

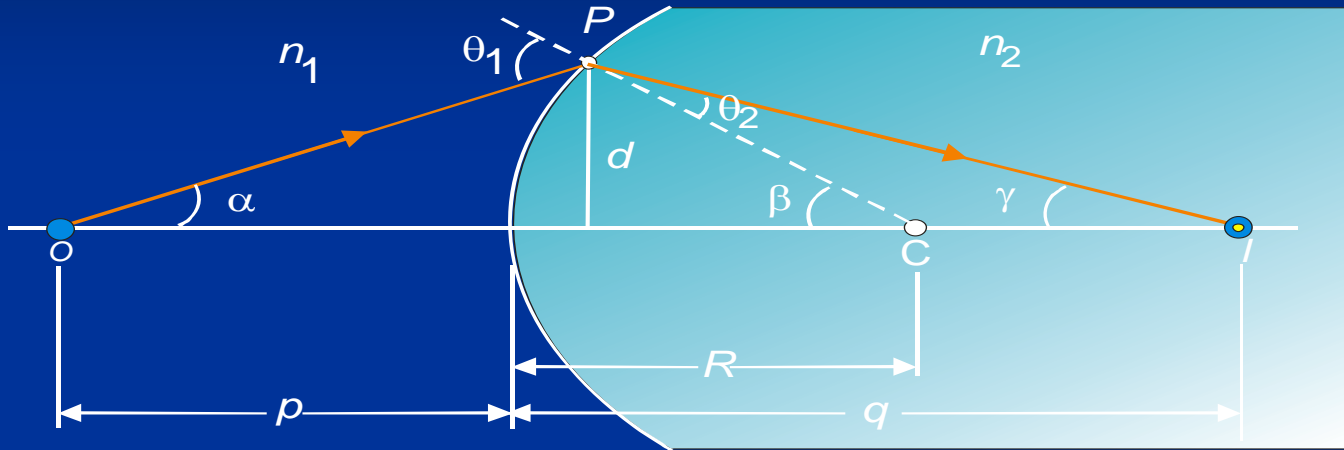
# ÓPTICA – Parte 3



# FORMACION DE IMAGENES POR REFRACCION

- Refracción en Superficies Esféricas
- Refracción en Superficies Planas
- Lentes Delgadas

# REFRACCION EN SUPERFICIES ESFERICAS



Por la Ley de Snell:  $n_1 \text{ Sen}(\theta_1) = n_2 \text{ Sen}(\theta_2)$

Considerando ángulos pequeños (rayos paraxiales):  $\text{Sen}(\theta_1) \approx \theta_1$  y  $\text{Sen}(\theta_2) \approx \theta_2$

Luego:  $n_1 \theta_1 \approx n_2 \theta_2$

# REFRACCION EN SUPERFICIES ESFERICAS

Por ser ángulos exteriores a un triángulo:  $\theta_1 = \alpha + \beta$  ;  $\beta = \theta_2 + \gamma$

Resultando:  $n_1 \alpha + n_2 \gamma = (n_2 - n_1) \beta$

Además como se trata de ángulos pequeños, vale que:

$\text{tg}(\alpha) \approx \alpha \approx d/p$  ;  $\text{tg}(\beta) \approx \beta \approx d/R$  ;  $\text{tg}(\gamma) \approx \gamma \approx d/q$

Obteniéndose finalmente que:

$$\mathbf{n_1/p + n_2/q = (n_2 - n_1)/R}$$

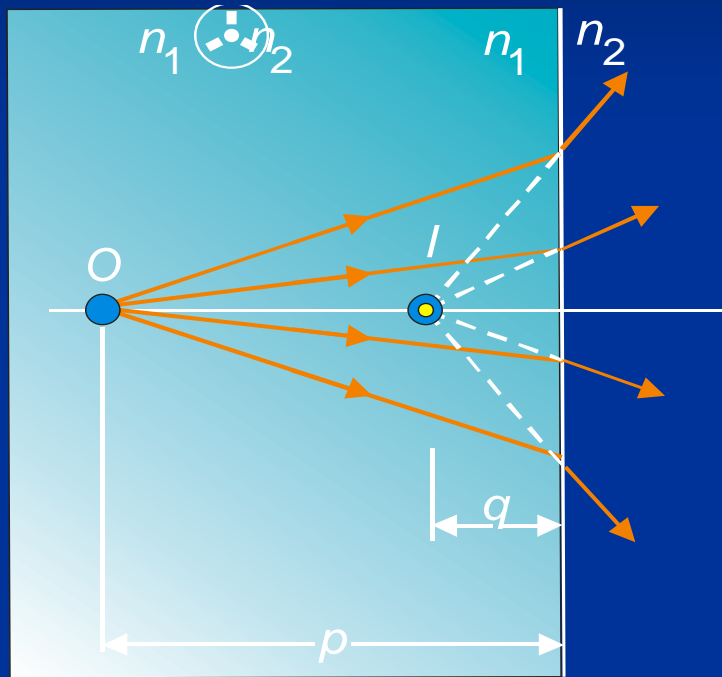
Con las convenciones de signos indicadas en el siguiente cuadro

