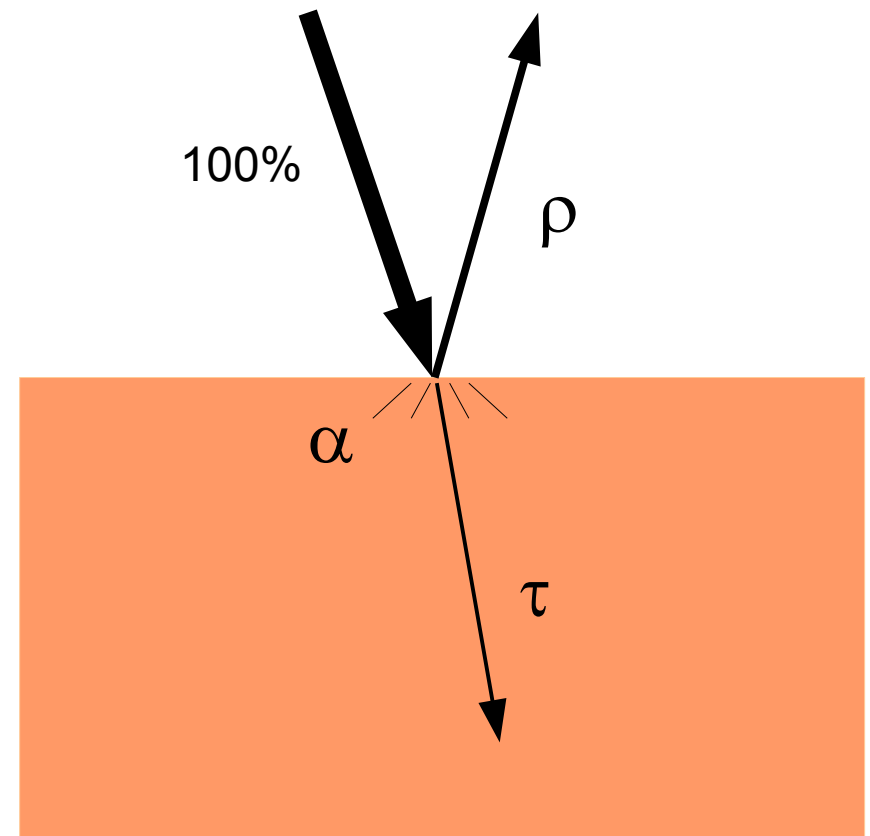




Manipulación de la Luz

Manipulación de la Luz

- Materiales
 - opacos
 - traslúcidos
 - espejos
- Se definen coeficientes
 - absorción: $\alpha(\lambda)$
 - transmisión: $\tau(\lambda)$
 - reflexión: $\rho(\lambda)$



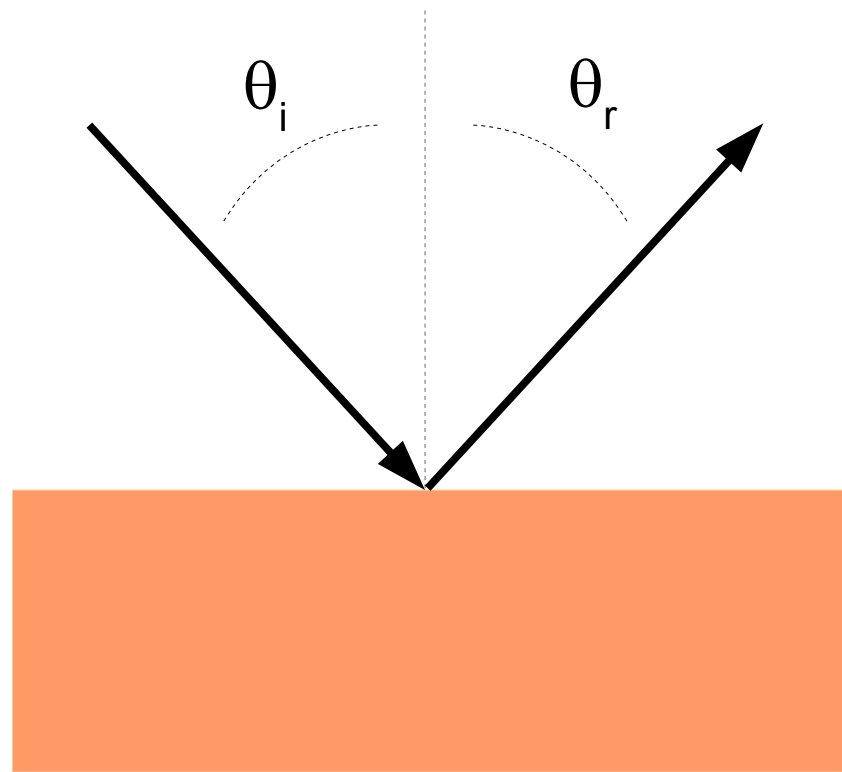
Manipulación de la Luz

- Absorción
 - calor
- Veamos como ocurren los otros efectos

Reflexión de la Luz

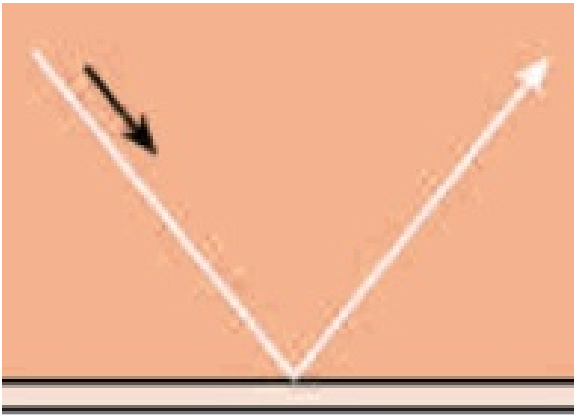
Manipulación de la Luz

- **Reflexión (especular)**
- ángulo de incidencia = ángulo de reflexión
- superficies pulidas

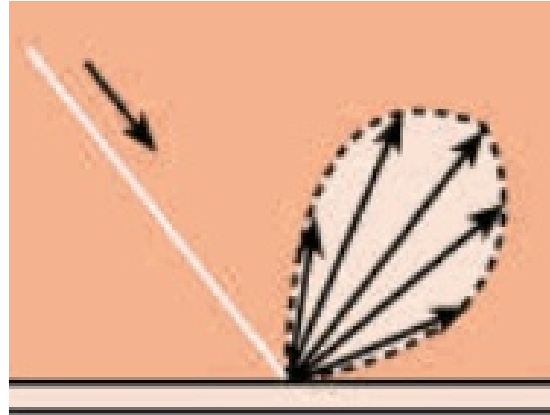


Manipulación de la Luz

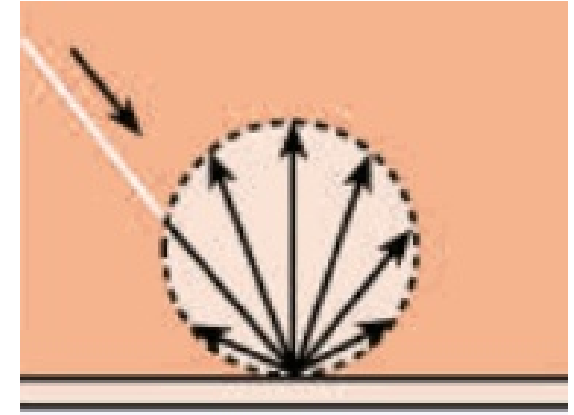
- **Reflexión difusa**
- Superficie irregular, no pulida



Reflexión especular
(superficie pulida)



Reflexión dispersa
(superficie rústica)



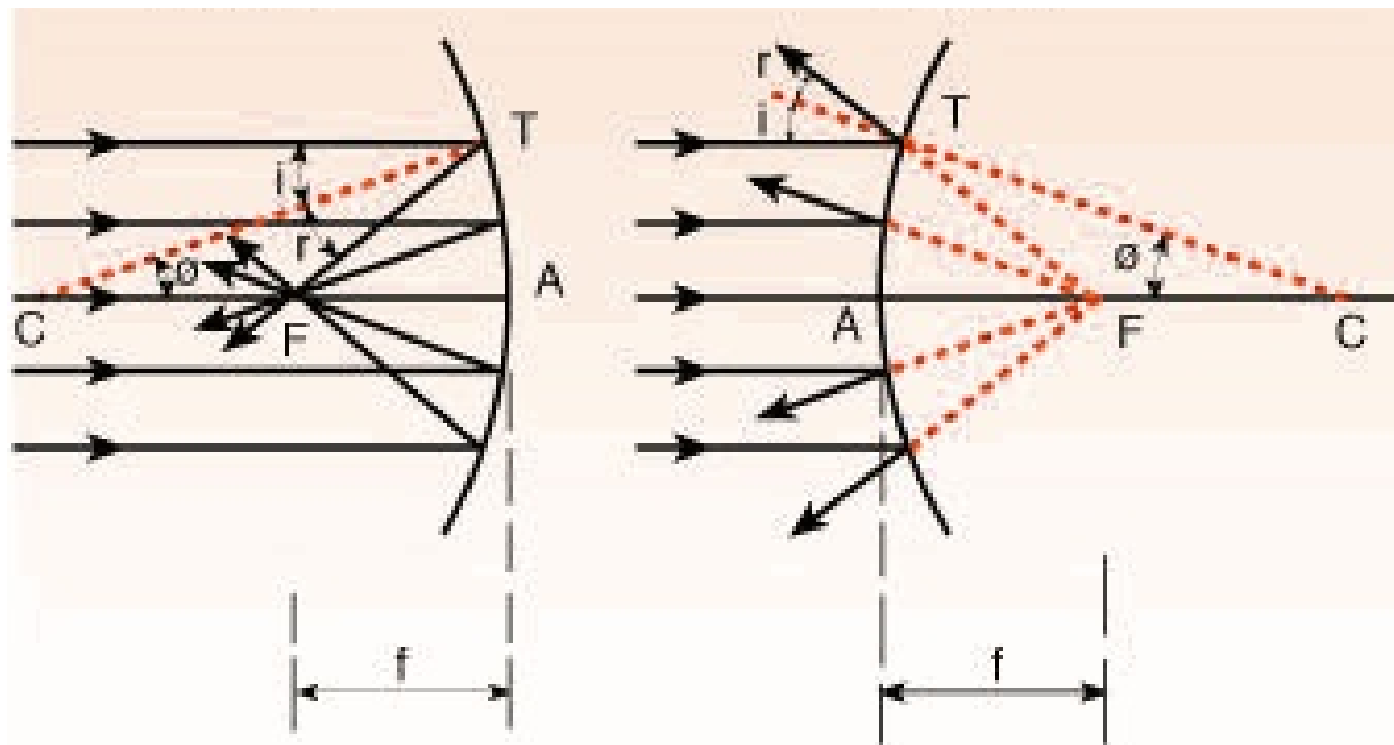
Reflexión difusa
(superficie mate)

