

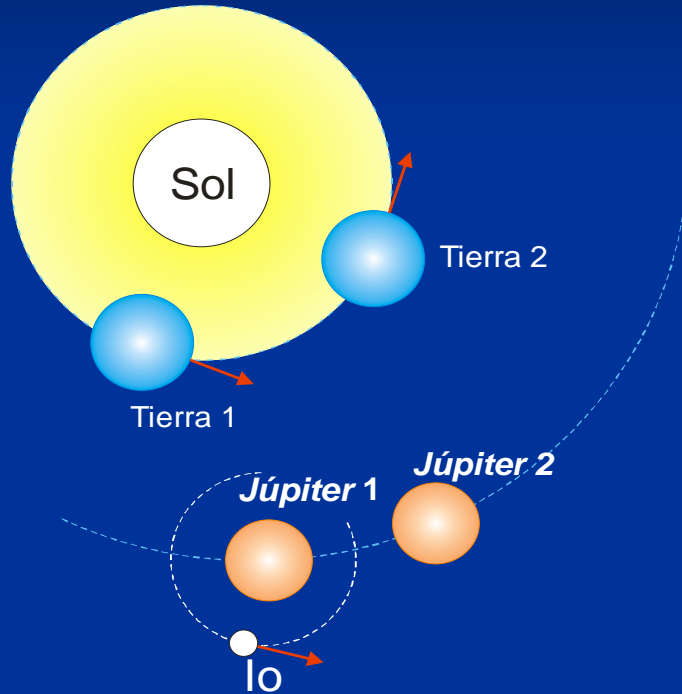
ÓPTICA – Parte 1



Naturaleza de la Luz

- Corpuscular
Griegos antiguos / Issac Newton (1670-Optiks 1703)
- Ondulatoria
Robert Hooke / Christian Huyghens (1678)
Thomas Young (interferencia 1801)
James Maxwell (radiación EM de alta frecuencia 1873)
- Naturaleza Dual
Max Planck (cuantificación 1900)
Albert Einstein (fotones, efecto fotoeléctrico 1905)

Medición de la Velocidad de la Luz



La imagen no está en escala

■ Método de Ole Roemer (1675)

Se basa en la variación del período de revolución del satélite Io alrededor de Júpiter, observado desde la Tierra, en la medida en que varía la distancia entre Júpiter y la Tierra.

Período medio de Io: 42,5 hs.

Año de Jupiter: Aprox. 12 años terrestres.

Año terrestre: 1 año.

Medición de la Velocidad de la Luz

■ Método de Armand Fizeau (1849)

