

La Luz



Naturaleza de la luz

Introduciendo la luz

Rayos de luz

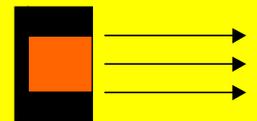
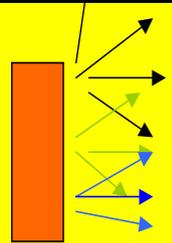
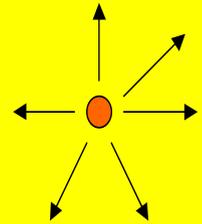
- Se reciben y no se emiten por los ojos
- Viajan en línea recta
- No necesitan un medio para propagarse
- Se disipan al atravesar un medio
- Existen medios en los que no hay propagación
- ¿Partículas u ondas?

Fuentes de luz: objetos a altas temperaturas, átomos excitados

fente puntual (a)

fente extensa (b) (cada punto es un emisor)

fuentes directas (reflectores, lázers)



¿Qué es la luz?

- **Newton:** la luz es un haz de **partículas**
- **Huygens:** La luz es una **onda**
- Debido a la gran fama de Newton su modelo de partículas se acepta hasta el siglo XVIII
- No se podía aceptar que una onda viajase en el vacío --> ¿Qué es lo que vibra?
- En el s. XIX se acepta el modelo ondulatorio
- **S. XX:** La luz tiene propiedades de onda y **partícula**

Dualidad Onda-Partícula

Ondas

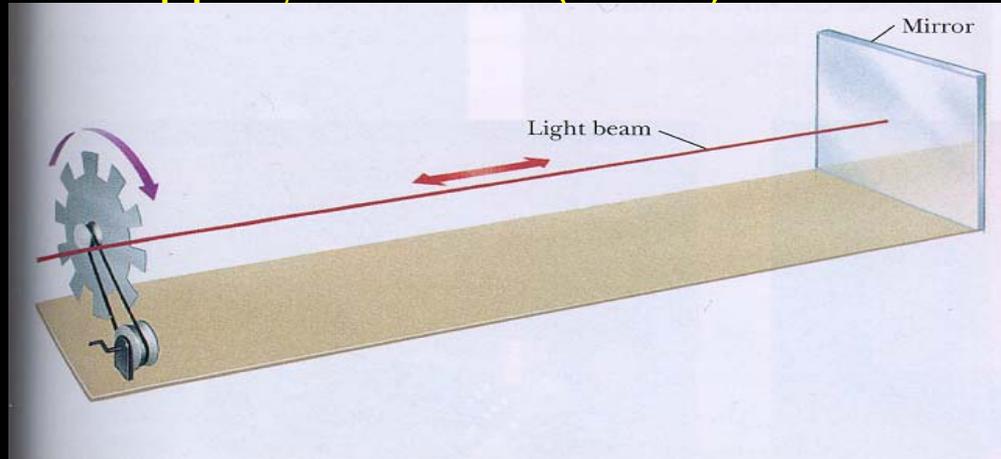
- Continuo, no local
- Longitud de onda
- Frecuencia
- Difracción-interferencia
- Ecuaciones de Maxwell

Partículas

- Discreto, localizado
- Energía
- Momento
- Efecto Compton
- Contador (geiger)
- Mecánica de Newton

