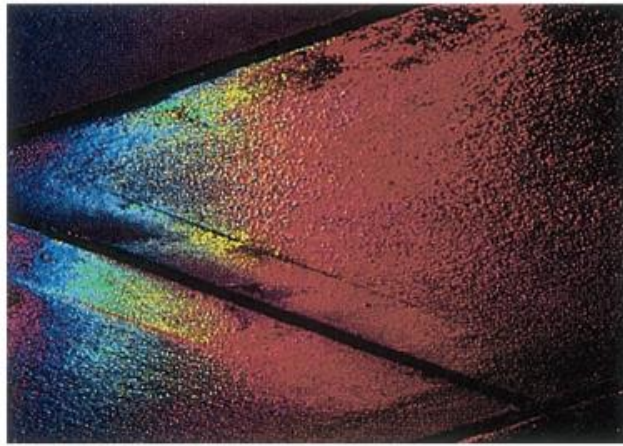
Reflexión y refracción



Reflexión y refracción



(a)



(b)

Reflexión

- La reflexión es el fenómeno por el cual el rayo incidente sigue propagándose por el medio de incidencia. Este fenómeno permite ver objetos no luminosos.
- El ángulo de incidencia y de reflexión son iguales

Refracción

- Ley de Snell:

Diagram illustrating the law of refraction (Snell's Law) at the interface between two media, Medio 1 and Medio 2. A normal line N is shown perpendicular to the interface. An incident ray (Rayo incidente) travels through Medio 1 towards the interface, and a refracted ray (Rayo refractado) travels through Medio 2 away from the interface.

The diagram shows two cases:

- Left case: The ray bends towards the normal (Medio 2 is denser).
- Right case: The ray bends away from the normal (Medio 2 is less dense).

Snell's Law is expressed as:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{v_1}{v_2}$$
$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

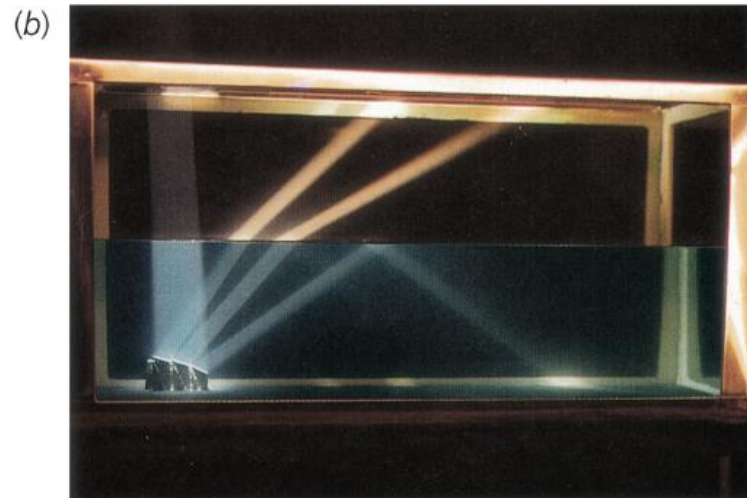
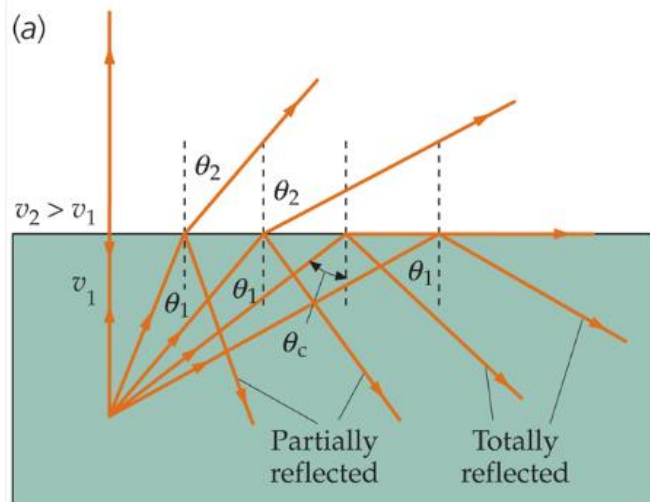
Reflexión total

Si los rayos de luz pasan de un medio a otro medio con índice de refracción menor, los rayos incidentes forman con la normal ángulos cada vez mayores.