- Superficies reales: una combinación de estas

Manipulación de la Luz

- **Espejos**

- Planos
- Cóncavos
- Convexos

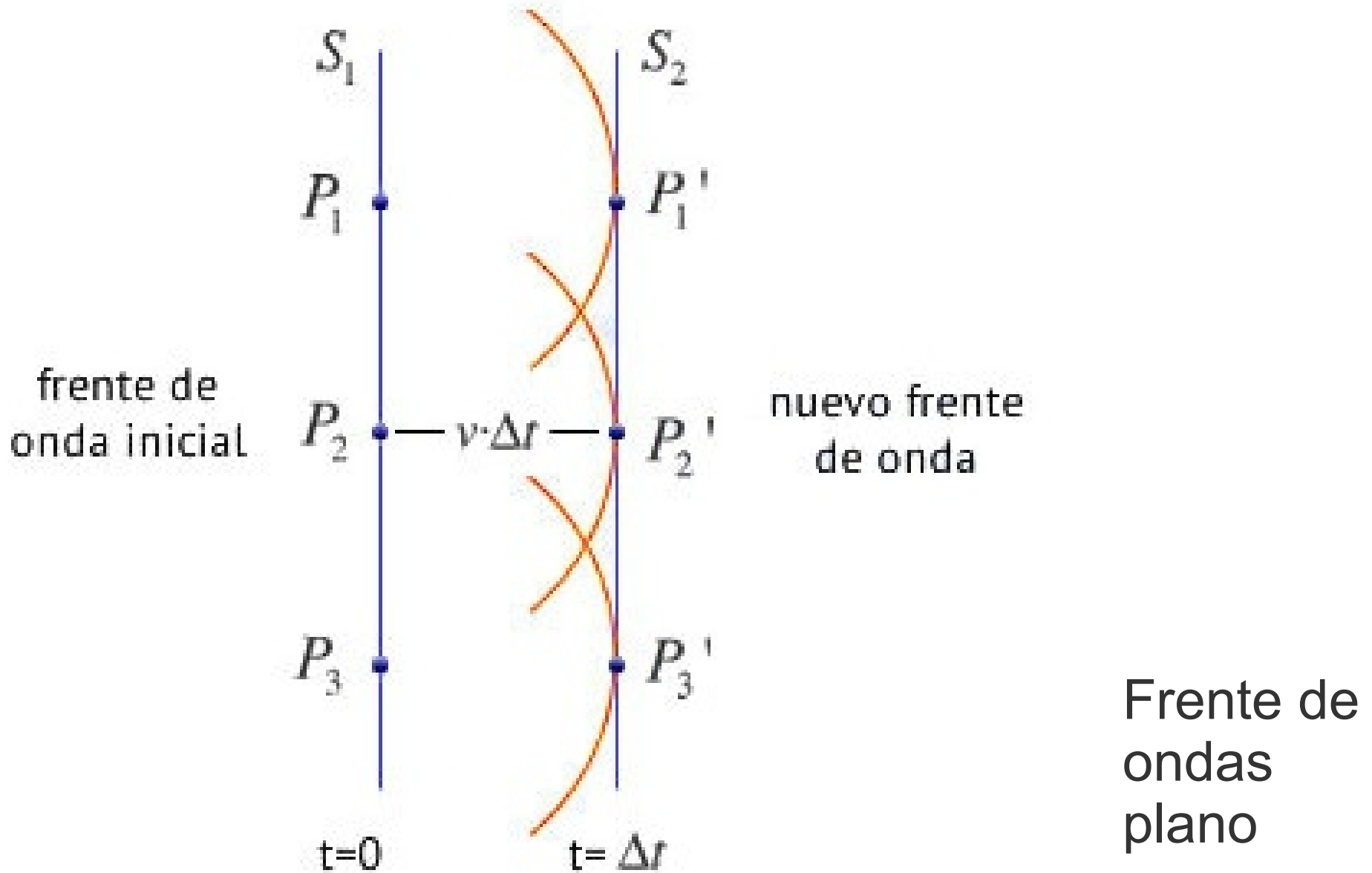


Manipulación de la Luz

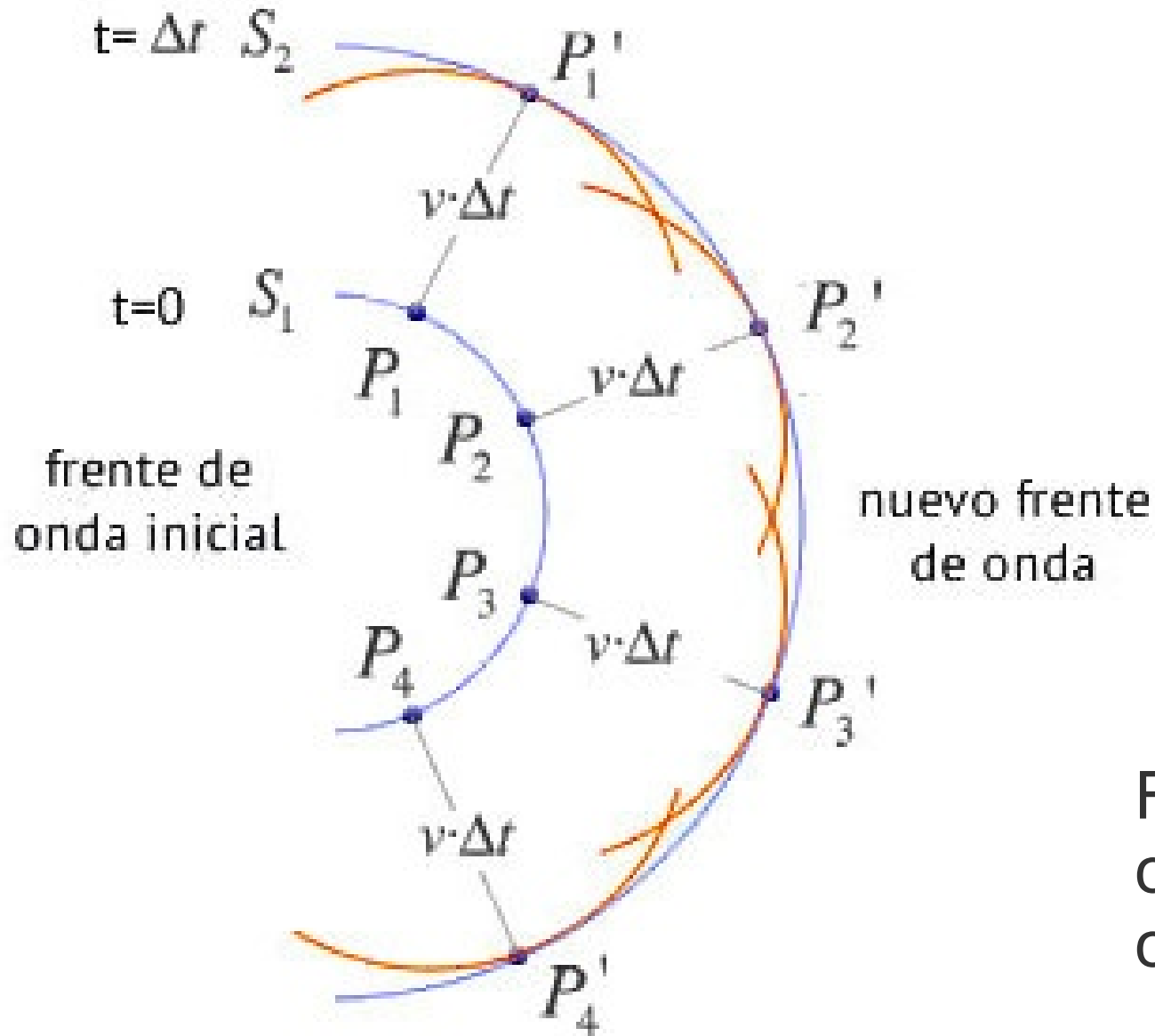
- **Refracción**
- *Principio de Huygens-Fresnel*
 - enfoque geométrico
 - Kirchoff (s. XIX) *mostró que se deduce de las Ecs. de Maxwell*
- Propagación
 - frente de ondas:
en cada instante puede verse como una fuente secundaria de nuevas ondas



Manipulación de la Luz

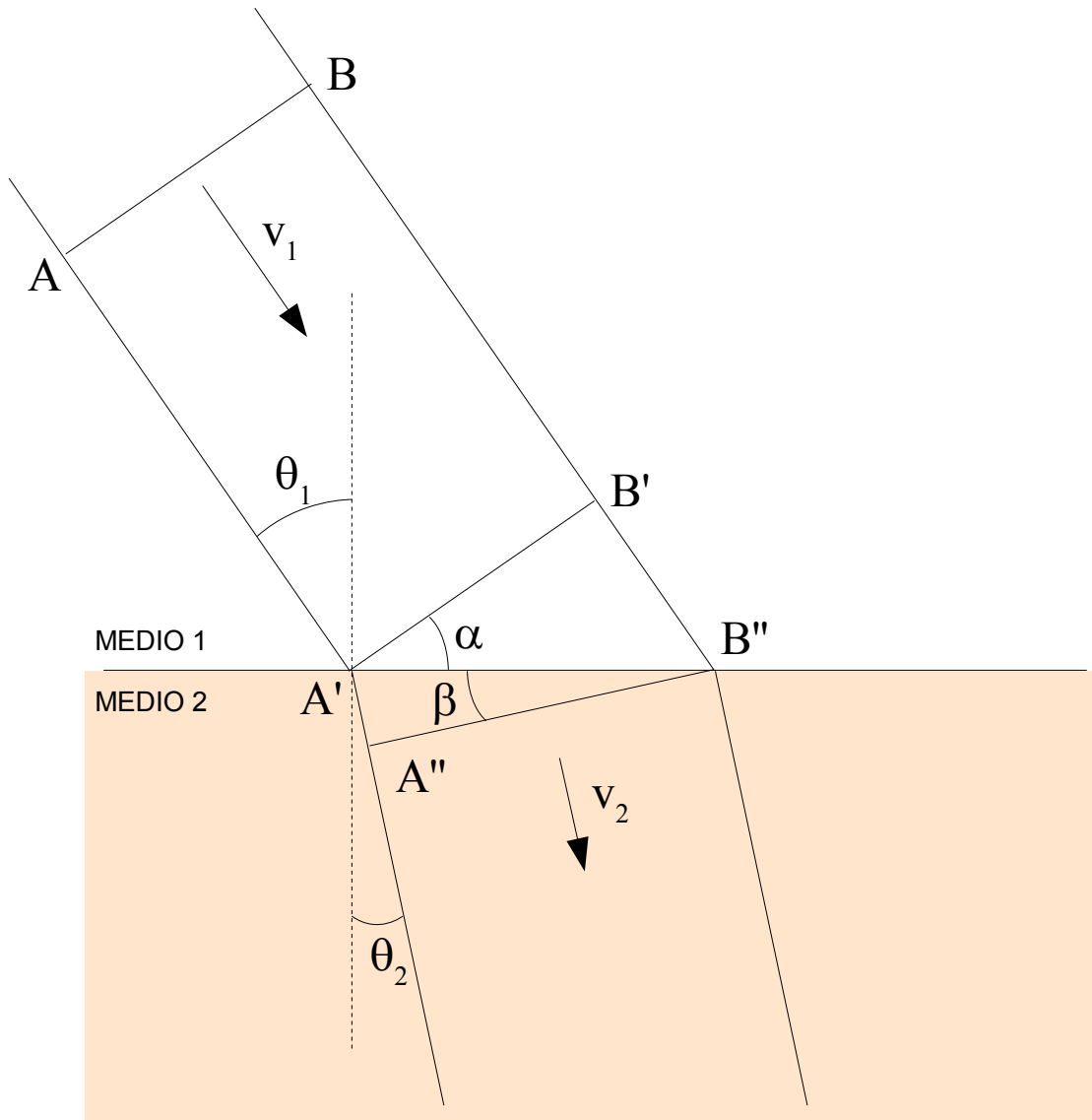


Manipulación de la Luz



Frente de ondas circular (esférico o cilíndrico en 3D)

Manipulación de la Luz



Frente AB avanza a v_1

Tiempo $A'A'' = \text{tiempo } B'B'' = \Delta t$

Distancia $A'A'' = \Delta t v_2$

Distancia $B'B'' = \Delta t v_1$

$A'A''$

$\frac{\text{---}}{\text{---}} = \text{sen } \beta = \text{sen } \theta_2$

$A'B''$

$B'B''$

$\frac{\text{---}}{\text{---}} = \text{sen } \alpha = \text{sen } \theta_1$

$A'B''$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{ley de Snell})$$

Manipulación de la Luz

- Ley de Snell

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1} \quad \rightarrow \quad n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

- A partir de los índices de refracción (cociente de velocidades), permite calcular el ángulo de refracción
 - para esos medios y esa longitud de onda