Velocidad de la luz

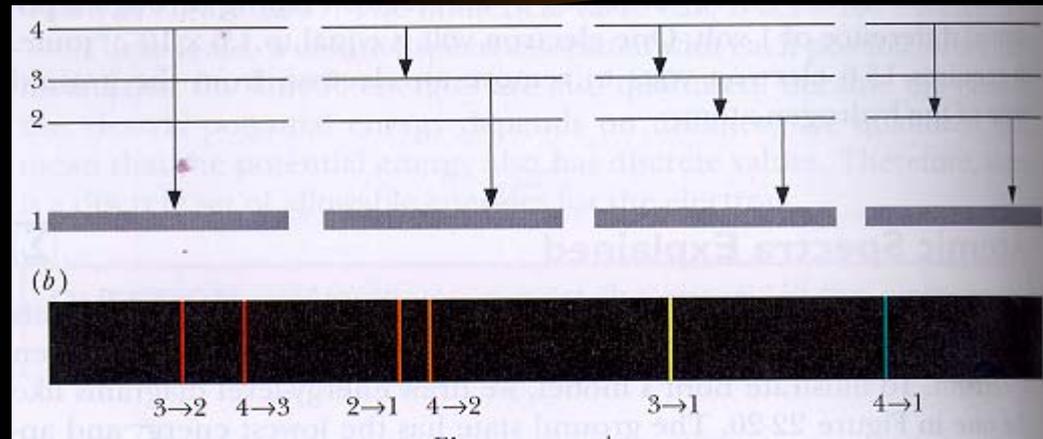
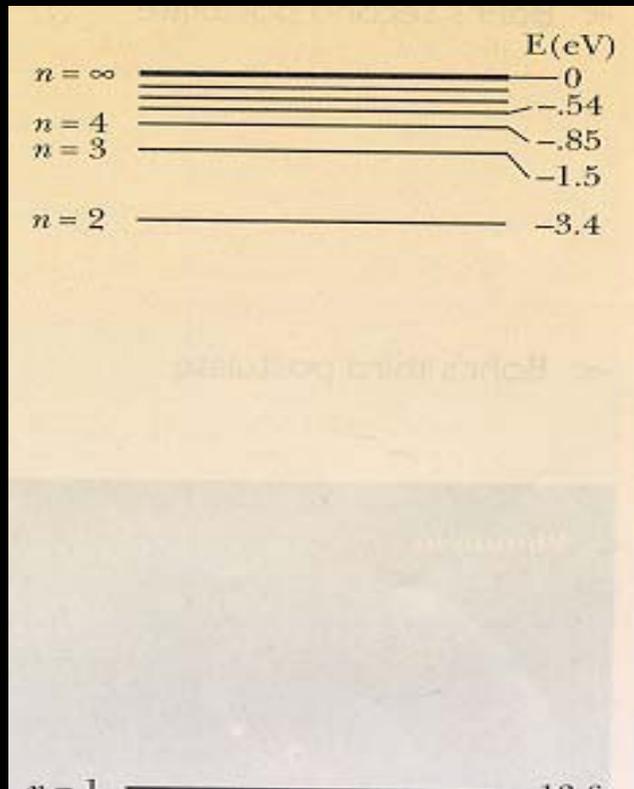
- Se consideró que tenía velocidad infinita
- Para medir la velocidad de la luz necesitamos:
 - fuentes potentes
 - largas distancias
 - medir intervalos de tiempo pequeños
- Aproximación Hippolyte Fizeau (1849)



- Velocidad en el vacío: $299,792,458 \text{ m/s}$ ($\sim 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)
- La velocidad es menor en otros medios
- La velocidad de la luz en el vacío es una constante universal: no depende de la velocidad relativa de la fuente y el observador-> relatividad especial de Einstein

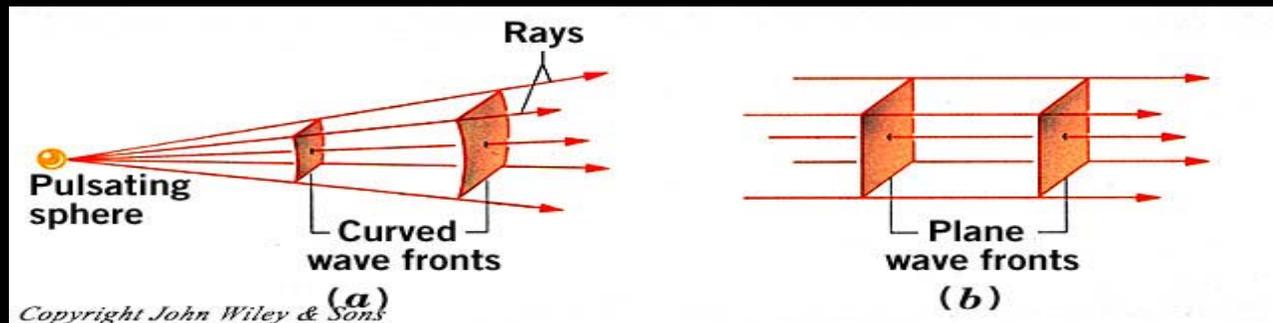
Espectros atómicos

- El modelo de Bohr explica la existencia de espectros
- Se deben a la excitación del electrón y a la vuelta a su nivel fundamental



Propagación de la luz:

- **Frente de ondas:** Puntos del espacio alcanzados por la onda en un tiempo fijo (se encuentran en la misma fase de vibración de la perturbación)
- **Rayo luminoso:** marca la dirección de propagación de la onda y es perpendicular al frente de ondas.