Los rayos refractados se alejan de la normal hasta formar con ella un ángulo de 90° (ángulo límite θ_L).

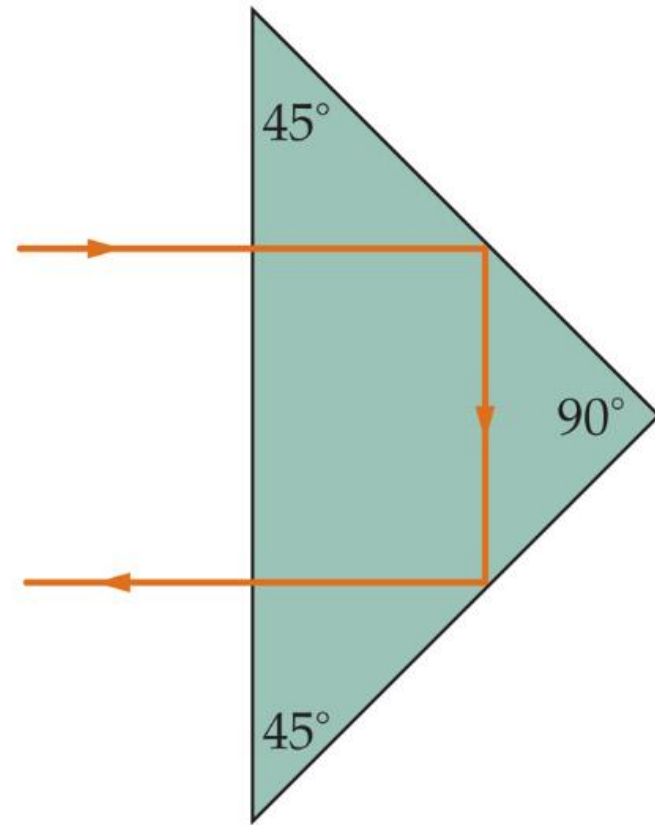
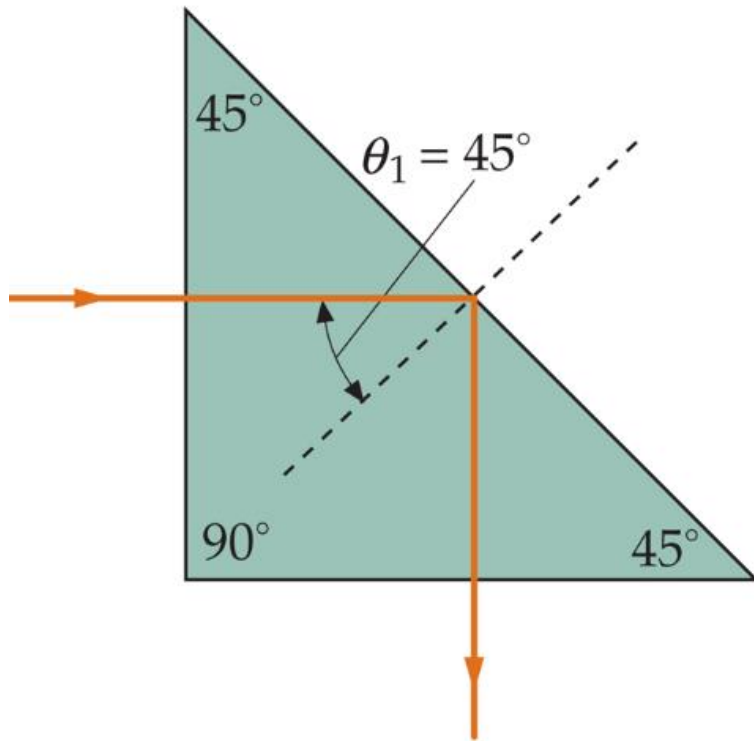
$$\text{si } \theta_R = 90^\circ \text{ sen } \theta_R = 1$$