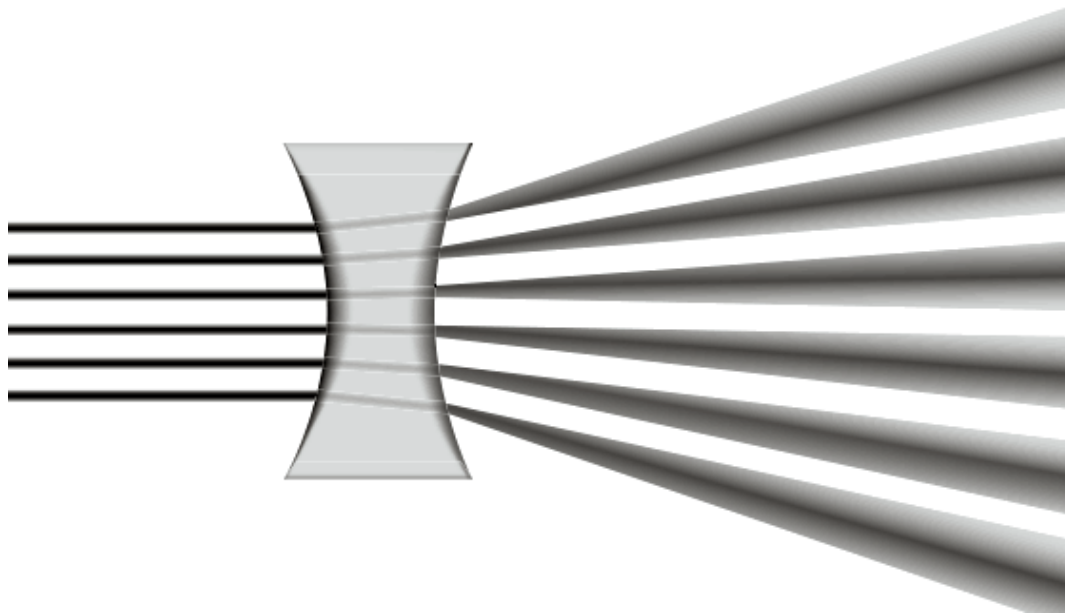
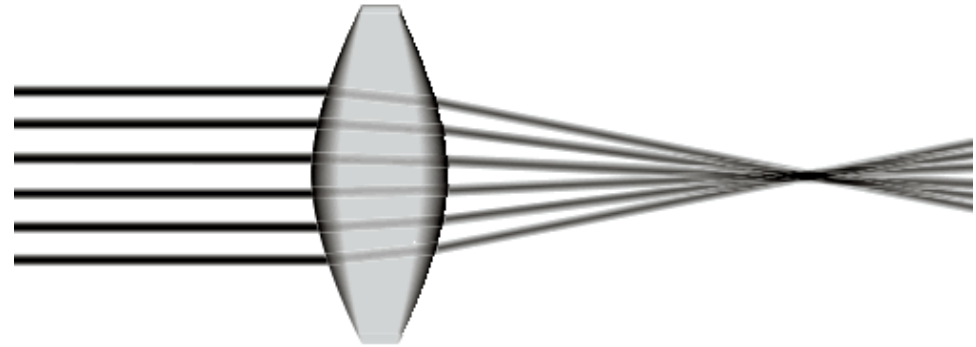
Ejercicio⁽⁷⁾ (para después de clase)

Usar el principio de Huygens-Fresnel para probar la ley de reflexión, ya vista.

Manipulación de la Luz

- Lentes

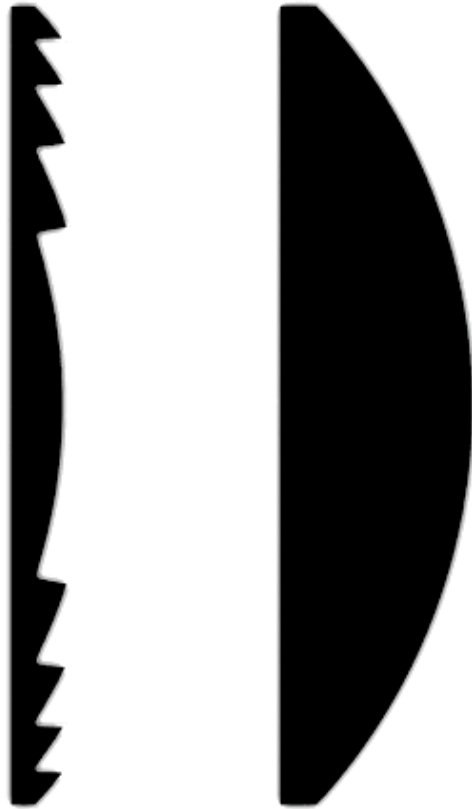
Lente convergente
(biconvexo)



Lente divergente
(bicóncavo)

Manipulación de la Luz

- Lentes



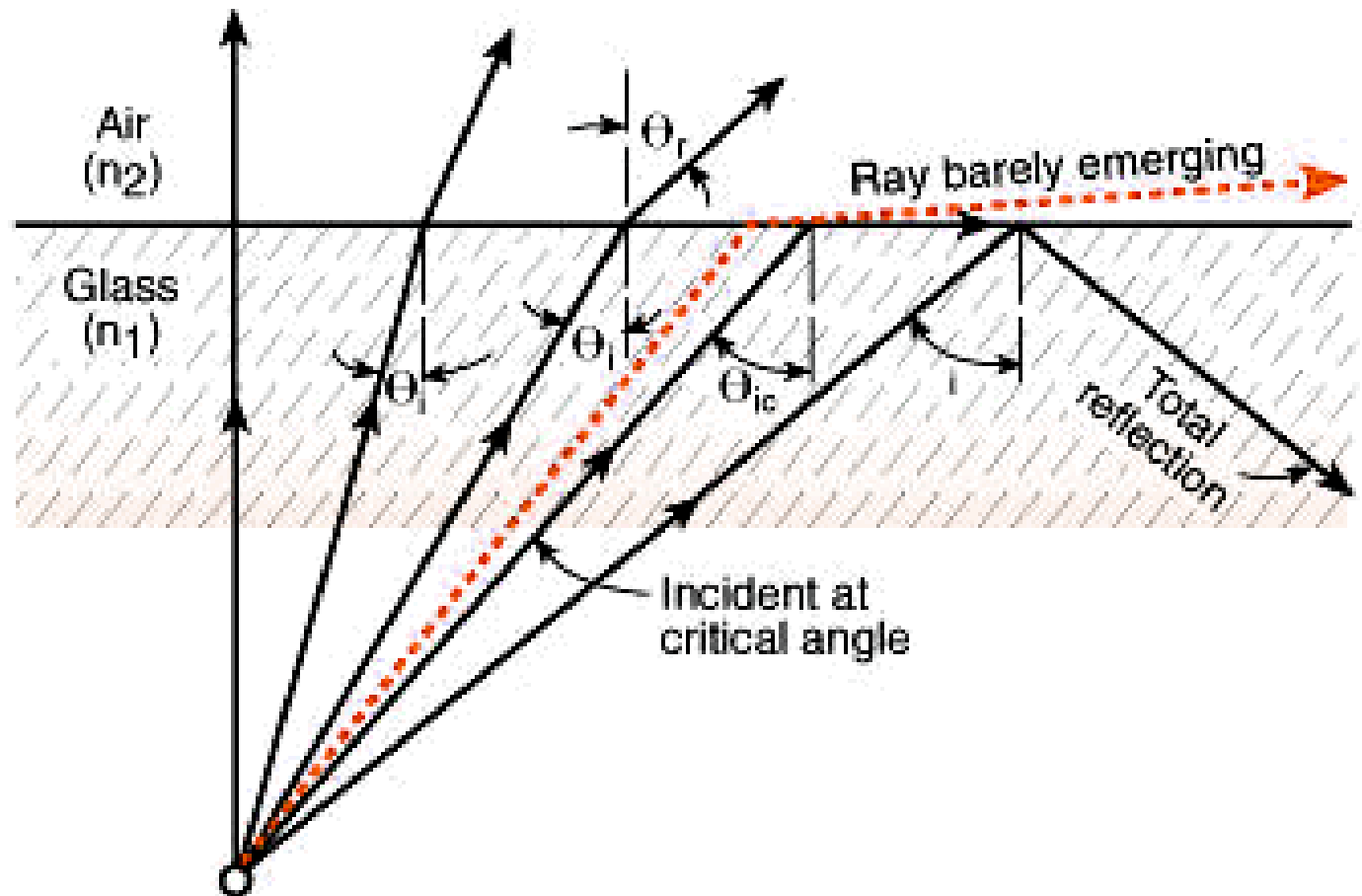
Lente de Fresnell

*Ahorro de material a costa de discontinuidades
(afectación mínima en la
dirección principal)*

Manipulación de la Luz

- **Reflexión total**
- Puede ocurrir al pasar de un medio ópticamente mas denso a uno menos denso

- $\theta_i > \theta_{i, \text{crítico}}$



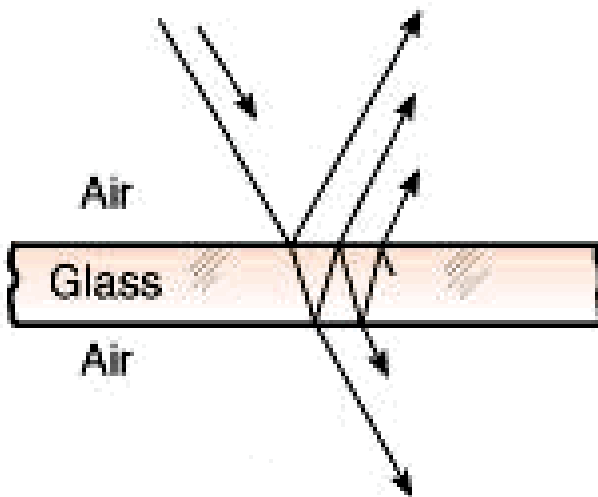
Manipulación de la Luz

- **Reflexión total**
- La pared interna de un material transparente puede operar como espejo