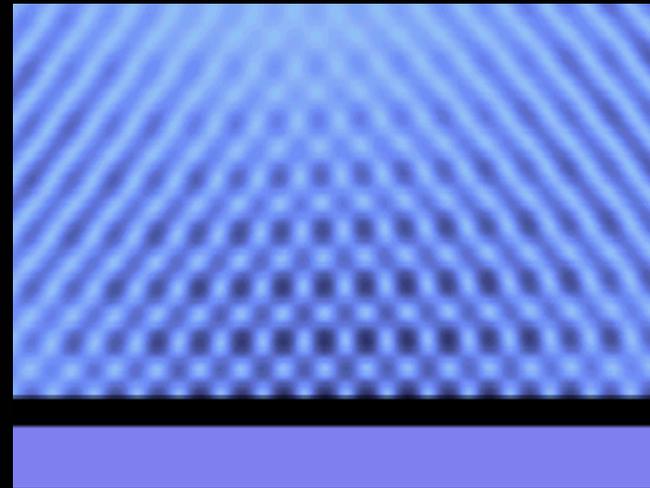


Propagación de la luz: Huygens y Fermat

- **Principio de Huygens:** Cada punto del frente de ondas puede considerarse como foco emisor de ondas secundarias. El nuevo frente de ondas será la envolvente de estas ondas. [Simulación](#)
- **Principio de Fermat:** Para ir de un punto a otro la luz se propaga por el camino óptico de tiempo mínimo

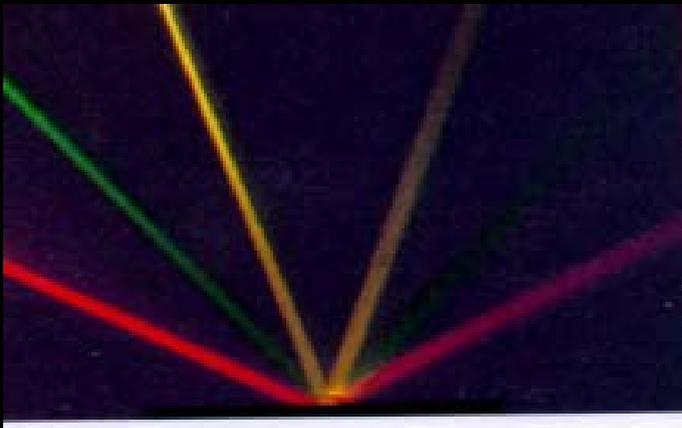
Reflexión

- La reflexión de la luz se puede explicar en un modelo de partículas
- Una partícula que choca elásticamente con una pared se refleja -
- Las ondas también se reflejan
 - ángulo de reflexión=ángulo de incidencia
- La reflexión de la luz nos indica su naturaleza