$$\text{sen } \theta_L = \frac{n_2}{n_1}$$



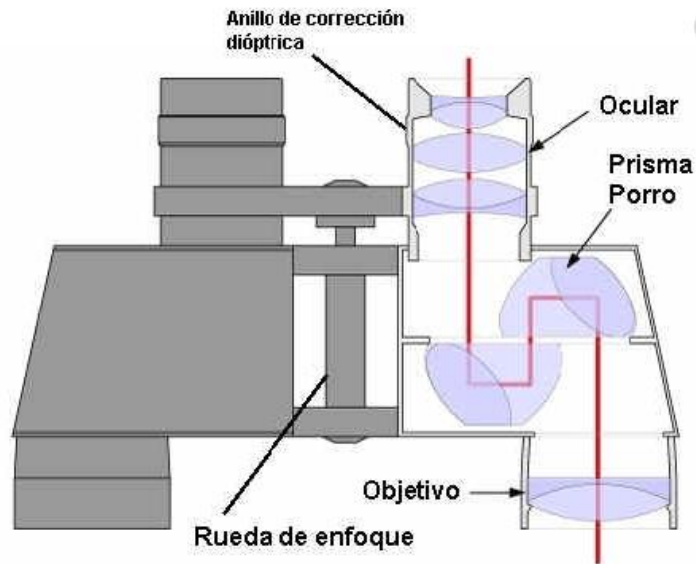
Reflexión total

Aplicaciones

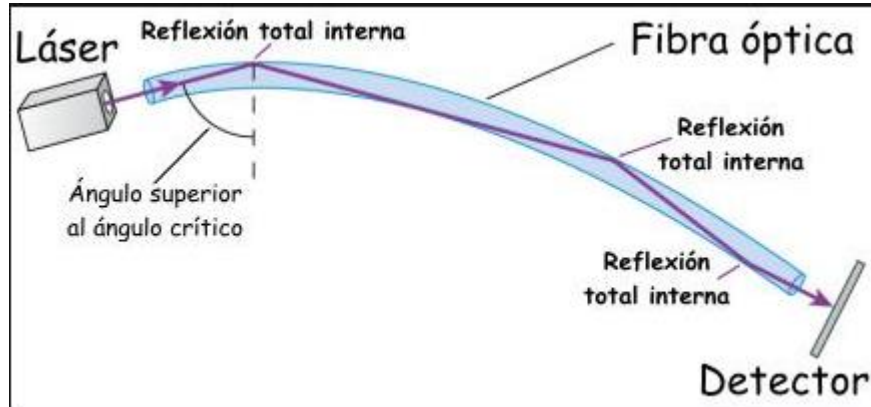


Reflexión total

Aplicaciones

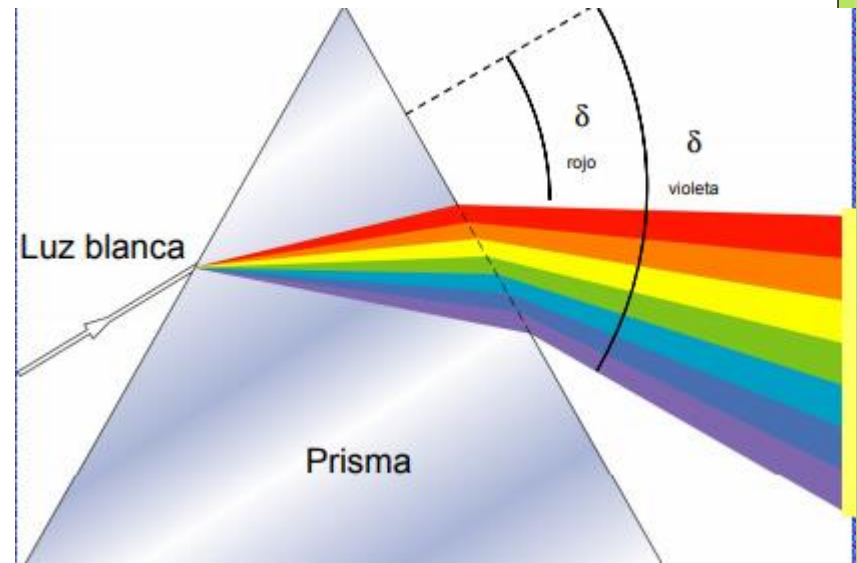


Reflexión total fibra óptica



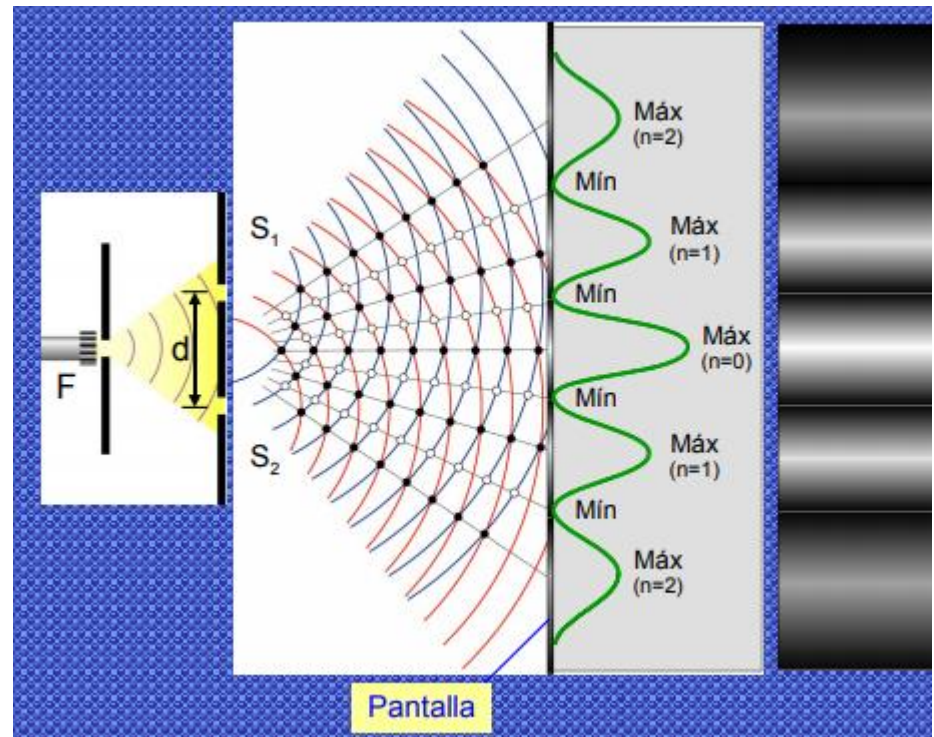
DISPERSIÓN DE LA LUZ

- La luz blanca está formada por una mezcla de luces de diversos colores y cada color corresponde a una determinada longitud de onda, siendo el extremo del espectro luminoso visible (mínima frecuencia) el rojo y el otro extremo el violeta
- La dispersión de la luz es la separación de un rayo de luz en sus componentes debido a su diferente índice de refracción



Los diferentes objetos que nos rodean reciben luz y absorben la mayoría de las radiaciones, pero reflejan algunas que corresponden al color con el que les vemos

Interferencias



- Se forma una banda de interferencias con una serie de franjas paralelas claras y oscuras
- Se observa que luz más luz puede dar oscuridad
- La diferencia de caminos entre los rayos que parten de ambas rendijas y llegan a un mismo punto de la pantalla es: $d \sin \theta$
- Las franjas iluminadas corresponden a ondas que llegan en fase $x_2 - x_1 = d \sin \theta = n\lambda$
- Las franjas oscuras corresponden a ondas que llegan en oposición de fase. Se produce cuando: $x_2 - x_1 = d \sin \theta = (2n+1)\lambda/2$

DIFRACCIÓN

- Cambio en la dirección de propagación que sufre una onda, sin cambiar de medio, cuando se encuentra un obstáculo en su camino.
- Para poder observar este fenómeno, las dimensiones del objeto deben ser del mismo orden o menor que la longitud de onda
- Al llegar a la abertura, los puntos del frente de onda actúan como emisores de ondas elementales. El frente de la nueva onda queda determinado por la relación entre el tamaño de la longitud de onda y el obstáculo.