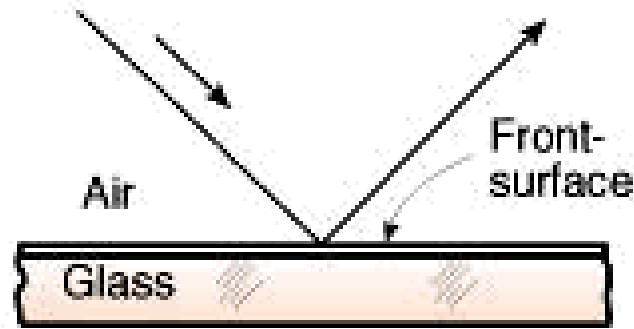


Manipulación de la Luz

- Tipos de espejos

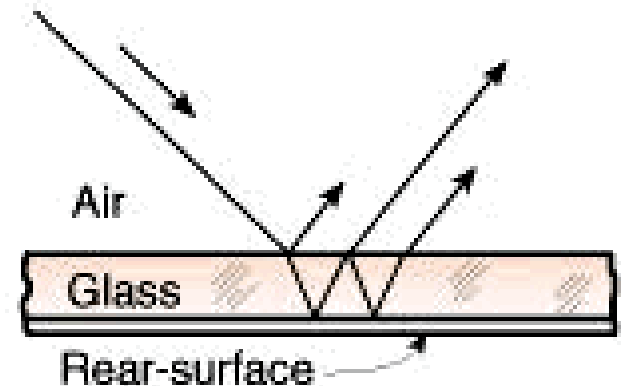


Vidrio: hay reflexión y transmisión, interferencias en ambas



Capa reflectora en superficie exterior

Ej.: Espejo para telescopio



Interferencias en la reflexión

Ej.: Espejo común

Manipulación de la Luz

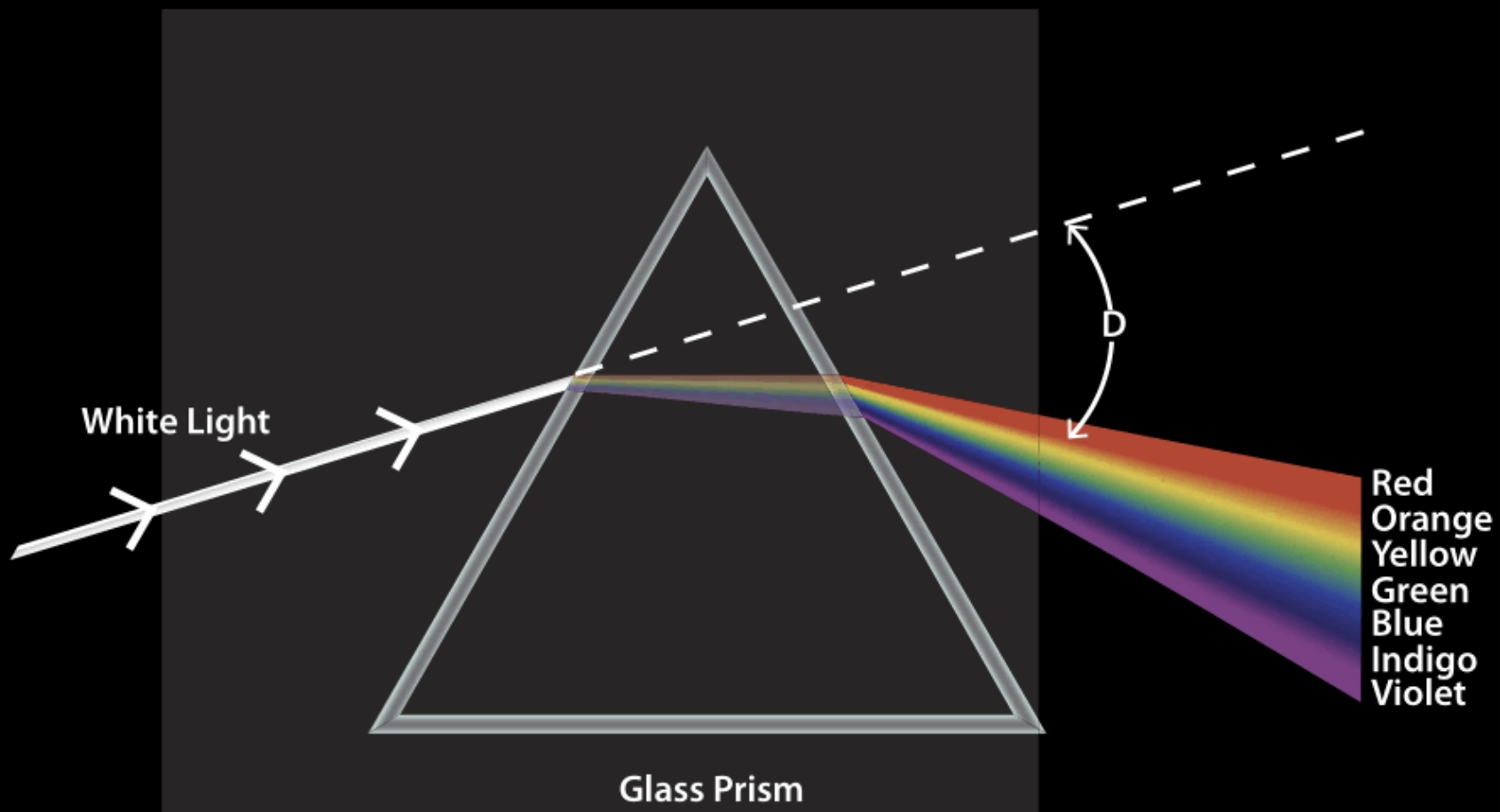
- **Tipos de transmisión**
- Directa
 - solo afectada por las interferencias de la refracción
- Difusa
 - se dispersa en todas las direcciones al atravesar
- Mixta
 - situación intermedia

Manipulación de la Luz

- **Transmisión / reflexión / absorción selectivas**
- Ocurren cuando solo algún o algunos colores pasan o se reflejan, como vimos al tratar el tema color

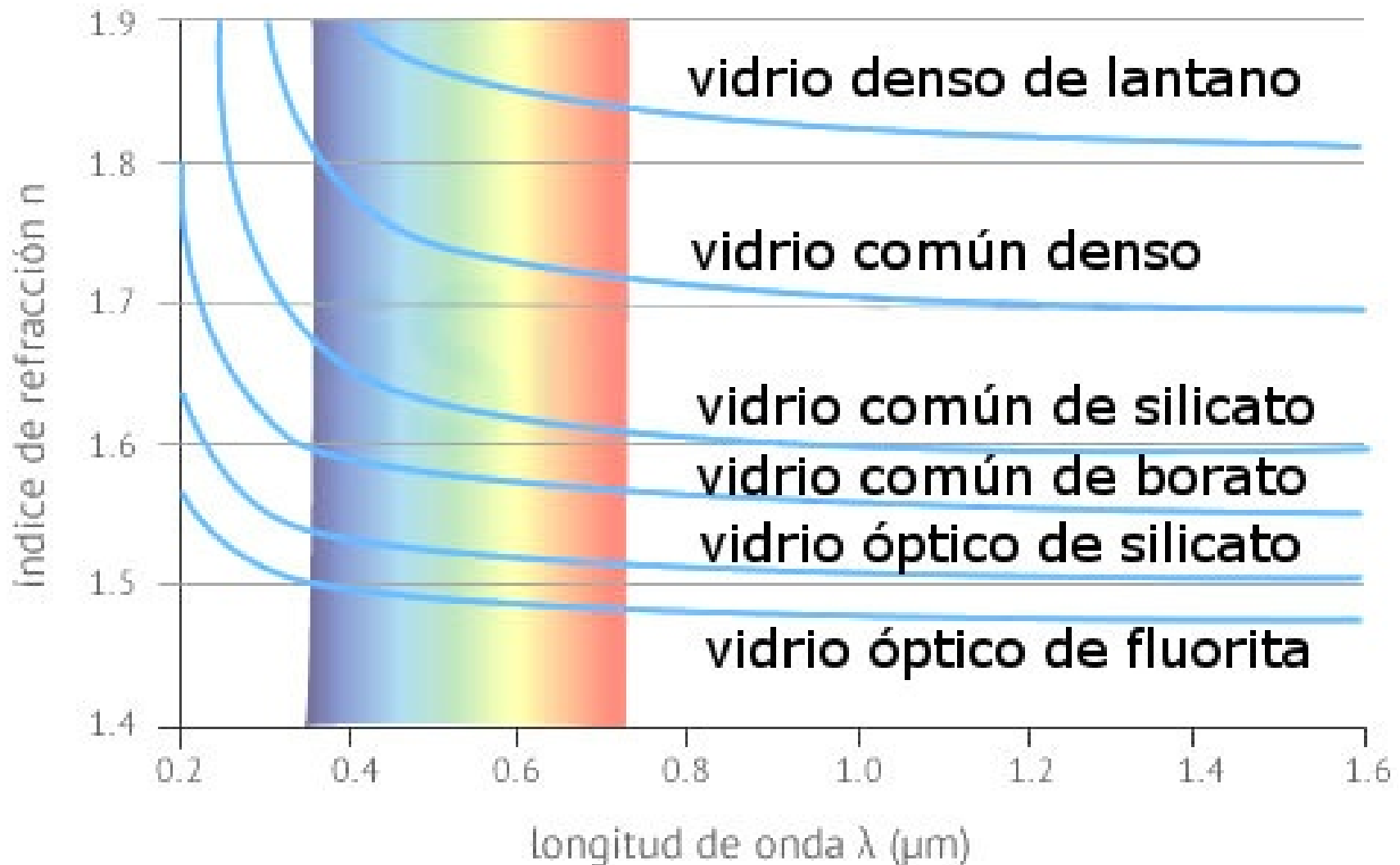
Manipulación de la Luz

- **Dispersión**
- Índices de refracción distintos para cada λ



Manipulación de la Luz

- $n(\lambda)$ para varios tipos de vidrio



Manipulación de la Luz

- **Dispersión**
- Utilizado en espectroscopía
- Se trata de evitar en
 - óptica
 - iluminación
 - transmisión por fibra óptica
 - etc.

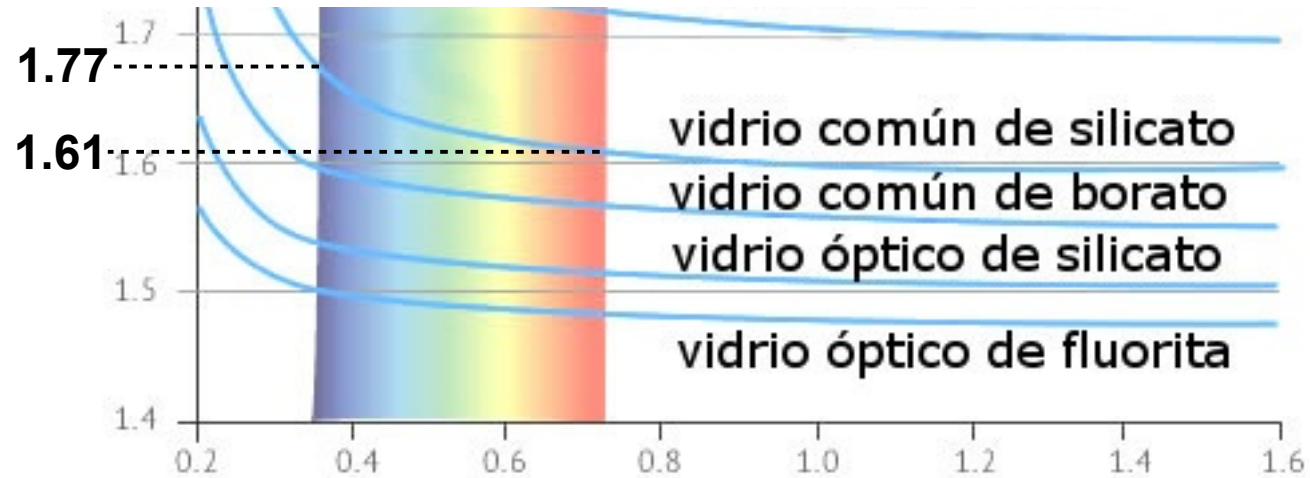


Ejercicio



Ejercicio⁽⁸⁾

- Un haz de luz blanca incide en un vidrio común de silicato con un ángulo de 45°
- Hallar la diferencia entre los ángulos de refracción de los dos extremos del espectro visible (rojo, violeta)