# SUPERFICIES REFRACTANTES

## Convenciones de signos

Cantidad	Positivo	Negativo
Distancia al objeto ( $p$ )	Frente a la Superficie (objeto real)	Detrás de la Superficie (objeto virtual)
Distancia a la imagen ( $q$ )	Detrás de la Superficie (imagen real)	Frente a la Superficie (imagen virtual)
Altura de la imagen ( $h'$ )	Imagen derecha	Imagen invertida
Radio de curvatura ( $R$ )	Centro de curvatura detrás de la Superficie	Centro de curvatura frente a la Superficie

# REFRACCION EN SUPERFICIES PLANAS



En este caso el radio de curvatura  $R \rightarrow \infty$

Resultando:

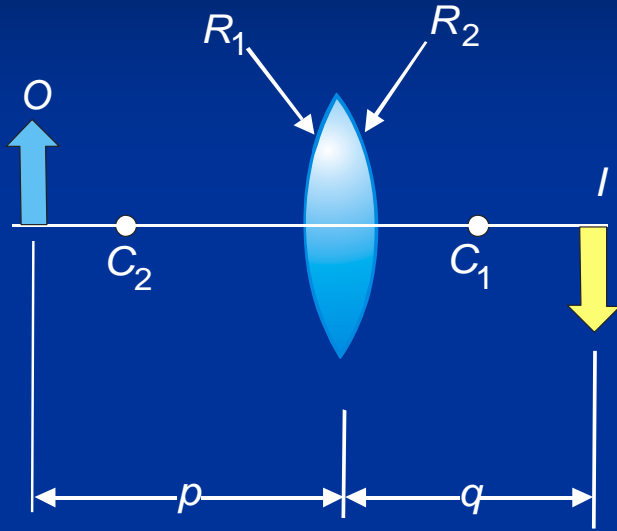
$$n_1/p = -n_2/q$$

Entonces:

$$q = -(n_2/n_1) p$$

Luego **la imagen** formada por una superficie refractante plana reside **del mismo lado que el objeto**

# LENTES DELGADAS



*Se considera que una lente es delgada cuando su espesor es mucho menor que los radios de curvatura  $R_1$  y  $R_2$ .*

*Las ecuaciones mostradas son válidas para aproximación paraxial.*

**Ecuación para Lentes Delgadas**

$$1/p + 1/q = 1/f$$

**Distancia focal  $f$**

$$1/f = (n-1) (1/R_1 - 1/R_2)$$

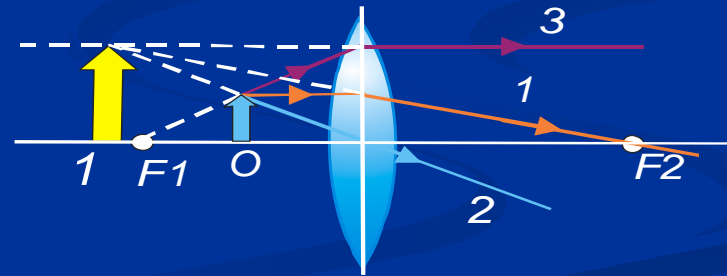
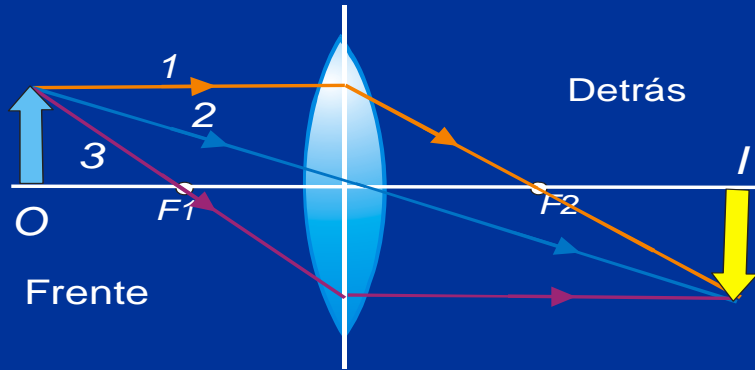
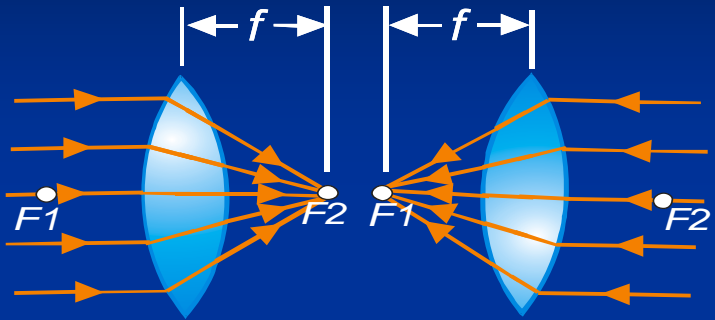
**Aumento**