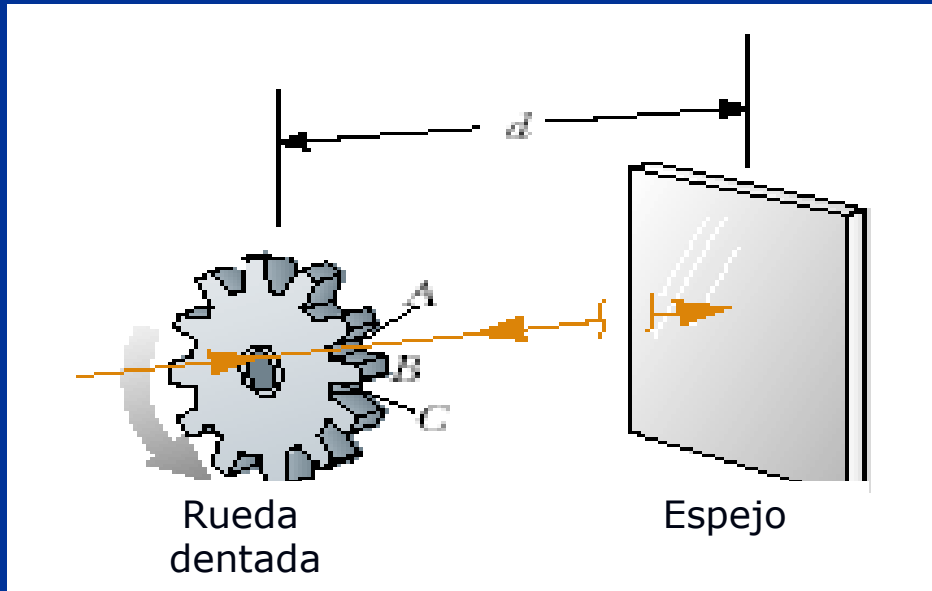


Imagen Física de Serway, 6ta. Ed.

El pulso de luz que pasa por la ranura de la rueda dentada A, rebota en el espejo. Al volver a la rueda puede pasar por la siguiente ranura C, o ser interceptado por el diente B.

La velocidad de la luz es:

$$c = 2 d / t$$

En ese tiempo el ángulo recorrido por la rueda es:

$$\theta = \omega t$$

La velocidad de la luz resulta:

$$c = 2 d \omega / \theta$$

Medición de la Velocidad de la Luz

■ Método usado por el NIST (1972)

Basado en la medición precisa de la frecuencia f , y la longitud de onda λ , de la luz emitida por un láser de helio-neón.

La velocidad de la luz se determina a partir de la relación:

$$c = f \lambda$$

Las precisiones logradas con estos métodos son tales, que obligaron a redefinir el metro patrón en función de la velocidad de la luz (1983).

Velocidad de la Luz en el vacío

- $c = 299.792.458 \text{ m/s}$

Valor definido por la 17^a Conferencia General de Pesas y Medidas en 1983

(Aproximadamente $300.000 \text{ Km/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

Velocidad de la Luz en medios materiales

- $c_n = c / n$

c : velocidad de la luz en el vacío

n : índice de refracción del medio

se define igual a 1 para el vacío

$n > 1$ para medios materiales

entonces $c_n < c$

Algunos Índices de Refracción

| Material (a 20 °C salvo aire) | Índice de refracción |
|----------------------------------|-------------------------|
|----------------------------------|-------------------------|

| | |
|---------------------|----------|
| Aire (0 °C / 1 atm) | 1,000293 |
|---------------------|----------|

| | |
|-------|-------|
| Hielo | 1,309 |
|-------|-------|

| | |
|------|-------|
| Agua | 1,333 |
|------|-------|

| | |
|----------------|------|
| Vidrio (crown) | 1,52 |
|----------------|------|

| | |
|------------------|-------|
| Cloruro de sodio | 1,544 |
|------------------|-------|

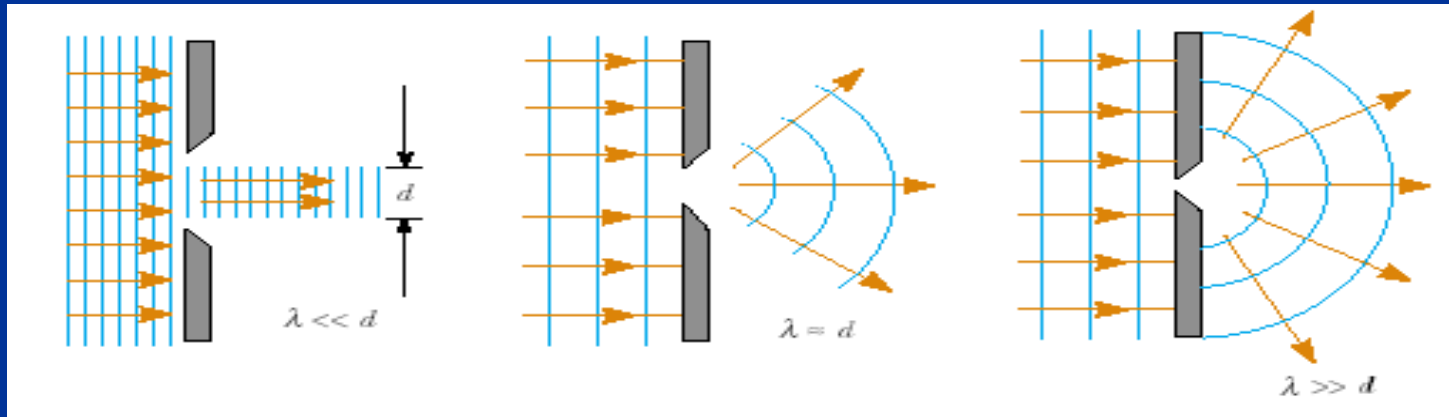
| | |
|----------------|------|
| Vidrio (flint) | 1,66 |
|----------------|------|