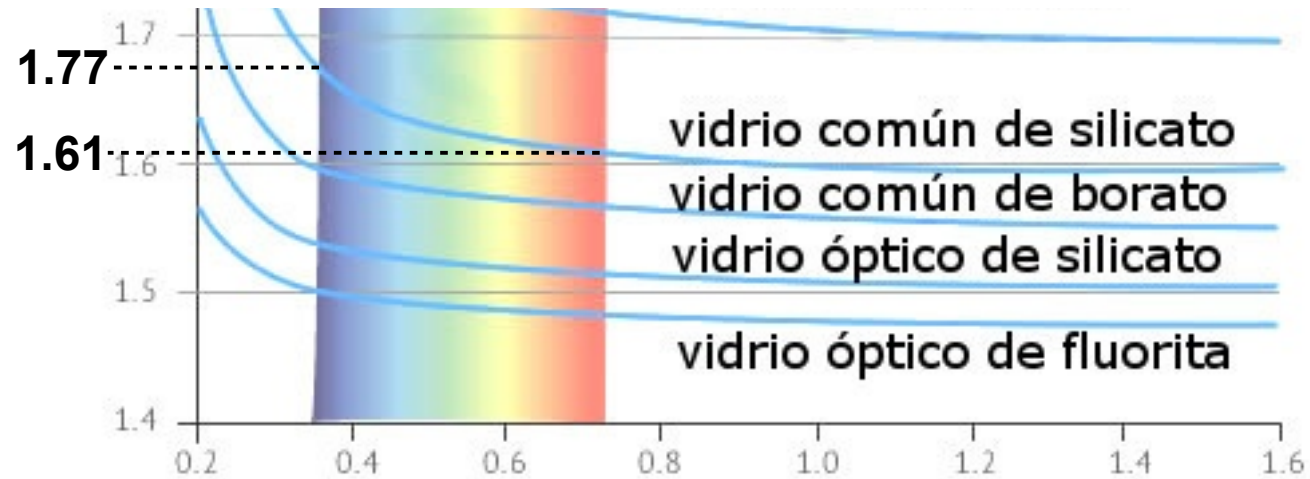
Recordar la ley de Snell

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$



Resolución

- $n_r = 1.61$
- $n_v = 1.77$



Recordar la ley de Snell

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$

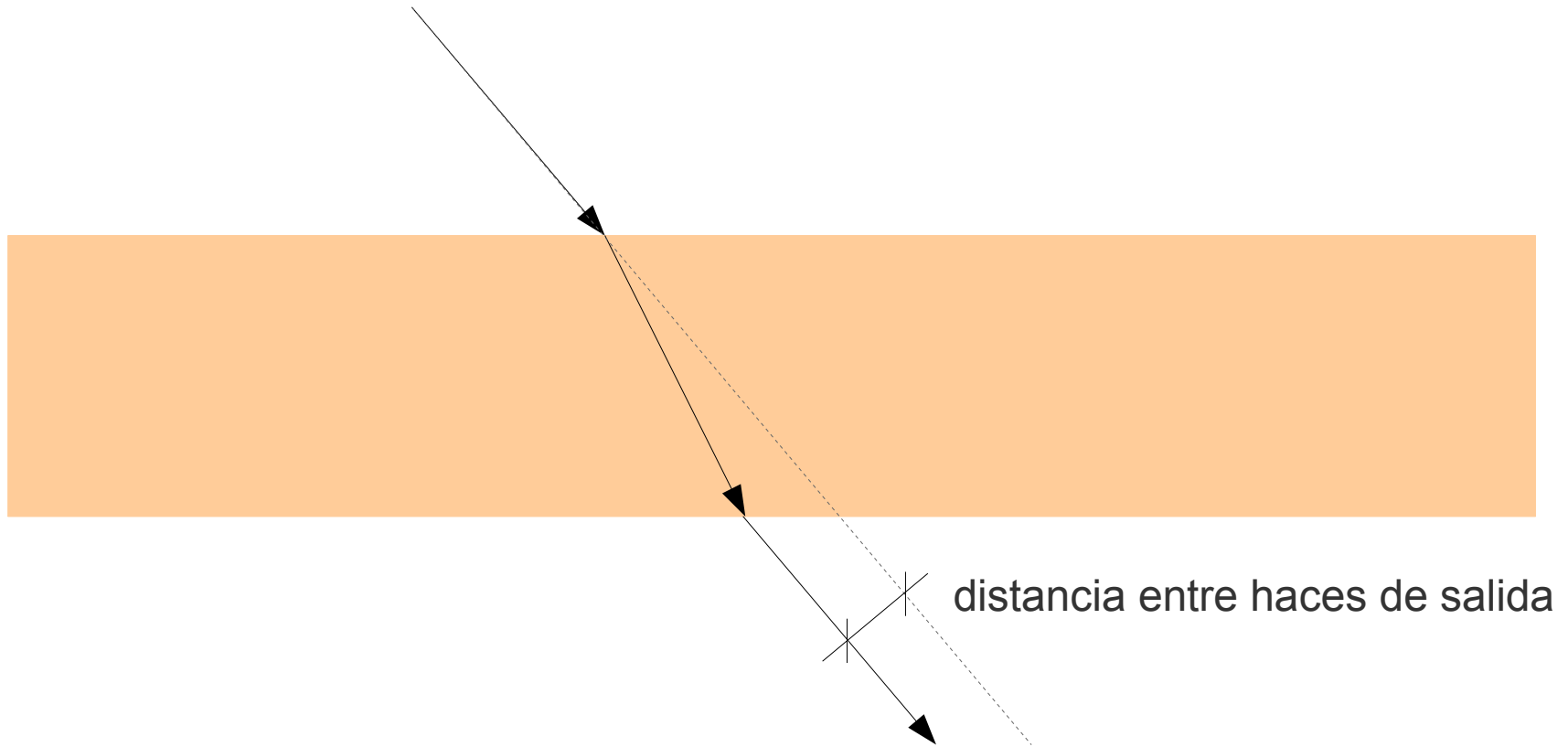


Ejercicio



Ejercicio⁽⁹⁾

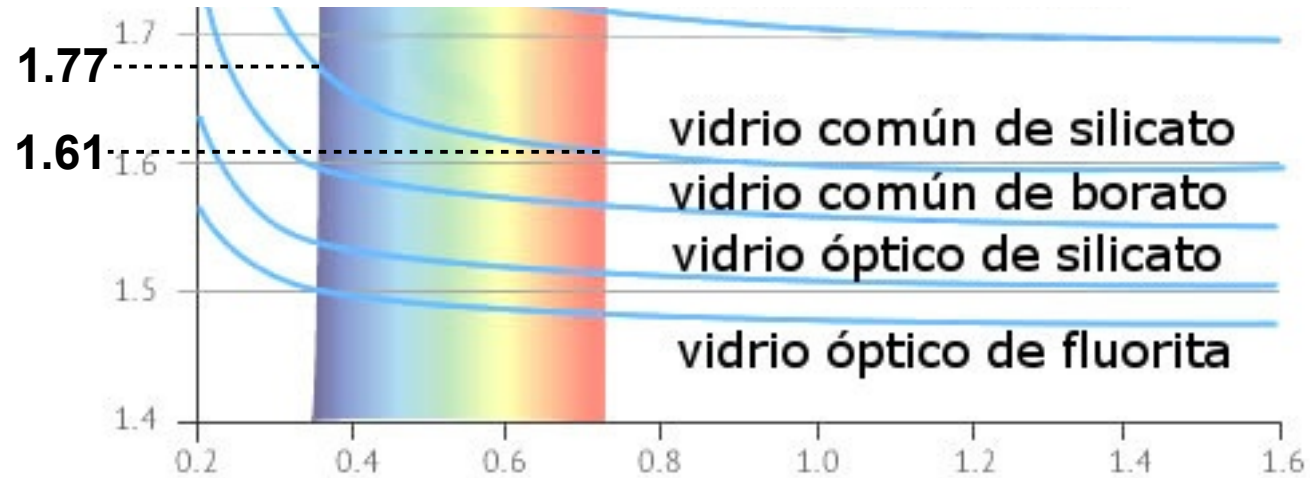
- Cuando un haz atraviesa un medio, el haz de salida conserva la dirección





Ejercicio⁽⁹⁾

- Un haz de luz blanca incide en un vidrio común de silicato con un ángulo de 45°
- El vidrio es plano con un espesor de 4 mm
- Hallar la distancia entre los rayos rojo y violeta a la salida del vidrio



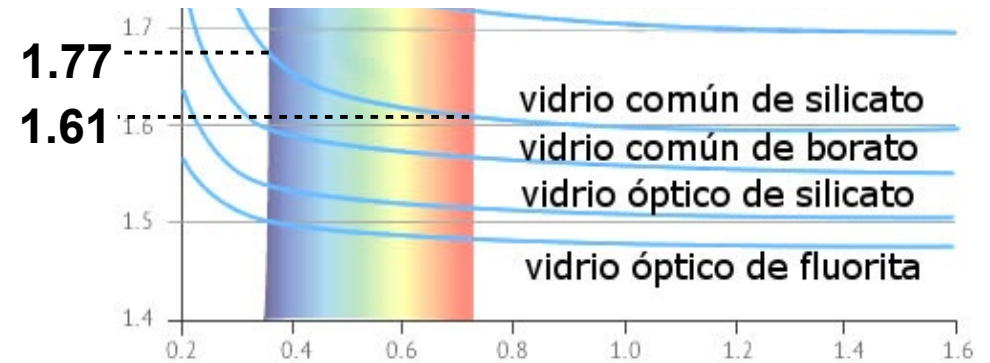
Recordar la ley de Snell

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$



Resolución

- $n_r = 1.61$
- $n_v = 1.77$



Recordar la ley de Snell

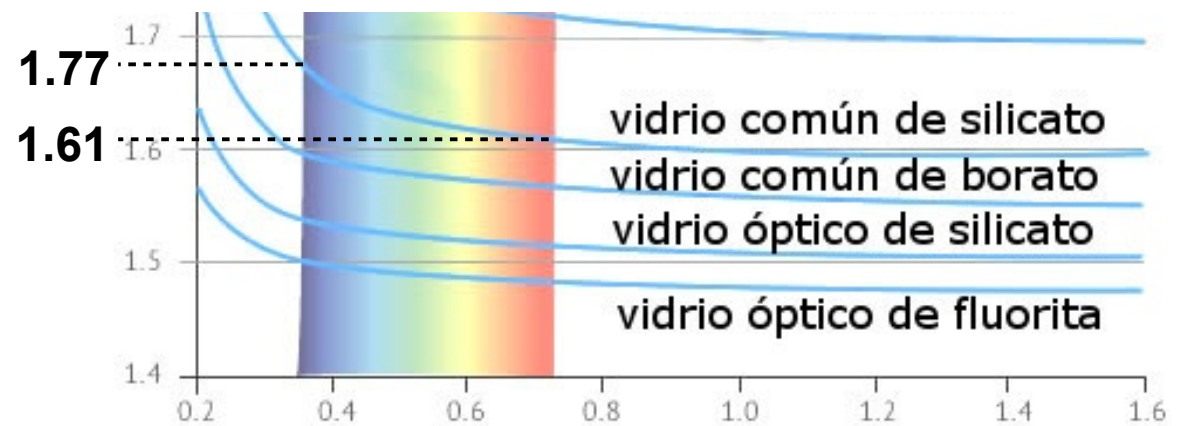
$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$$



Ejercicio⁽¹⁰⁾

(para después de clase)

- Para la situación del ejercicio 8, graficar la diferencia entre los ángulos de refracción en función del ángulo de incidencia
- Ángulos de incidencia de 0° a 90° con intervalos de 5°



Recordar la ley de Snell

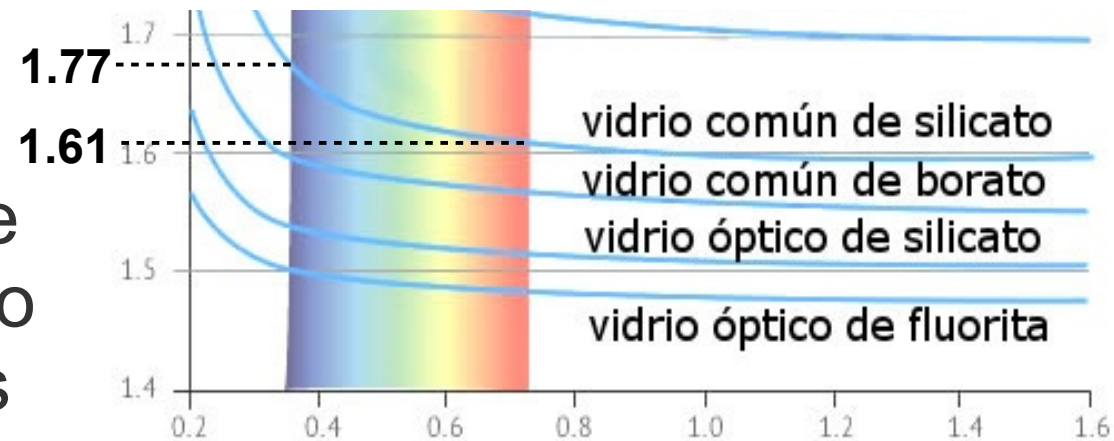
$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$



Ejercicio⁽¹¹⁾

(para después de clase)

- Para la situación del ejercicio 9, graficar la distancia entre los rayos de salida en función del ángulo de incidencia para distintos espesores de vidrio: 5 mm a 25 mm con intervalos de a 5 mm
- Ángulos de incidencia de 0° a 90° con intervalos de 5°
- ¿Qué se observa en la familia de curvas obtenida?