$$M = h'/h = -q/p$$

Si la lente está inmersa en un medio diferente al aire (vacío), debe tomarse:

$$n = n_{LENTE} / n_{MEDIO}$$

# LENTES DELGADAS CONVERGENTES



*Diagramas de rayos*



# LENTES DELGADAS DIVERGENTES

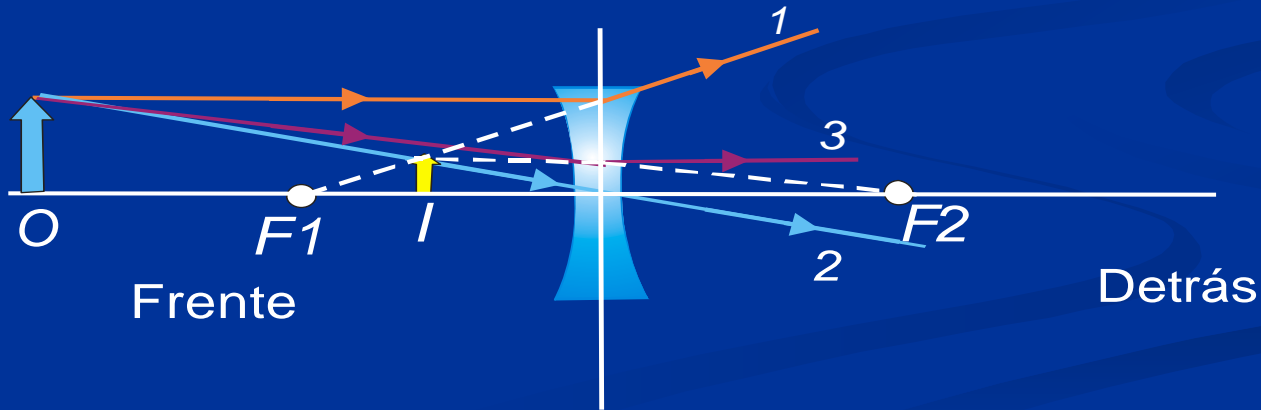
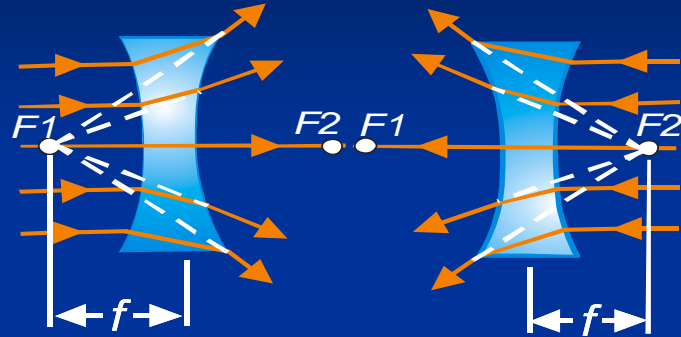
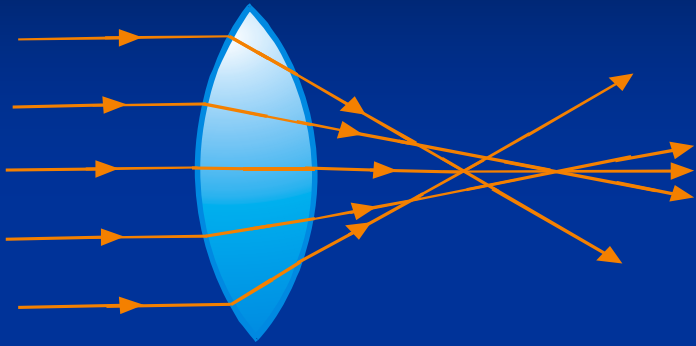


Diagrama de rayos

# LENTES DELGADAS

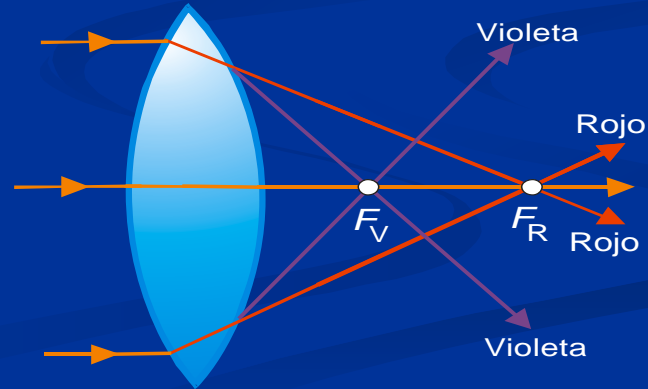


## Aberración Esférica

Los puntos focales de rayos de luz de iguales longitudes de onda difieren, según sus cercanías al eje óptico (recordar la aproximación **paraxial**)

