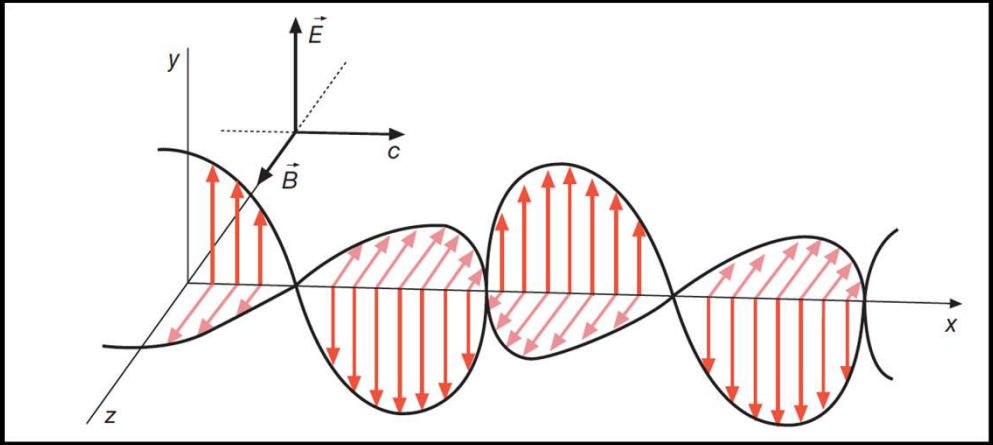
OPTICA
(TEMAS 9 Y 10)

Fernando Escudero Ramos/I.E.S. Fernando de los Ríos

2. Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas están formadas por un campo eléctrico y otro magnético variables que «vibran» (varían su intensidad de forma periódica) en planos perpendiculares entre sí y, a su vez, perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Por tanto, son ondas transversales.

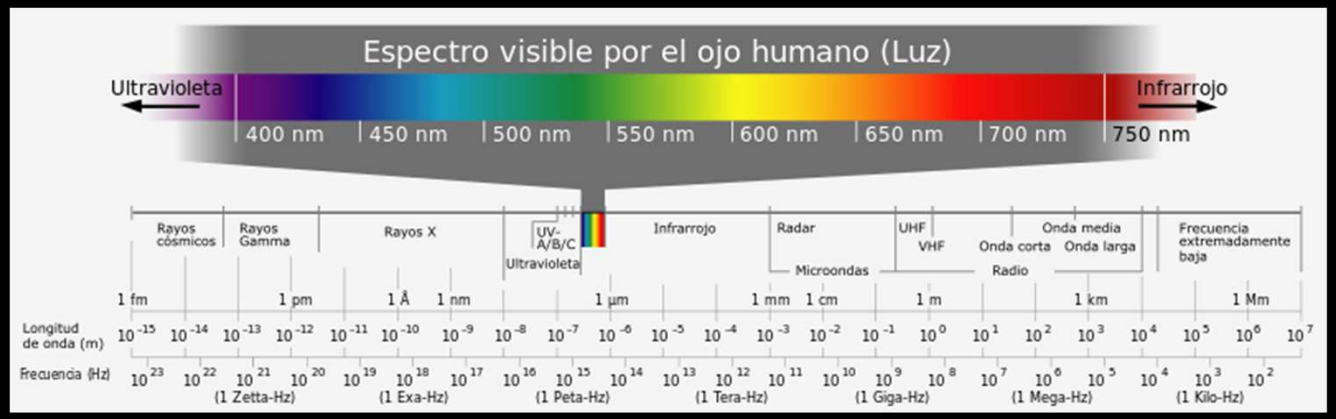


$$E = E_0 \text{ sen} \left[2\,\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]; \; E = E_0 \text{ sen } (\omega\, t - k\, x)$$

$$B = B_0 \text{ sen} \left[2\,\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]; \; B = B_0 \text{ sen } (\omega\, t - k\, x)$$

2.1.Espectro electromagnético

Se denomina **espectro electromagnético** al conjunto de todas las radiaciones de distinta frecuencia en que puede descomponerse la radiación electromagnética.