Recordar la ley de Snell

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$

Manipulación de la Luz

- **Interferencia**
- Ocurre entre ondas de igual frecuencia, pero desfasadas

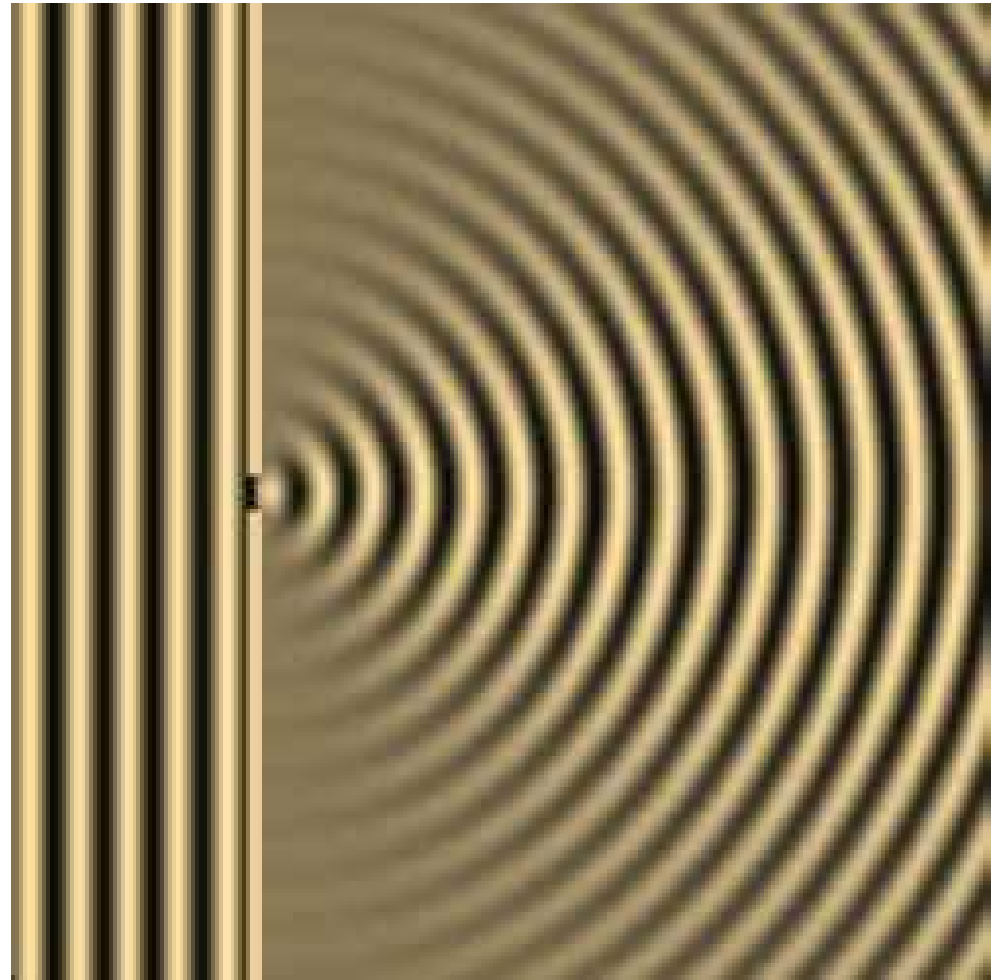


Manipulación de la Luz

- **Interferencia**
- Se aplican películas que aumentan transmitancia y reducen reflectancia
 - mejora de contraste
- También para desviar radiación no visible
 - ej.: lámparas dicróicas → IR se devuelve al filamento

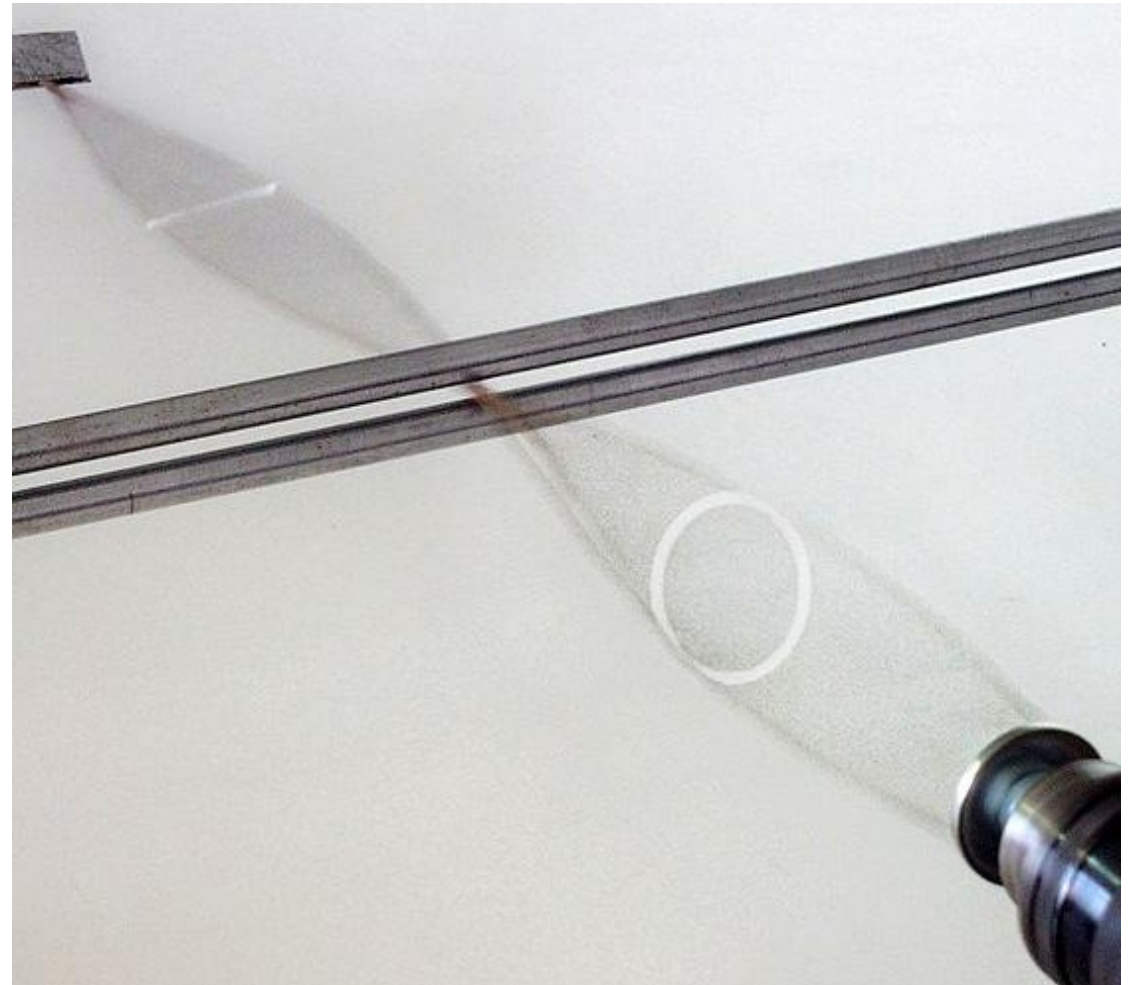
Manipulación de la Luz

- **Difracción**
- El frente de onda se esparce al pasar por
 - una ranura
 - o cerca de un borde



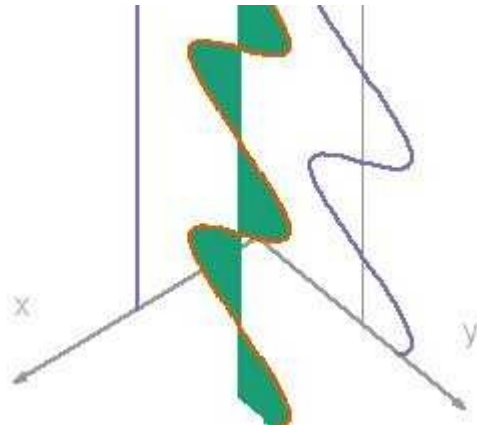
Manipulación de la Luz

- **Polarización**
- Ej.: onda mecánica en una banda elástica



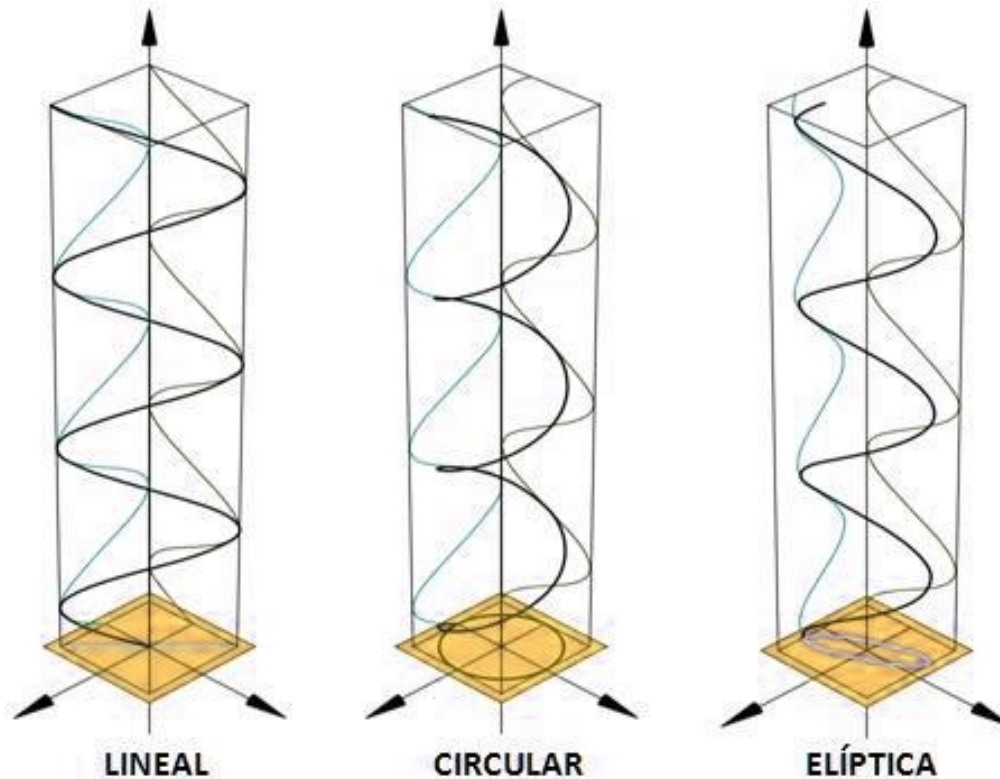
Manipulación de la Luz

- **Polarización**
- Una onda genérica de luz oscila en todos los planos
- Veamos un ejemplo de polarizaciones planas y circulares en la siguiente animación