## Aberración Cromática

Los puntos focales de rayos de luz de diferentes longitudes de onda difieren, dado que los índices de refracción varían con la longitud de onda (fenómeno de **dispersión**)



# LENTES DELGADAS

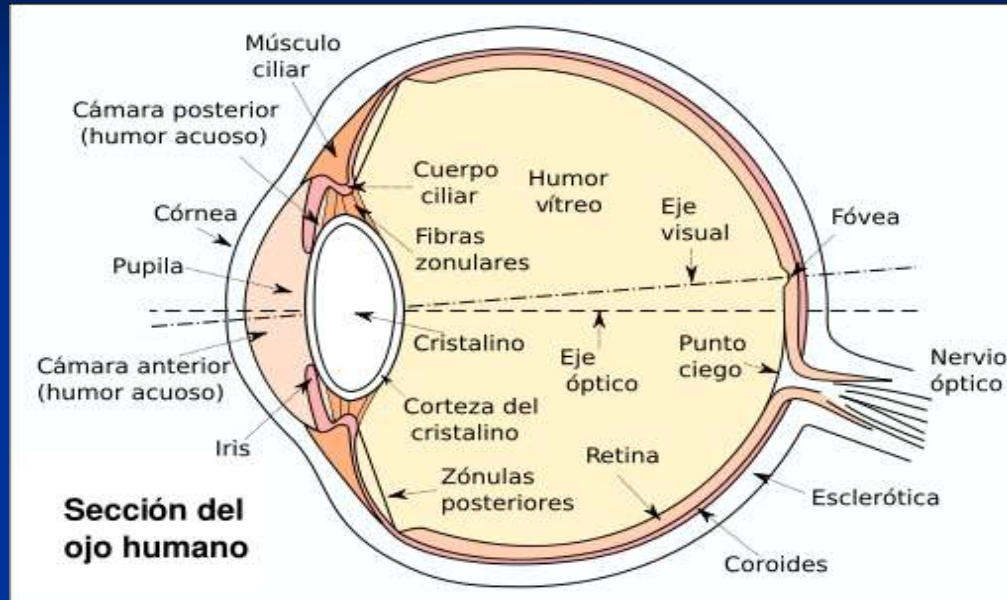
## Convenciones de signos

Cantidad	Positivo	Negativo
Distancia al objeto ( $p$ )	Frente a la Lente (objeto real)	Detrás de la Lente (objeto virtual)
Distancia a la imagen ( $q$ )	Detrás de la Lente (imagen real)	Frente a la Lente (imagen virtual)
Altura de la imagen ( $h'$ )	Imagen derecha	Imagen invertida
Radios de curvatura ( $R_1, R_2$ )	Centro de curvatura detrás de la Lente	Centro de curvatura frente a la Lente
Distancia focal ( $f$ )	Lente Convergente	Lente Divergente

# DISPOSITIVOS Y FENÓMENOS ÓPTICOS

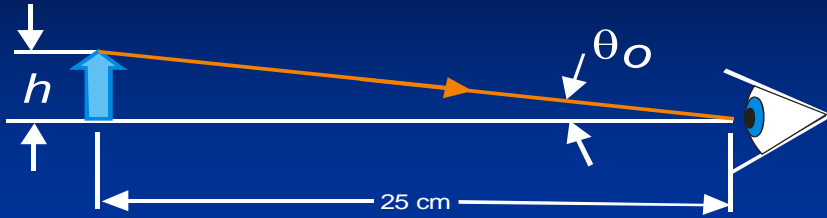
- Ojo, Lupa, Microscopio y Telescopio
- Polarización de la luz
- Laser

# EL OJO



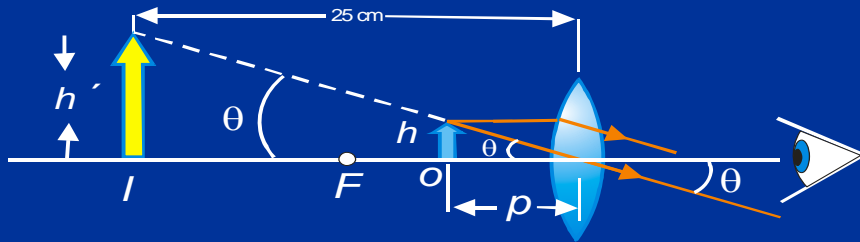
La *pupila* es una apertura en el *iris* que actúa como diafragma al paso de la luz. El *cristalino* es una lente que cambia de forma para producir el enfoque en la *retina*, donde millones de receptores nerviosos llamados *conos* (rojos, verdes y azules) y *bastoncitos*, transmiten la información al cerebro a través del *nervio óptico*.