| | |
|----------|-------|
| Diamante | 2,419 |
|----------|-------|

Para luz de longitud de onda de 589 nm en el vacío

Óptica Geométrica

- Utiliza la aproximación de rayo de luz
- Las dimensiones involucradas son mucho mayores que la longitud de onda de la luz ($d \gg \lambda$)



Onda plana atravesando una rendija

Óptica Geométrica

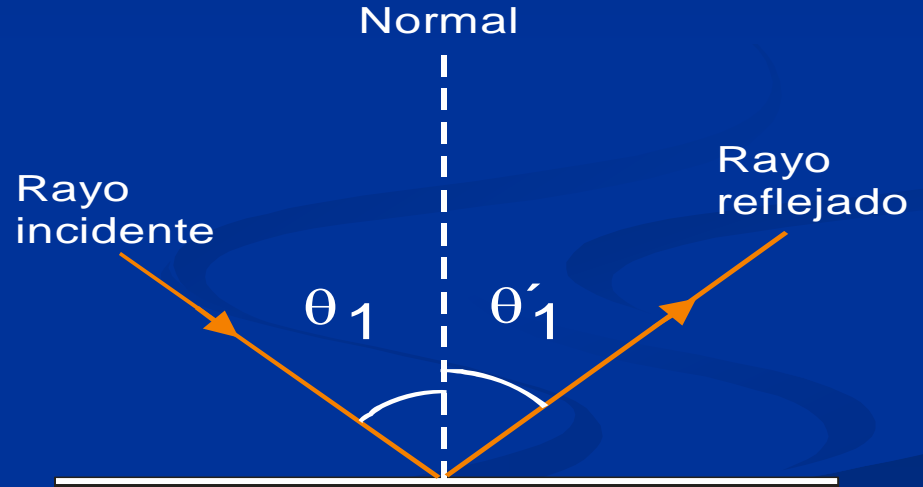
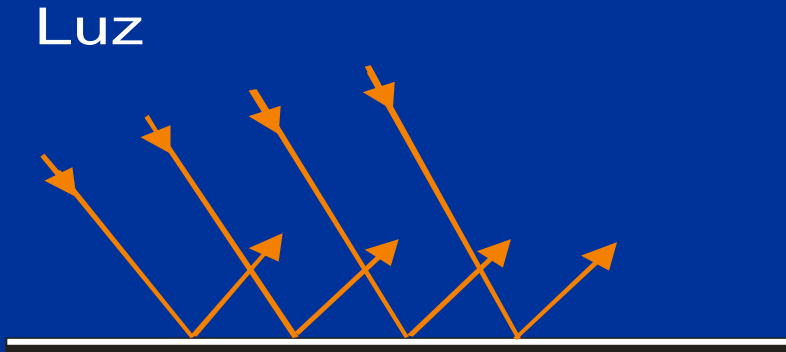
- En un medio uniforme la luz se propaga en una línea recta perpendicular al frente de onda
- Al cambiar de medio, la luz cambia su dirección de propagación