Reflexión de la luz

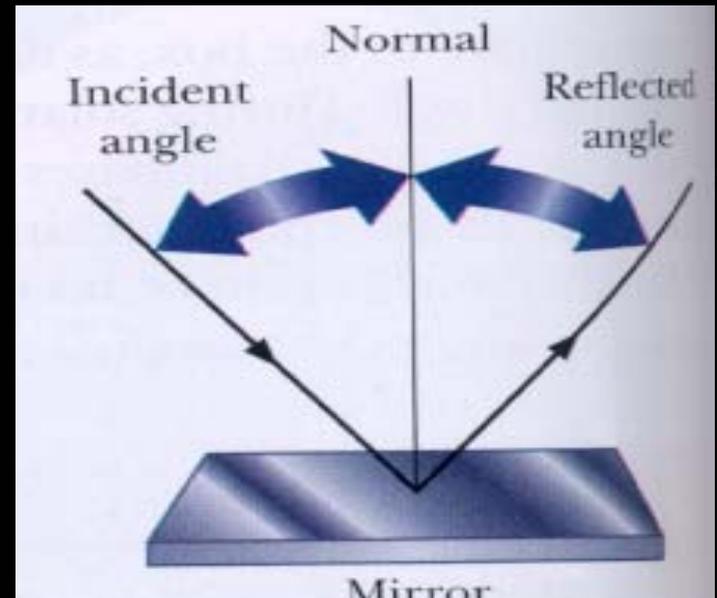
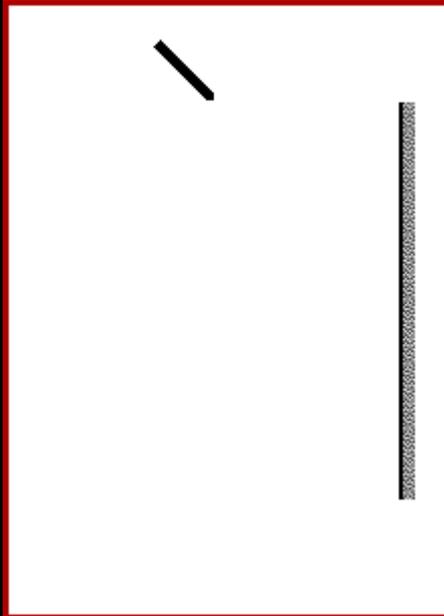
- Algunas cosas son visibles porque son fuentes de luz
- Otras, reflejan la luz
- Reflexión en superficies rugosas: reflexión difusa
- Reflexión en superficies suaves: reflexión especular
- Es independiente del color (frecuencia)



Reflexión de la luz: leyes

1. El ángulo de reflexión es igual al de incidencia

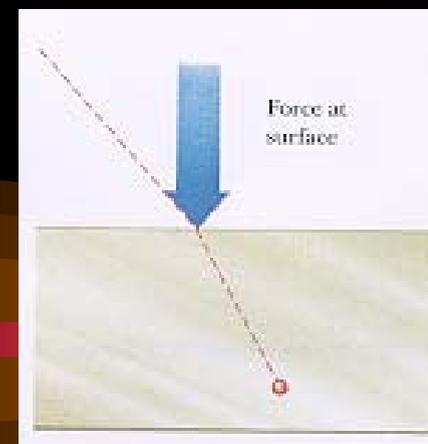
2. El rayo reflejado, la normal y el incidente están en el mismo plano



Refracción

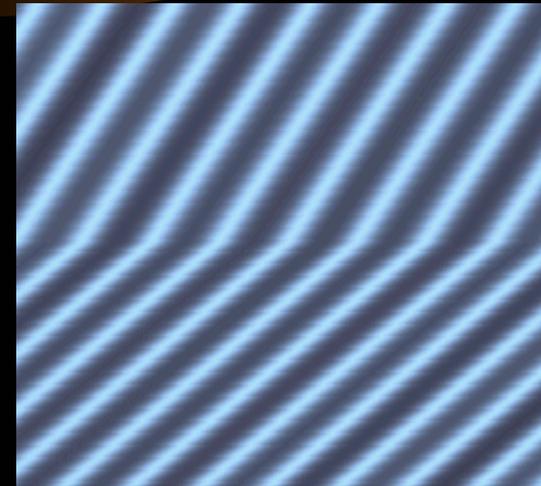
- Refracción según Newton:

- Las partículas experimentan una fuerza dirigida hacia el material
- La fuerza perpendicular hace acercarse a las partículas hacia la normal
- predice una relación entre el ángulo de refracción y el de incidencia



- Refracción como ondas:

- La frecuencia es la misma en los dos materiales
- La velocidad de la onda es diferente en los dos materiales $v=c/n$
- Cambia la longitud de ondas
- Existe una relación entre el ángulo de incidencia y el de refracción:



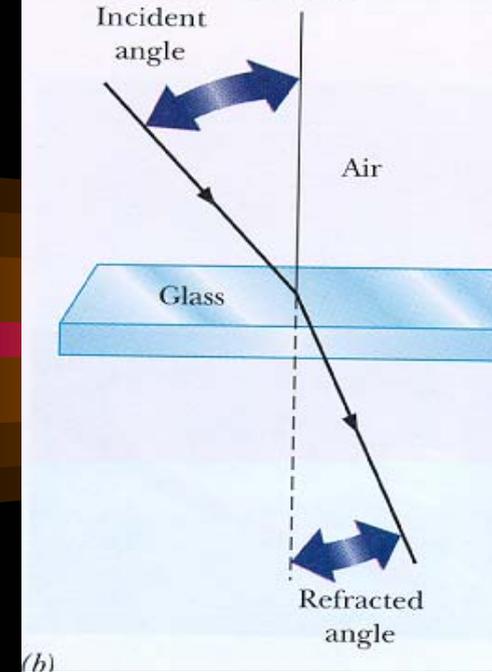
→ $\sin(\alpha_1) n_1 = \sin(\alpha_2) n_2$