# LA LUPA



A ojo desnudo, a la distancia mínima de enfoque de un ojo normal, de  $.25\text{ m}$ ,  $\theta_0 \approx h/.25\text{m}$

La lupa aumenta el tamaño del objeto a  $h'$ , siendo  $\theta \approx h/p$



El **aumento angular** máximo resulta  $\theta/\theta_0 = (h/p) (.25\text{m}/h) = .25\text{m}/p$

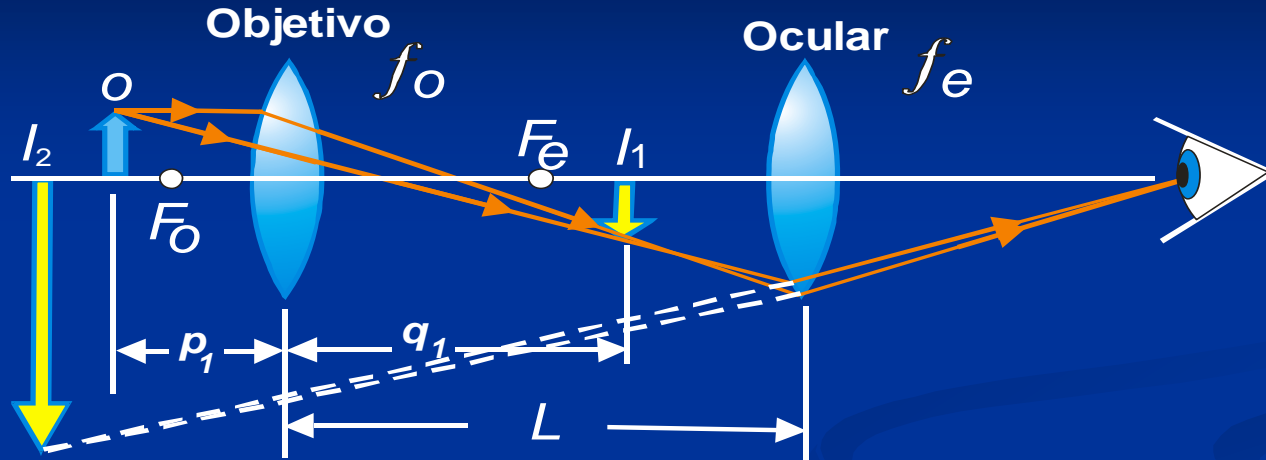
y como  $1/p + 1/(-.25\text{m}) = 1/f$

**$m_{\text{MAX}} = \theta/\theta_0 = .25\text{m}/p = 1 + .25\text{m}/f$**

Para obtener una posición de la imagen para el ojo relajado, la misma debe estar en el infinito. Esto se logra posicionando el objeto en el punto focal ( $p = f$ ), siendo en este caso el

**aumento angular** (mínimo)  **$m_{\text{MIN}} = .25\text{m} / f$**

# EL MICROSCOPIO



Aumento lateral del Objetivo

$$M_o = -q_1/p_1 \approx -L/f_o$$

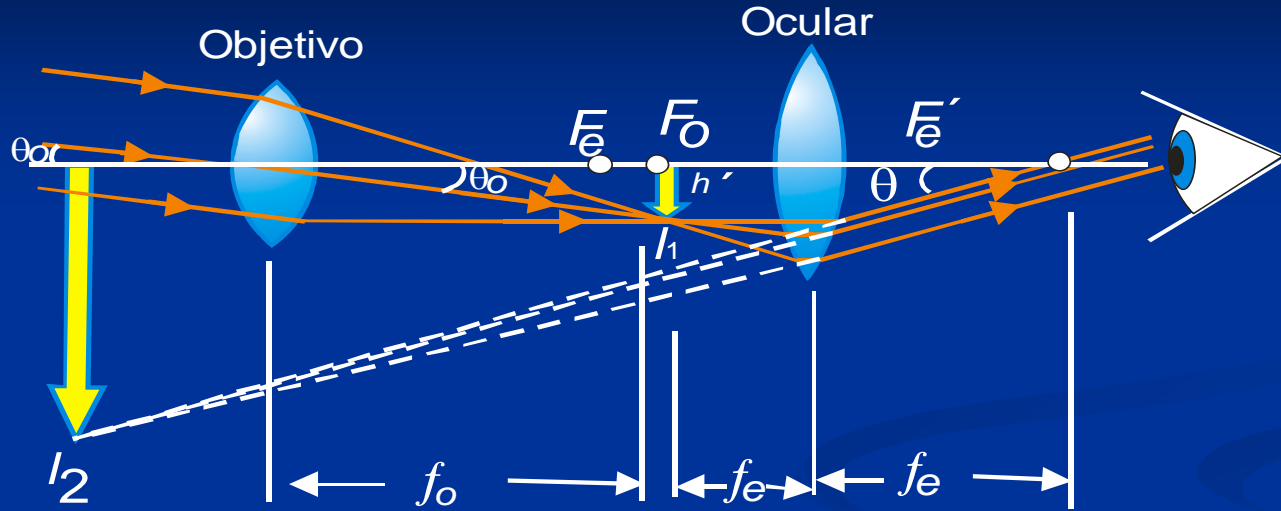
Aumento angular del Ocular

$$m_e = .25m / f_e$$

Se define el **aumento total** :