Manipulación de la Luz

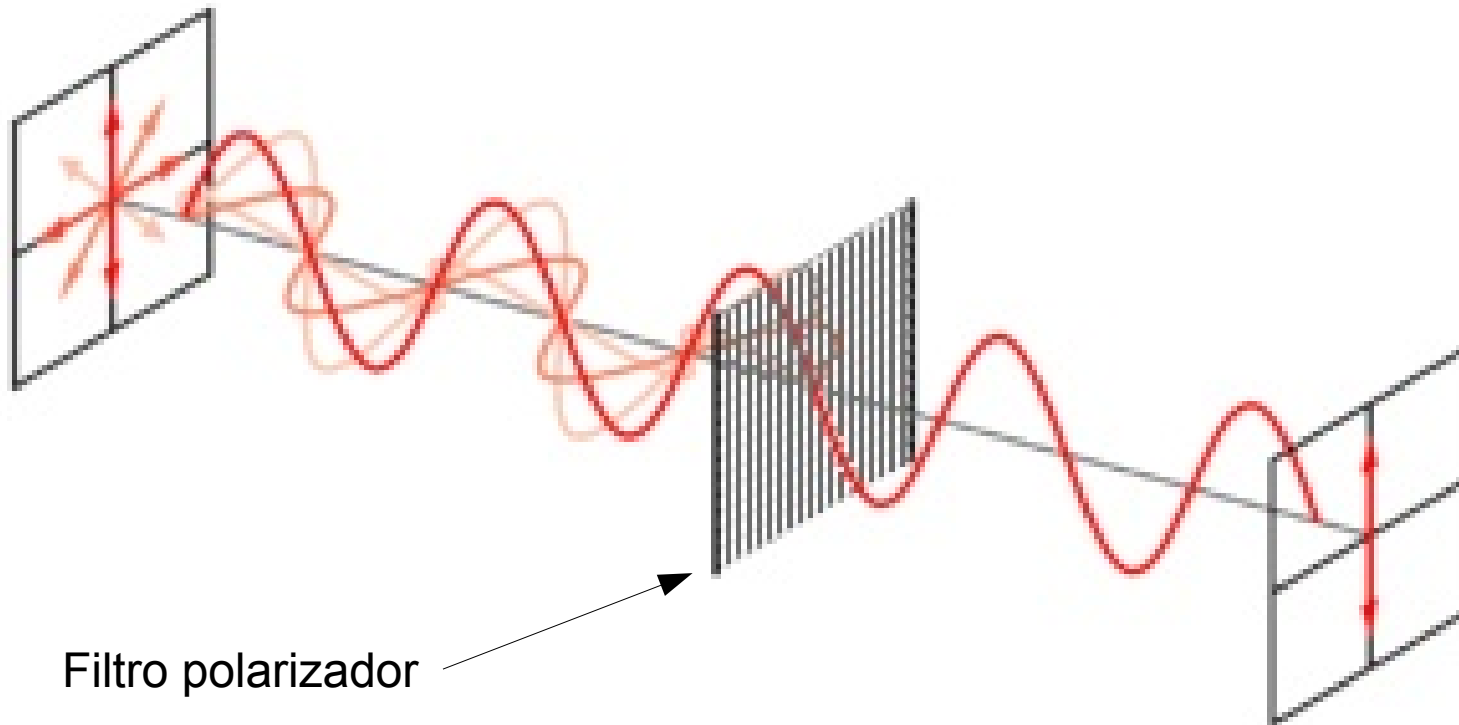
- **Polarización**
- Una polarización en todos los planos se puede descomponer en dos ondas ortogonales
- Tipos



Nota:
Nuestro ojo no distingue entre tipos de polarización

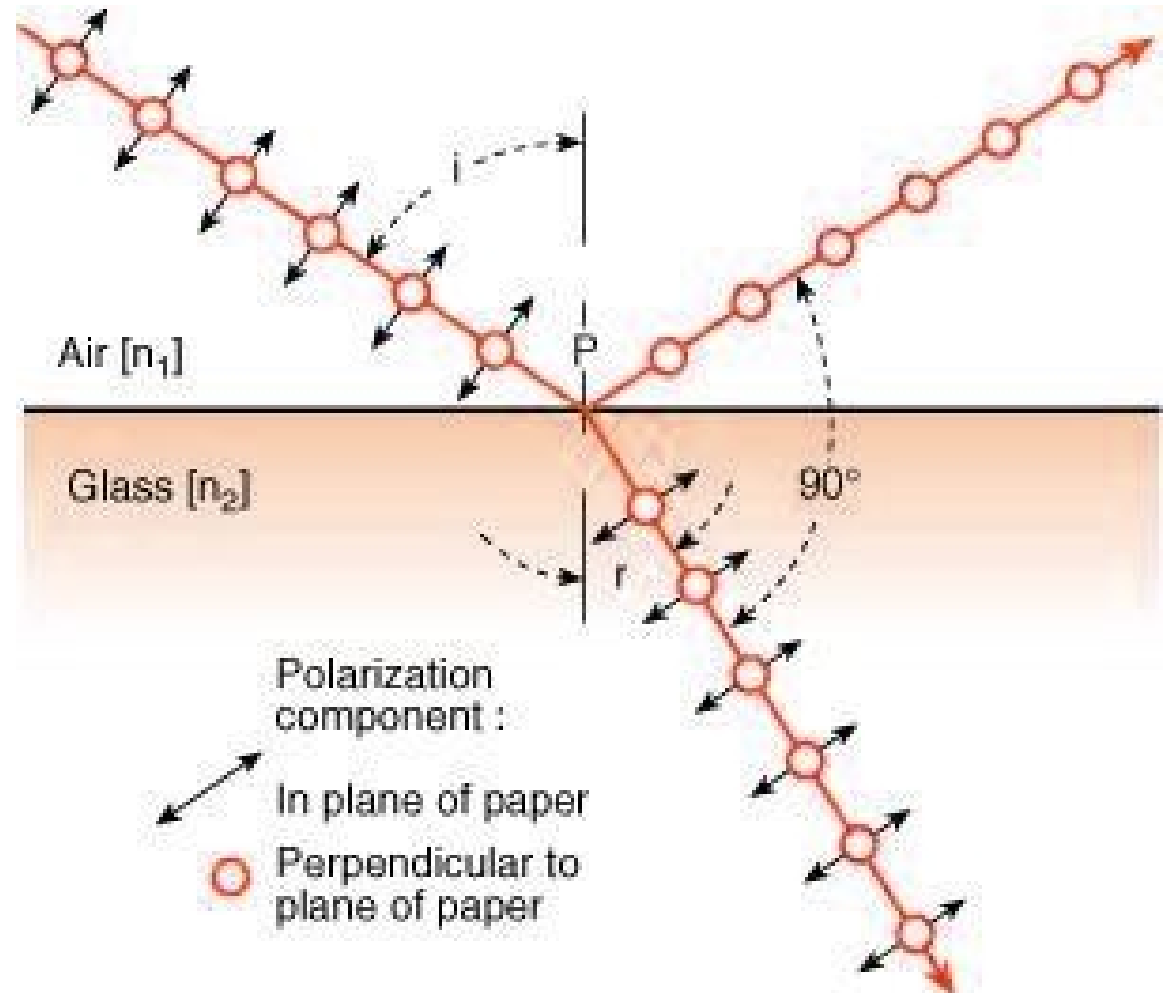
Manipulación de la Luz

- **Polarización**
- Por transmisión



Manipulación de la Luz

- **Polarización**
- Por reflexión
- $\theta_i + \theta_r = 90^\circ$
- θ_i : ángulo de Brewster



Manipulación de la Luz

- **Polarización**
- Ej.: lentes polarizados



Con lente girado 90°



Lente en la posición correcta

Manipulación de la Luz

- **Óptica geométrica**
- Previa a las teorías sobre la naturaleza de la luz
- Basada en principios
 - comunes a las teorías corpuscular y ondulatoria
- Permitted el desarrollo de los instrumentos y herramientas ópticas
- Y describir el comportamiento óptico del ojo humano

Manipulación de la Luz

- **Óptica geométrica**
- Se desprecian las propiedades ondulatorias y corpusculares
 - luz se modela mediante rayos
 - dirección
 - sentido
- Frentes de onda
 - superficies \perp a los rayos

Manipulación de la Luz

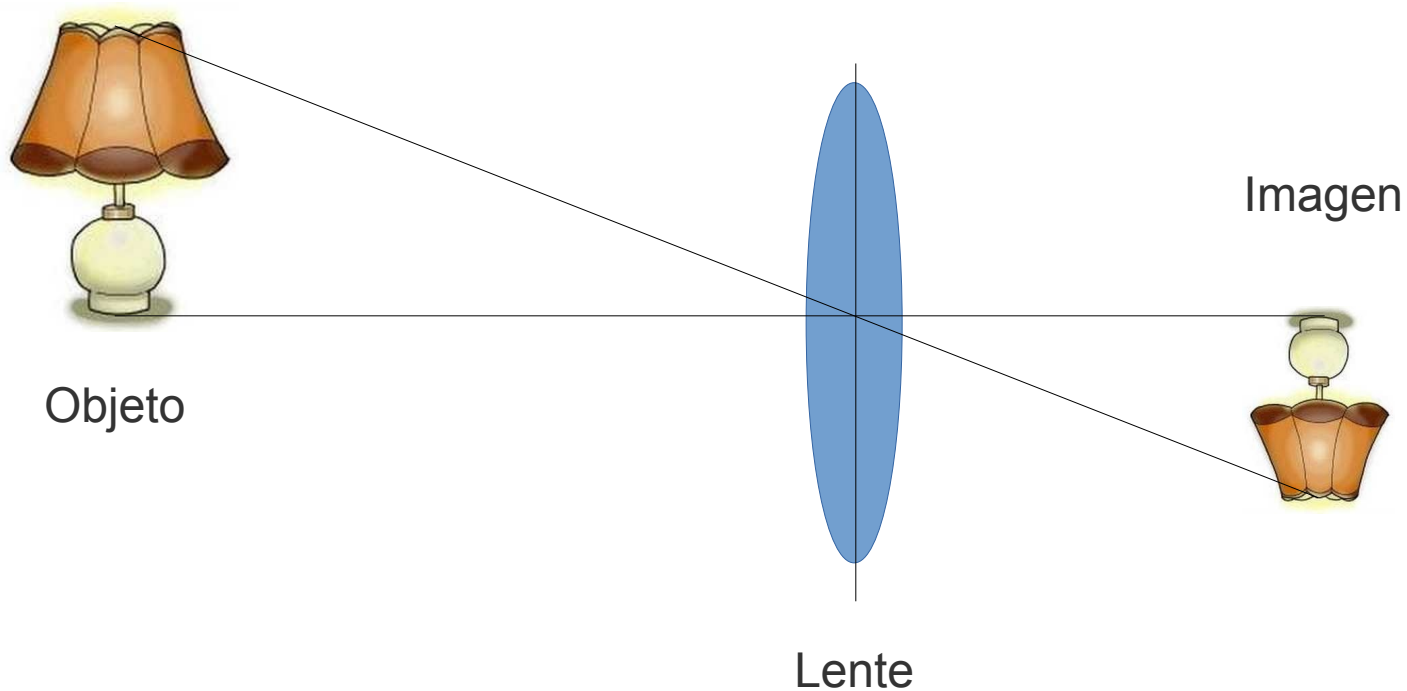
- **Óptica geométrica**
- Se desprecia la difracción
 - dimensiones de objetos $\gg \lambda$
- Se desprecia la dispersión
 - se trabaja como si la luz fuera monocromática (relevancia del vidrio óptico)
- Se desprecia la absorción
 - no hay pérdidas
- Medios homogéneos e isótropos

Manipulación de la Luz

- **Óptica geométrica**
- Caminos reversibles
- Leyes de reflexión y refracción
 - permiten predecir la dirección de la luz
- Elementos
 - Objeto, refractores o espejos, imagen