Índice de Refracción

- Cuando la luz pasa de un material a otro cambia de dirección: refracción
- Depende de las propiedades ópticas de los dos medios --> caracterizadas por su índice de refracción: n
- n es un número: $n=1$ para el vacío, $n=1.33$ agua, $n=2.42$ diamante, $n=1.5-1.9$ vidrio
- El índice de refracción define la velocidad de la luz en el medio $v=c/n$

Conceptos geométricos:

- rayo incidente
- rayo refractado
- normal en el punto de incidencia
- ángulo incidente
- ángulo refractado

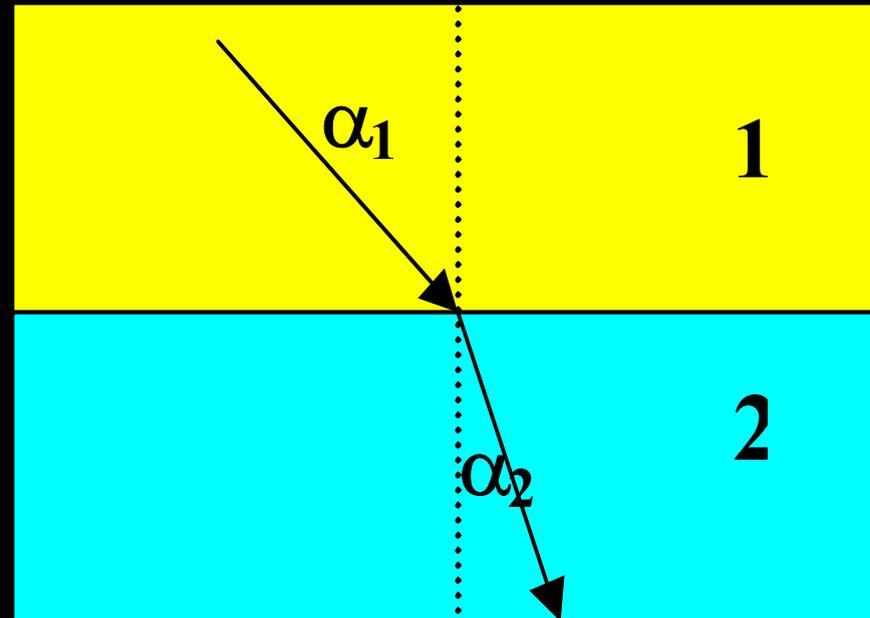


Las leyes de la refracción de Snell

- Si la luz viaja del material 1 con índice de refracción n_1 al material 2 con índice de refracción n_2 , las siguientes leyes determinan la dirección del rayo refractado:

El rayo incidente, la normal al punto de incidencia y el rayo refractado están todos en el mismo plano