$$\mathbf{M = M_o m_e = (-L / f_o) (.25m / f_e)}$$

# TELESCOPIO REFRACTOR



Angulo entrada de rayos en el Objetivo

$$\theta_o \approx -h' / f_o$$

Angulo salida de rayos en el Ocular

$$\theta \approx h' / f_e$$

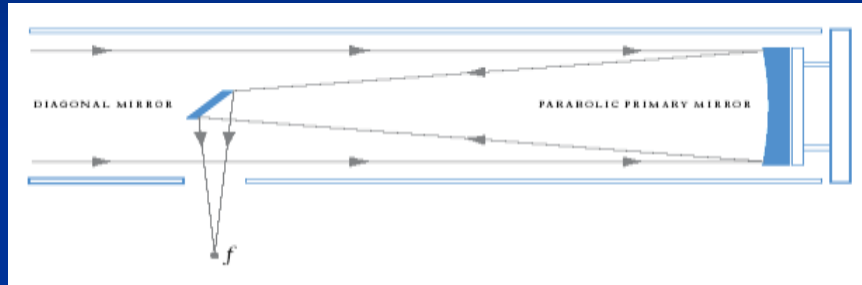
El **aumento angular total** del telescopio resulta:

$$M = \theta / \theta_o = -f_o / f_e$$

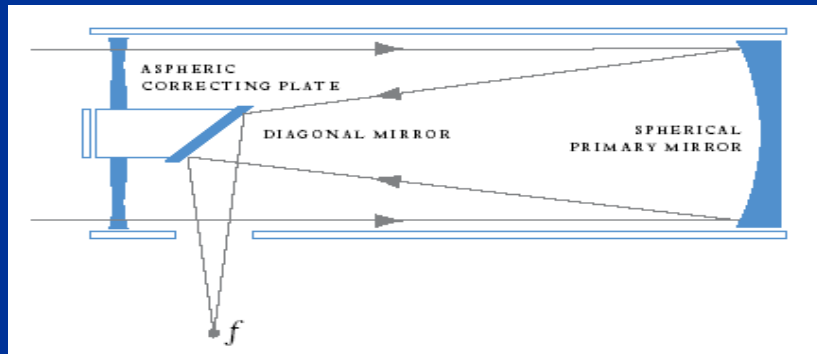


# TELESCOPIOS REFLECTORES

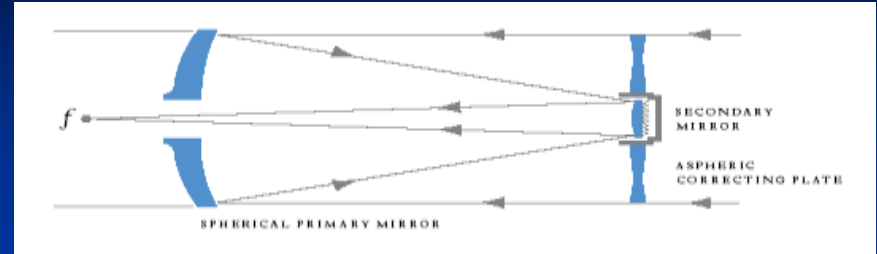
Combinan espejos (que evitan la aberración cromática) y lentes