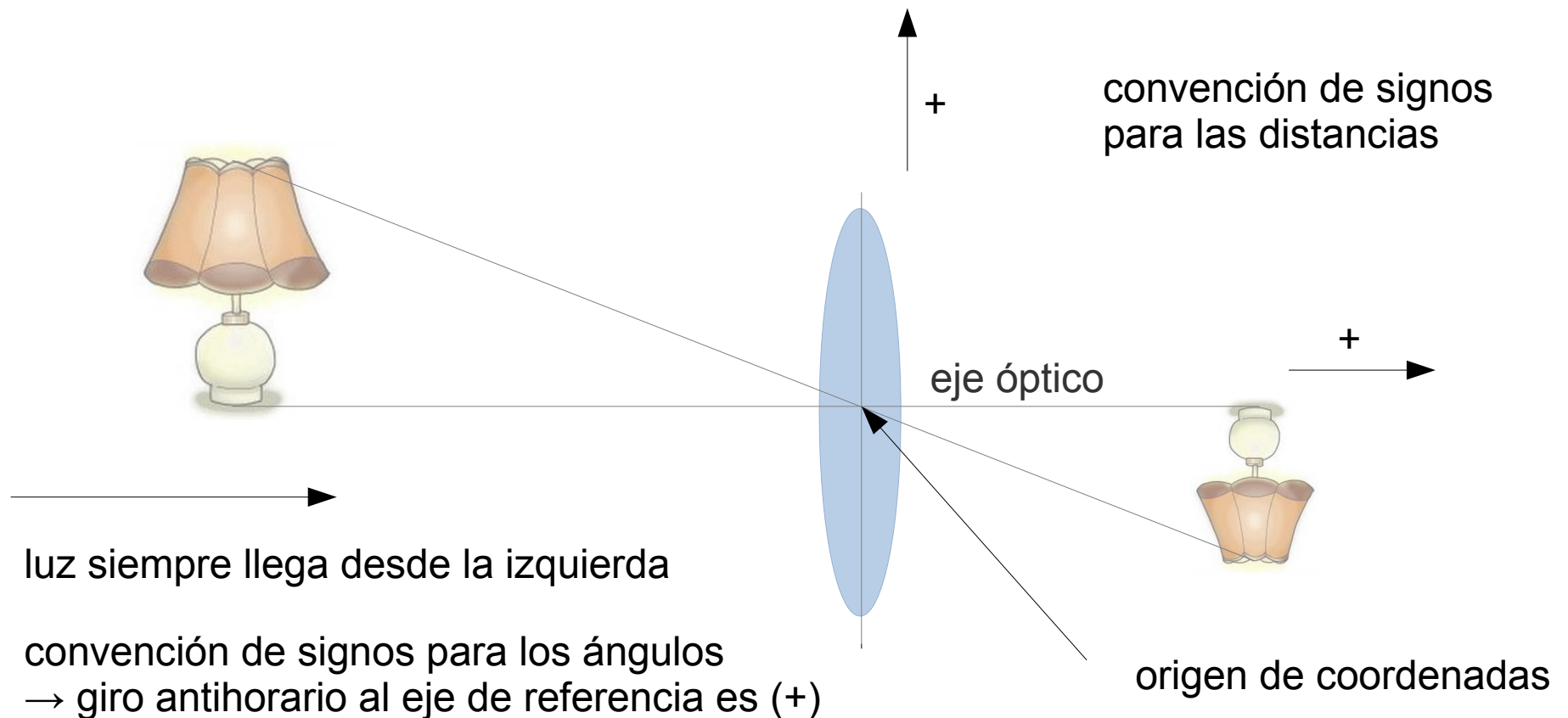
Manipulación de la Luz

- **Óptica geométrica**
- Ej.:



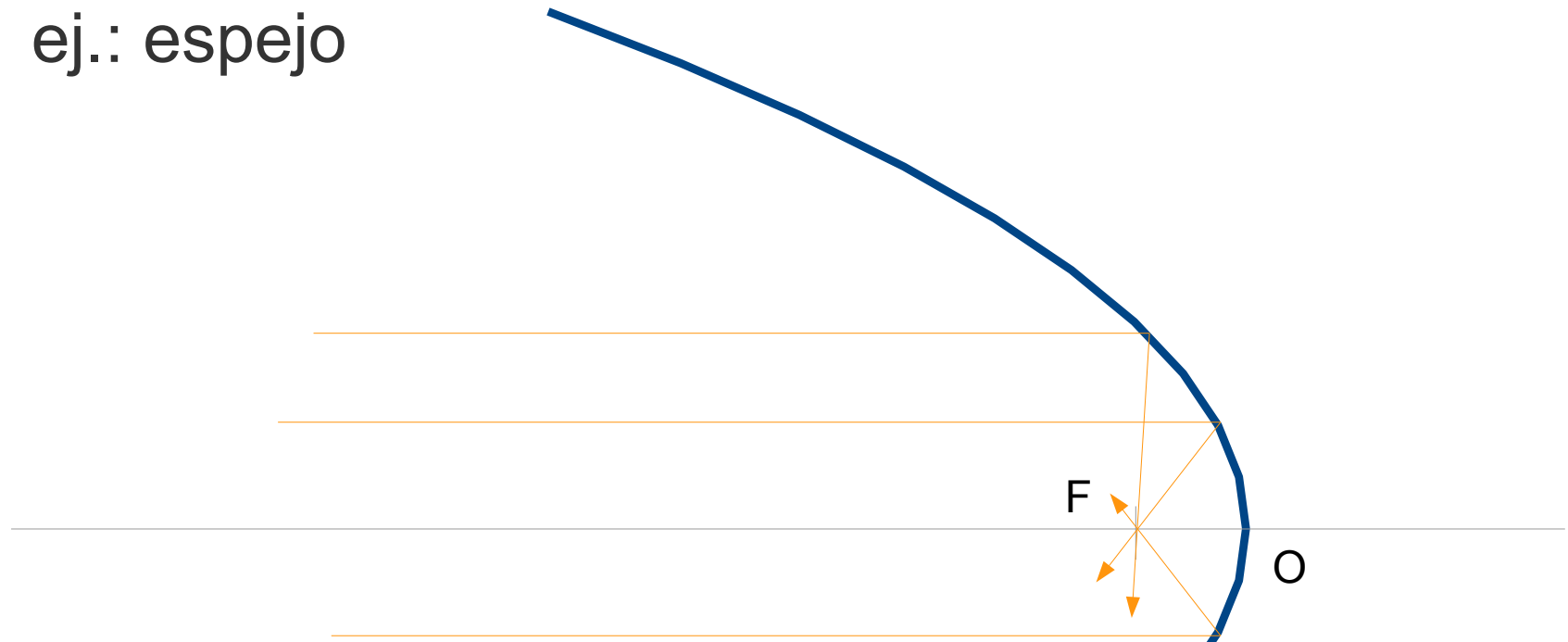
Manipulación de la Luz

- Sistema de coordenadas y convención de signos
 - normativa DIN



Manipulación de la Luz

- Superficies parabólicas
 - ej.: espejo

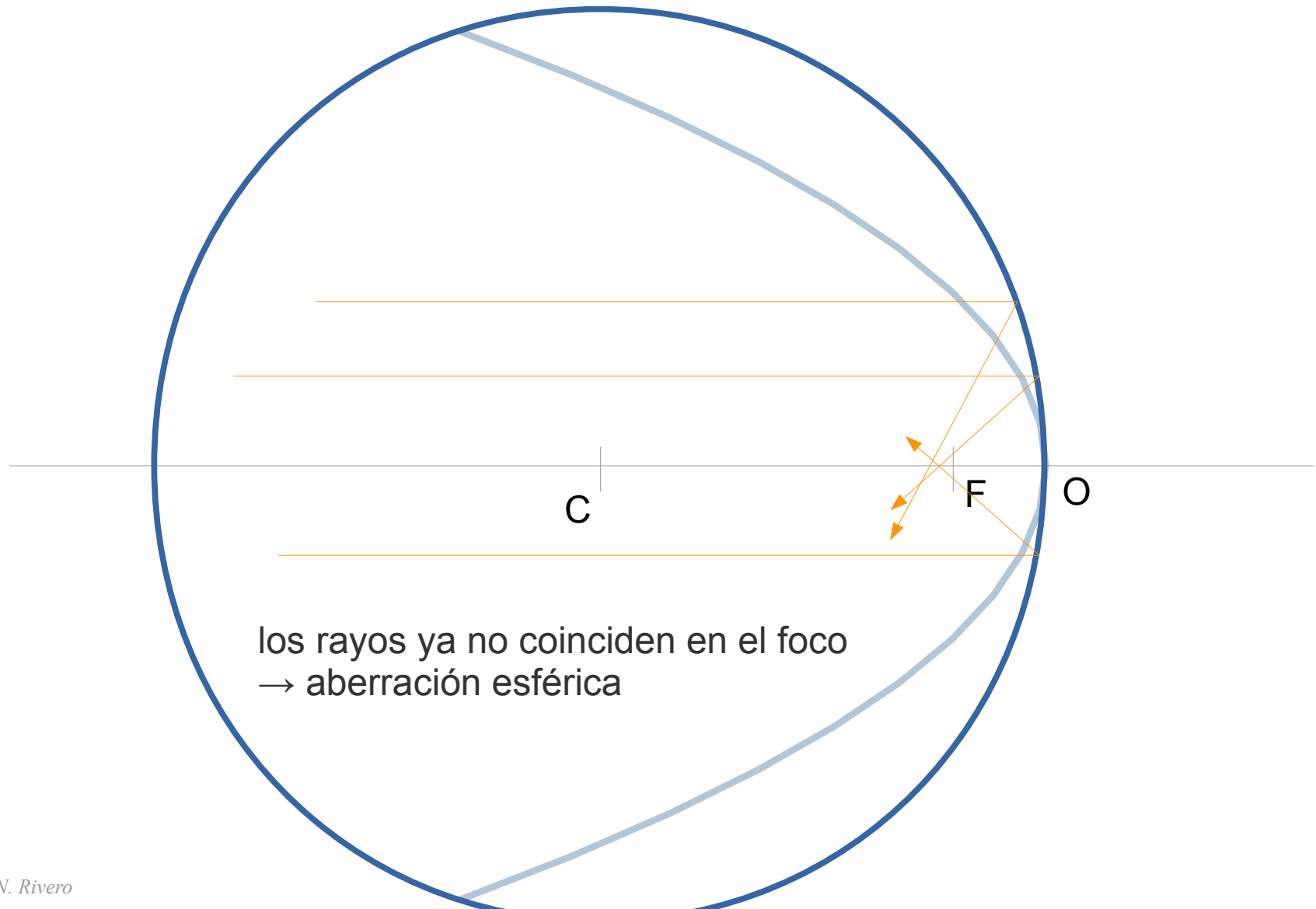


todos los rayos que inciden paralelamente
pasan por el foco de la parábola

¡fabricación muy costosa!

Manipulación de la Luz

- Se aproximan por superficies esféricas

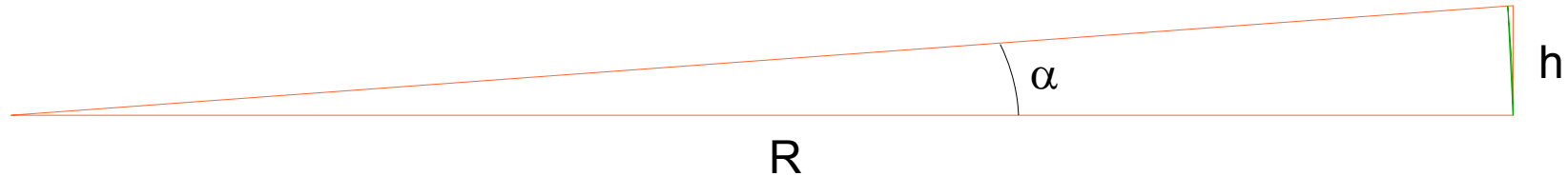


Manipulación de la Luz

- Rayo sobre el eje óptico
 - pasa por el foco al regreso
 - no hay aberración
- La aberración \uparrow al alejarse del eje
- En un entorno del eje
 - esfera aproxima bien a la parábola
- Aproximación paraxial

Manipulación de la Luz

- Aproximación paraxial
 - máximo 10° apartados del eje óptico
 - las distancias sobre el trocito de esfera son pequeñas frente a su radio



- h se puede aproximar por el **trozo de circunferencia** correspondiente a α
- entonces

$$\alpha \approx \text{tg } \alpha = \frac{h}{R}$$