$$\sin(\alpha_1)n_1 = \sin(\alpha_2)n_2$$

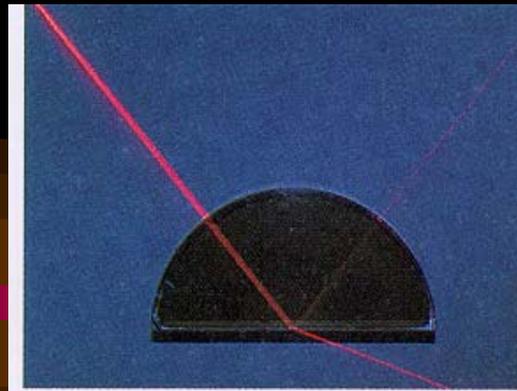


Reflexión interna total

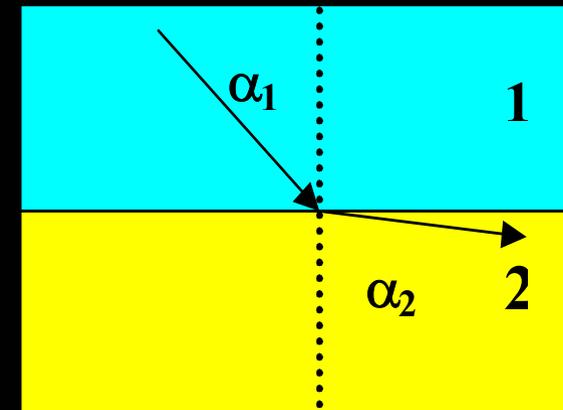
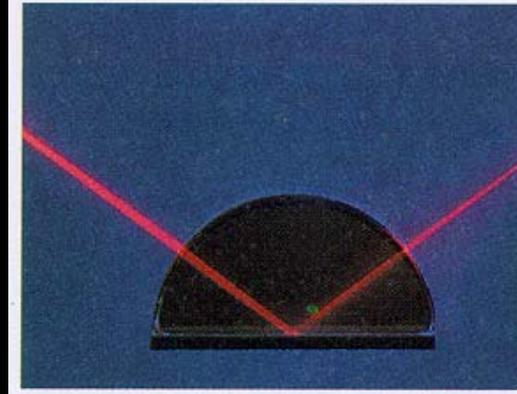
- En la superficie de contacto de dos materiales aparecen la reflexión y la refracción
- Bajo ciertas condiciones no hay refracción --> ¡La reflexión es total!
- Sucede cuando la luz pasa a un medio con un índice de refracción menor y el ángulo de incidencia es mayor que un cierto ángulo crítico

$$n_2 < n_1, \quad \alpha_1 \geq \alpha_c \Rightarrow \alpha_2 = 90^\circ$$

$$\sin \alpha_c = \frac{n_2}{n_1}$$



(a)



Ejemplos de reflexión total

- **Refracción Atmosférica**

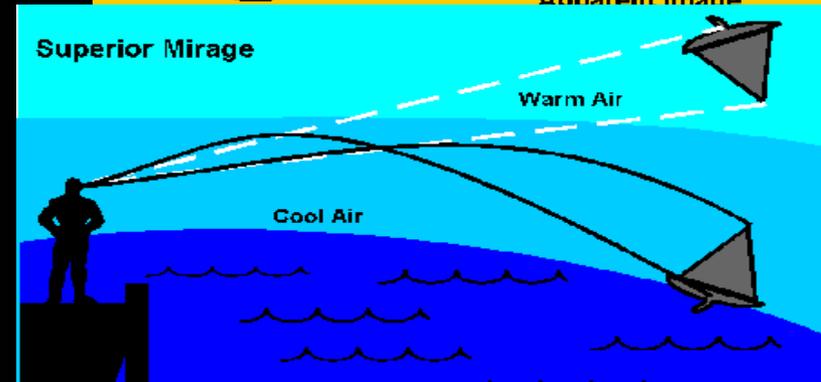
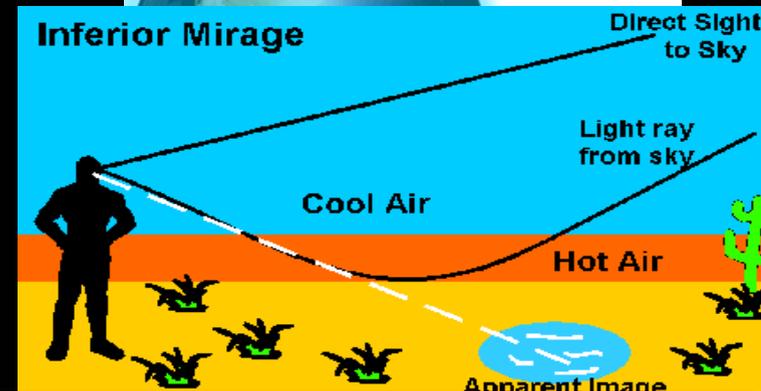
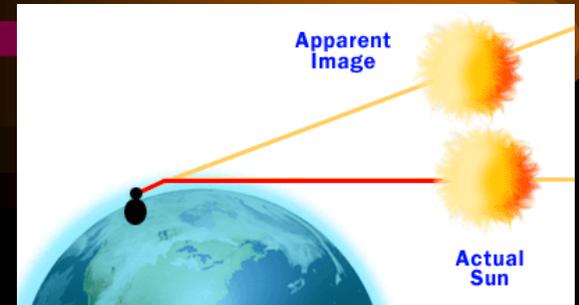
- La atmósfera está hecha con capas de diferente densidad y temperatura