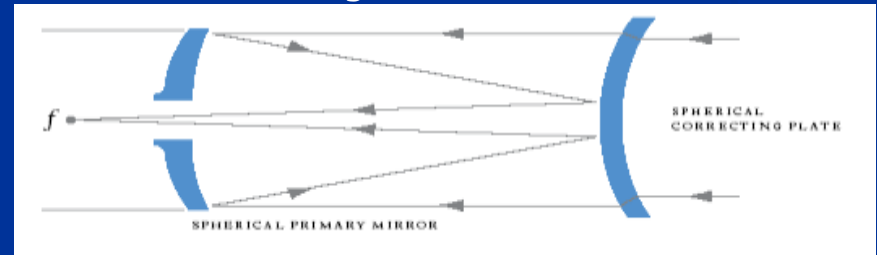
Newtoniano



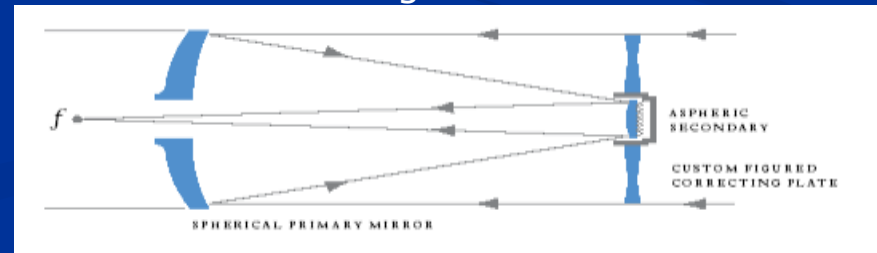
Schmidt-Newtoniano



Schmidt-Cassegrain

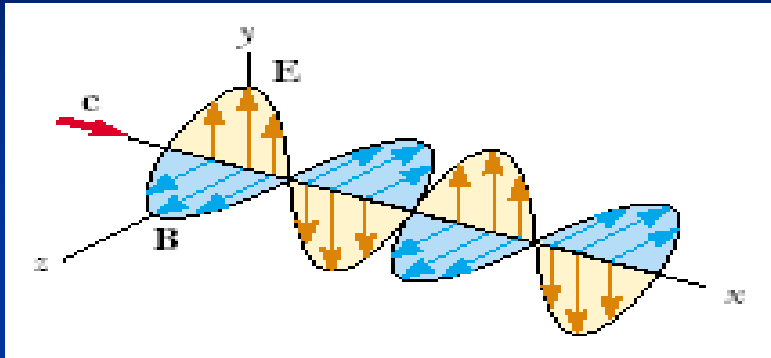


Maksutov-Cassegrain



Ritchey-Chretien (HST)

# POLARIZACIÓN DE LA LUZ



Onda luminosa polarizada en el plano vertical

Imagen Física de Serway 6ta. Ed.

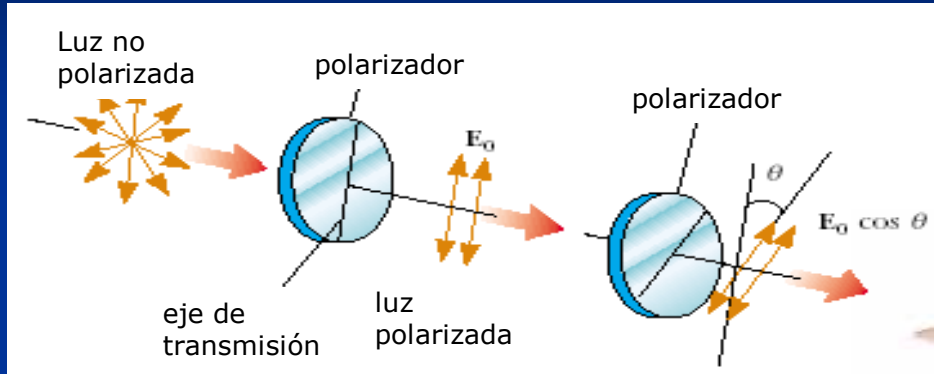
Un haz de luz consiste en un gran número de ondas luminosas superpuestas.

Cada onda se propaga a través de la vibración de sus campos eléctrico (E) y magnético (B), que son perpendiculares entre sí y a su dirección de avance.

El plano de polarización de una onda luminosa es el plano formado por la dirección en la cual vibra su campo eléctrico (E) y la dirección de propagación de la onda.

Si en un haz de luz todas las ondas que lo componen están polarizadas en el mismo plano en todo momento, decimos que este haz de luz está linealmente polarizado en dicho plano.

# POLARIZADORES



Luz polarizada utilizando polaroids

Imagen Física de Serway 6ta. Ed.

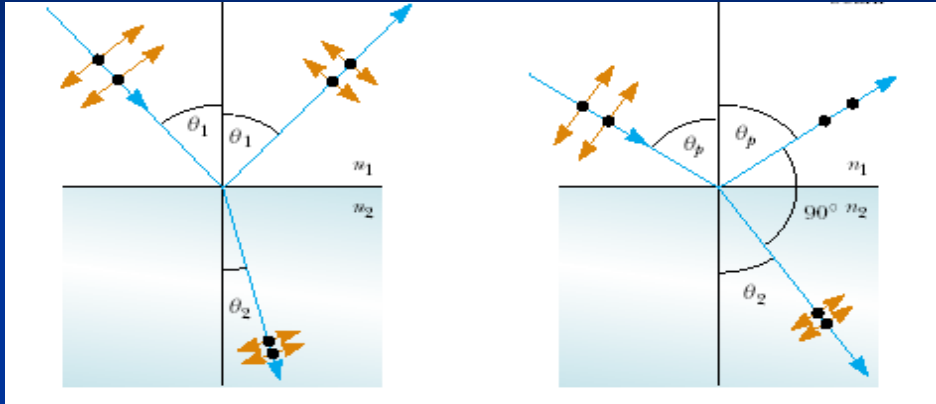
Un método para obtener luz polarizada es utilizando materiales como el *polaroid*.

Se trata de láminas finas construidas con materiales hidrocarbonados, que permiten el paso de las ondas luminosas cuyo campo eléctrico sea paralelo a su eje de transmisión.