Reflexión y Refracción de la Luz

- Cuando un rayo de luz (rayo incidente) alcanza la superficie de separación entre dos medios:
 - parte se refleja (rayo reflejado), volviendo al primer medio, y
 - parte se refracta (rayo refractado), pasando al segundo medio

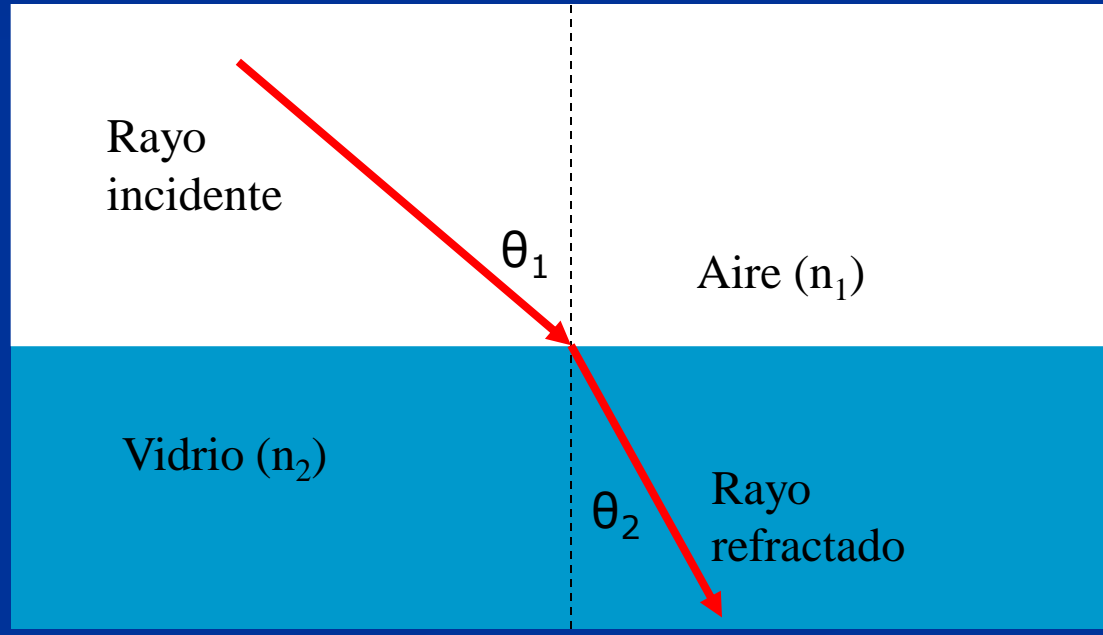
Ley de la Reflexión

$$\theta_{\text{incidencia}} = \theta_{\text{reflexión}}$$



Ley de la Refracción (Ley de Snell, 1591-1627)

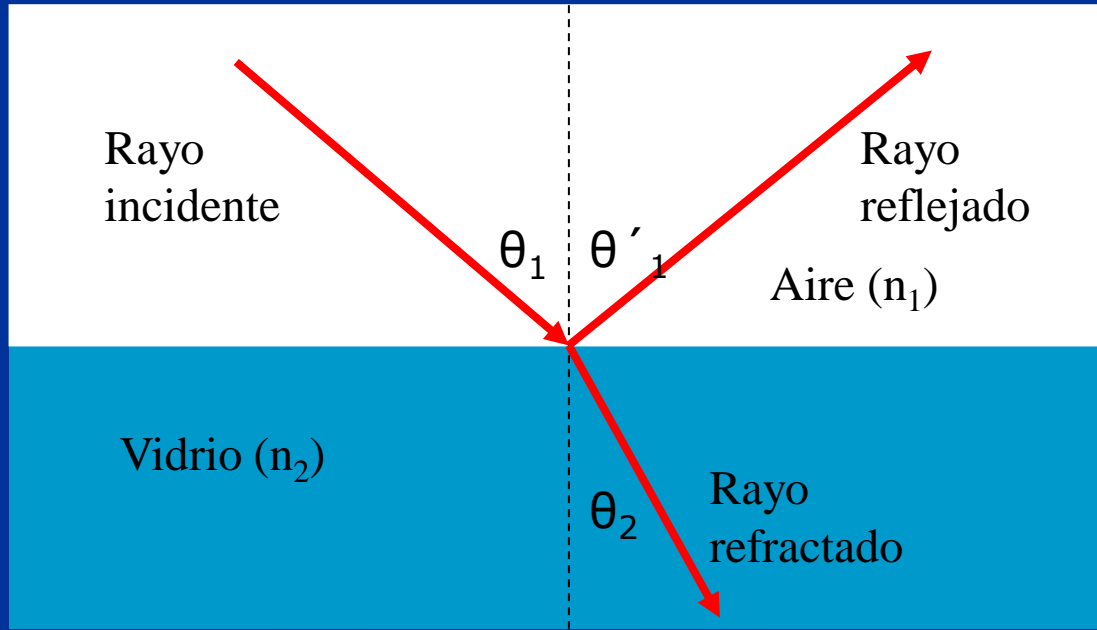
$$n_1 \text{ Sen}(\theta_1) = n_2 \text{ Sen}(\theta_2)$$