- > Tienen diferente índice de refracción --> la luz se refracta

- distorsión de la forma de la Luna o el Sol en el horizonte

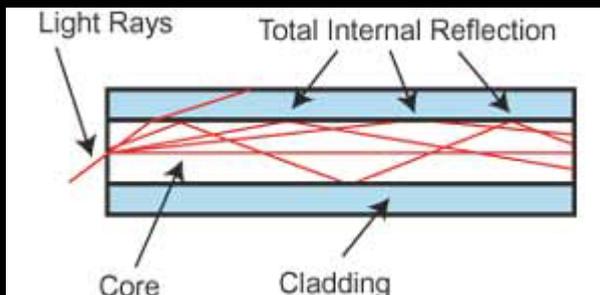
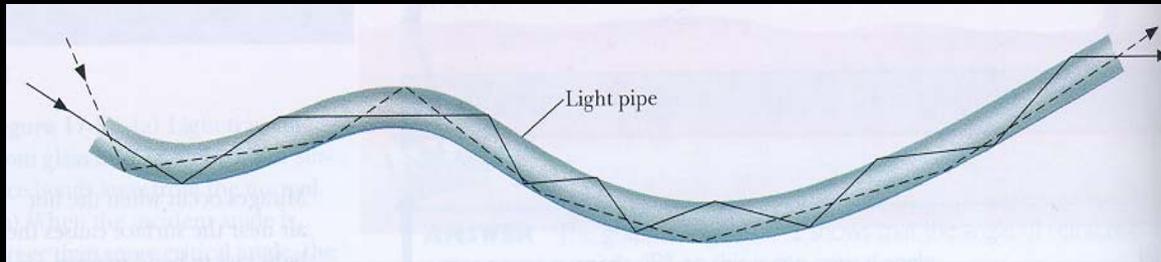
- Posición aparente de las estrellas diferente de la real

- Si la luz va de capas de índice de refracción mayor a índice de refracción menor --> reflexión total: espejismos



Reflexión total: fibra óptica

- **Guías de luz:** son fibras ópticas usadas en comunicación, medicina, ciencia, decoración, fotografía....

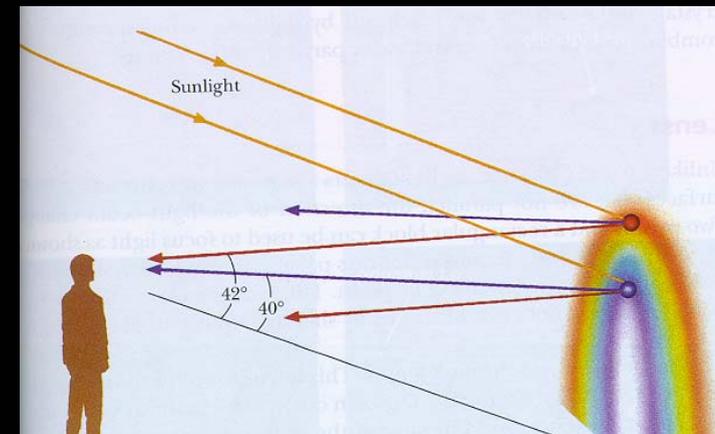
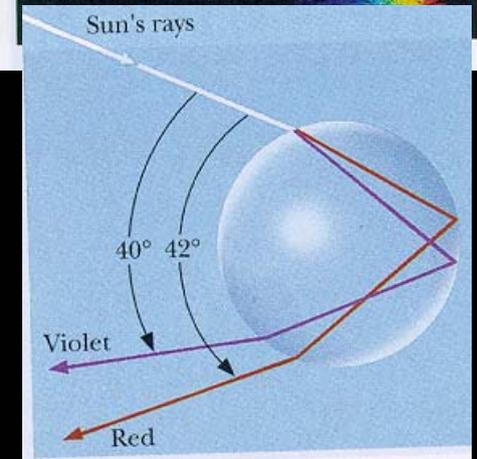
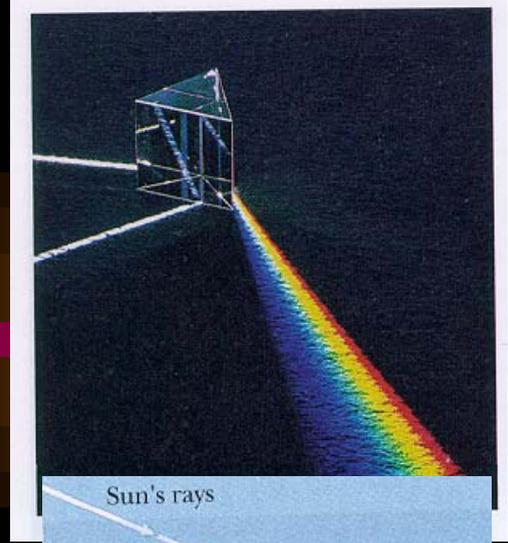