Cuando luz previamente polarizada de intensidad  $I_0$  (ver figura) incide sobre un segundo polarizador cuyo eje forma un ángulo  $\theta$  con el del primero, la intensidad de la luz transmitida es:

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad \text{Ley de Malus}$$

# POLARIZACIÓN POR REFLEXIÓN



Polarización de la luz por reflexión

Imagen Física de Serway 6ta. Ed.

Si luz no polarizada incide sobre una superficie de separación entre dos medios, los rayos reflejado y refractado se polarizan parcialmente.

Cuando el ángulo entre el rayo reflejado y el refractado es de  $90^\circ$  el rayo reflejado está completamente polarizado. Esto ocurre para un ángulo de la luz incidente  $\theta_p$  tal que:

$$\mathbf{tg \theta_p = n_2/n_1} \quad \mathbf{Ley de Brewster}$$

# LASER

## LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION

- INCANDESCENCIA: Calentando suficientemente cualquier porción de materia, comienza a emitir luz. (lámparas de filamento, fuego, etc).
- LUMINISCENCIA: Excitando la materia con otras fuentes de energía, distintas del calor, también puede conseguirse emisión luminosa. (pantallas de televisión, lámparas fluorescentes, leds, etc.)

El mecanismo es básicamente el mismo: La energía entregada a la materia es acumulada en cambios en el nivel energético de los electrones y es devuelta por éstos, al recuperar su estado original, en forma de radiación, que puede ser de luz visible u otras.

# LASER

Albert Einstein demostró que la “radiación estimulada”, se produce cuando un fotón interactúa con un electrón previamente excitado.

**El fotón generado tiene la misma dirección, frecuencia y fase que el fotón incidente.**

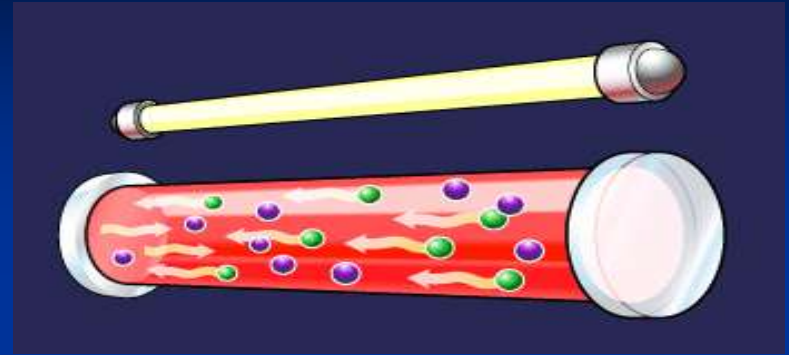
# LASER

Para conseguir amplificación es necesario que se produzca una reacción en avalancha, esto es, que los fotones generados, provoquen nuevas emisiones y para ello debe conseguirse una alta concentración de átomos excitados.

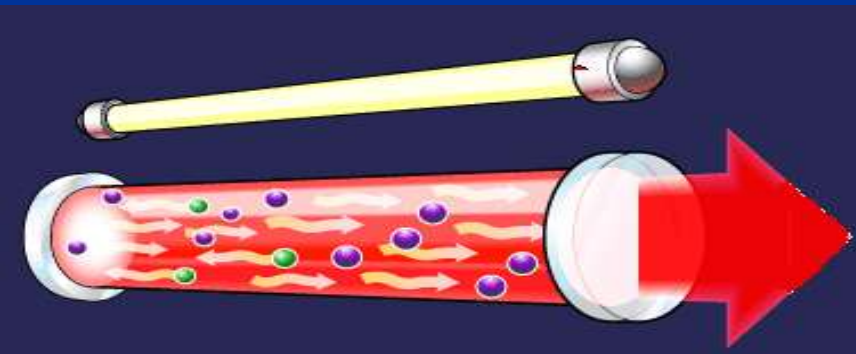
Un dispositivo clásico de este tipo es el láser de rubí.

# *Laser de rubí*

La luz excita los átomos



Algunos átomos excitados emiten fotones y algunos de estos fotones atraviesan varias veces el cilindro provocando emisión estimulada



Por el extremo semi espejado sale un haz con muy poca dispersión de luz monocromática y coherente



# DISTINTOS TIPOS DE LASER

- **De estado sólido:** Como el que mostramos de rubí.
- **De gas:** Los de He – Ne son los más comunes (de color rojo). Los de CO<sub>2</sub> emiten en el infrarrojo. Los de mezclas de gases muy reactivos (Cl<sub>2</sub> , F<sub>2</sub>) con gases inertes dan luz UV.
- **De pigmentos orgánicos:** Disueltos o suspendidos en un medio líquido. Permiten obtener un muy amplio rango de frecuencias.
- **De semiconductores:** Económicos, pequeños y de baja potencia. Son los que se usan en impresoras y los distintos tipos de discos compactos.