Caso general de Reflexión y Refracción del rayo incidente

$$\theta_1 = \theta'_1$$

$$n_1 \text{ Sen}(\theta_1) = n_2 \text{ Sen}(\theta_2)$$

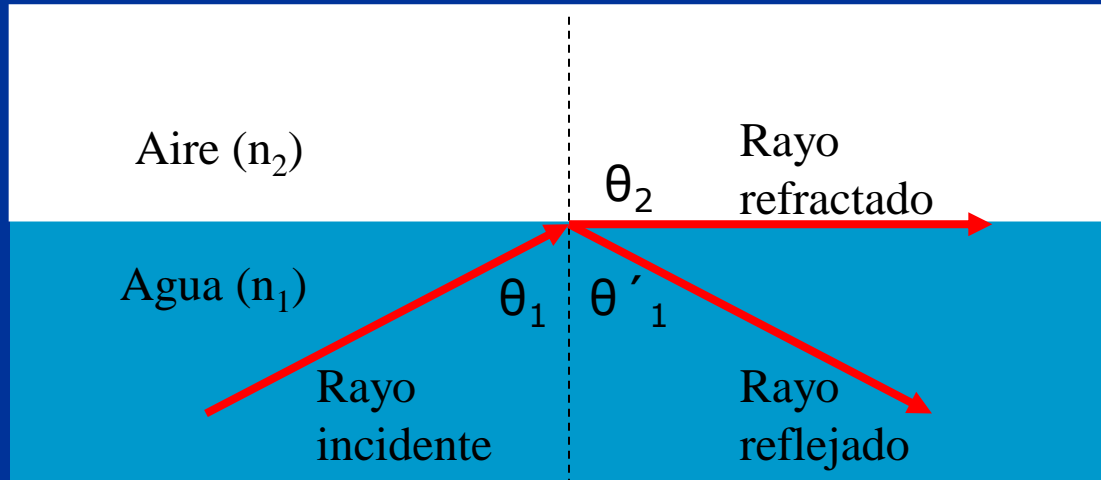


Ángulo de Reflexión Total

Si $n_1 > n_2$ puede hallarse el ángulo de incidencia θ_1 tal que el ángulo de refracción sea $\theta_2 = 90^\circ$

$n_1 \text{ Sen}(\theta_c) = n_2 \text{ Sen}(90^\circ)$, Resultando **$\text{Sen}(\theta_c) = n_2 / n_1$**

Para ángulos de incidencia mayores o iguales a θ_c , el rayo incidente se refleja totalmente (sin perder energía)



Fibras Ópticas y Reflexión Total

- Utilizan el fenómeno de reflexión total para conducir luz de un punto a otro con muy poca pérdida de energía.
- El núcleo transmisor tiene índice de refracción n_1 y la cubierta posee índice de refracción n_2 , siendo $n_1 > n_2$
- La luz es conducida a lo largo del núcleo, produciéndose reflexiones totales en la superficie de separación entre el núcleo y la cubierta.