Dispersión

- El índice de refracción de un medio depende de la frecuencia del rayo de luz

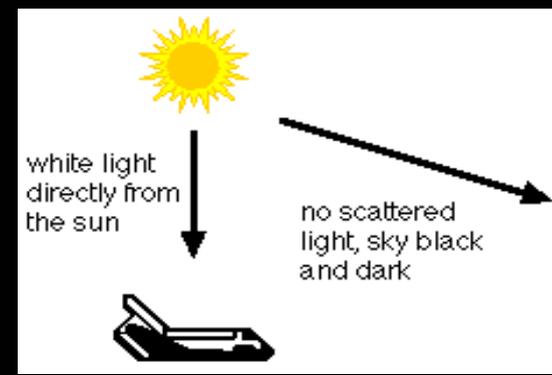
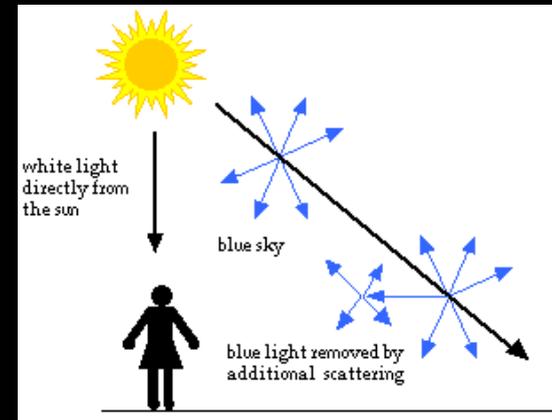
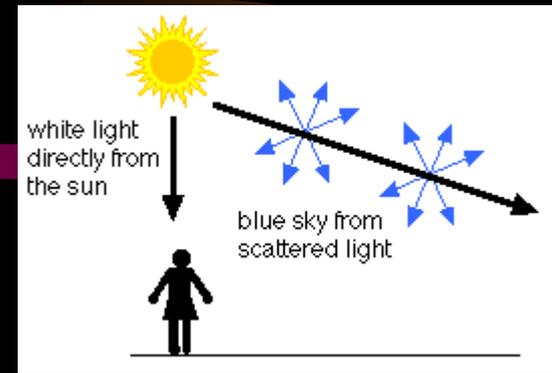
$$n_{\text{viol.}} > n_{\text{rojo}}$$

- La luz violeta se refracta más que la roja
- Se puede descomponer la luz blanca en sus componentes: prismas, arco irís...



Curiosidades I

- El cielo es azul porque las moléculas de aire dispersan (absorben y emiten) las longitudes de onda cortas (azules y violetas).
- En el horizonte se ve más blanco debido a que parte de la luz azul se ha ido en otras direcciones.
- El sol se observa amarillo porque la atmósfera ha dispersado los azules y violetas.
- En el espacio exterior, sin atmósfera, el cielo es negro (no hay dispersión) y el sol es blanco (se ven todas las longitudes de onda)



Curiosidades II

- Al atardecer o al amanecer la luz del sol debe hacer un largo recorrido a través de la atmósfera hasta llegar a nuestros ojos → gran parte de la luz azul e incluso verde se refleja y se dispersa → quedan los tonos naranjas y rojos. Pueden darse otras tonalidades si en el aire hay moléculas de agua o polvo.