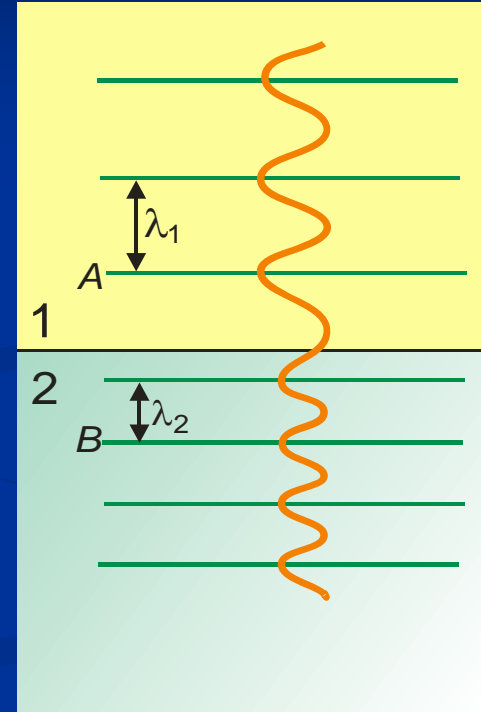
Índice de Refracción y Longitud de Onda

Cuando la luz pasa de un medio a otro, su frecuencia (color) no cambia, pero se modifica su longitud de onda:

$$c_1 = c / n_1 = f \lambda_1$$

$$c_2 = c / n_2 = f \lambda_2$$

Luego $\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$

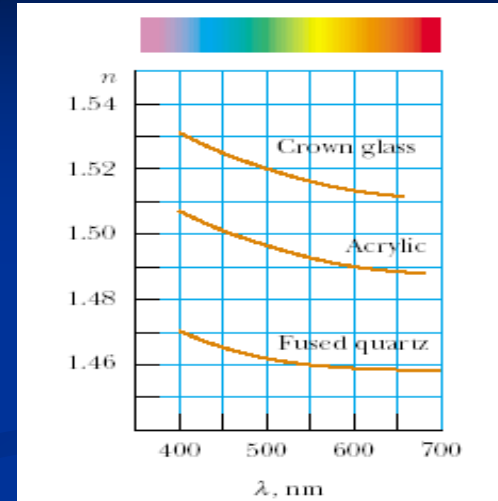


Fenómeno de Dispersión

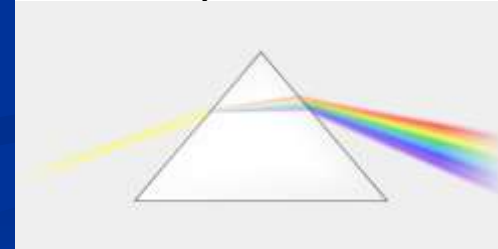
El índice de refracción de un material, varía con la longitud de onda de la luz ($n=n(\lambda)$).

De acuerdo con la ley de Snell los rayos incidentes en un material refractante, serán desviados en distintos ángulos según sus longitudes de onda.

Un haz de luz blanca que incide en un prisma es separado en haces de distintos colores (espectro) de acuerdo con la desviación producida para cada longitud de onda.



Índice de refracción vs. longitud de onda en el vacío, para tres materiales: vidrio crown, acrílico y cuarzo fundido



Principio de Fermat (1650) del tiempo mínimo

Un rayo de luz que viaja entre dos puntos, lo hace siguiendo el camino que requiere el menor tiempo.

Como consecuencia, en un medio homogéneo la luz viaja en línea recta.

Pueden deducirse las leyes de la reflexión y de la refracción a partir de este principio.