Relación matemática entre la longitud de onda, la frecuencia y la velocidad de la luz:

$$\lambda = c\,T \qquad \lambda = \frac{c}{f}$$

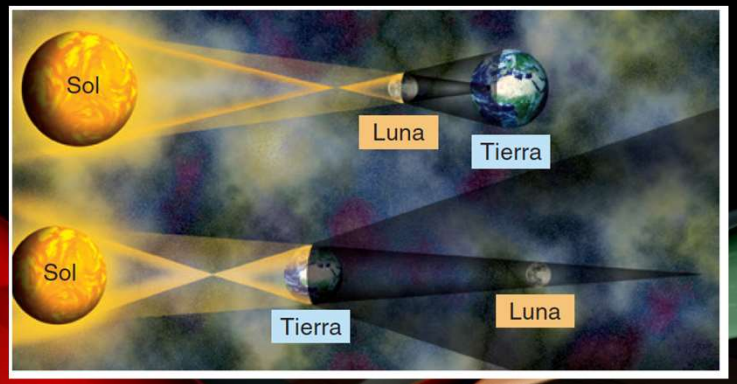
3. Naturaleza de la luz

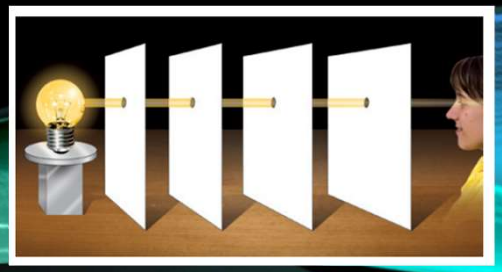
A lo largo de la historia hemos venido evolucionando en el descubrimiento de la luz y de su doble naturaleza. Naturaleza corpuscular y naturaleza ondulatoria. La luz se comporta en ocasiones como un corpúsculo (cuerpo) o como una onda. Son necesarias las dos naturalezas para entenderla.

- ***La energía de un cuanto es: E = h f*** siendo ***f*** la frecuencia y ***h*** la constante de Planck cuyo valor es $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J.s

4. Propagación rectilínea de la luz

La luz viaja en línea recta con velocidad constante en un medio homogéneo e isótropo. Llamamos rayo a la linea imaginaria que se trazaría.





5.Velocidad de la luz en el vacío

La velocidad de la luz es una constante cuyo valor real es $2{,}99792458 \cdot 10^8$ m/ s que solemos tomar como **$3 \cdot 10^8$ m/ s**, sin cometer grandes errores.

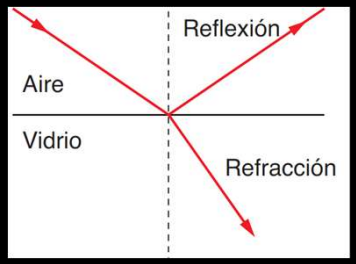
6. Índice de refracción

Se denomina **índice de refracción absoluto** de un medio material a la relación entre la velocidad de la luz en el vacío c y la velocidad en dicho medio v:

$$n = \frac{c}{v}$$

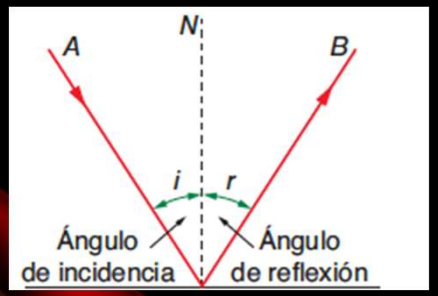
7. Reflexión y refracción de la luz

Ya hemos estudiado los fenómenos de reflexión y refracción:



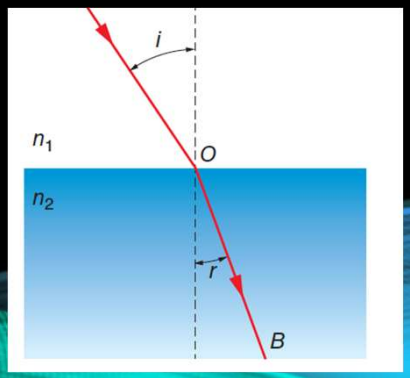
El ángulo reflejado es igual al de incidencia y el refractado varía según la ley de Snell.

Reflexión de la luz

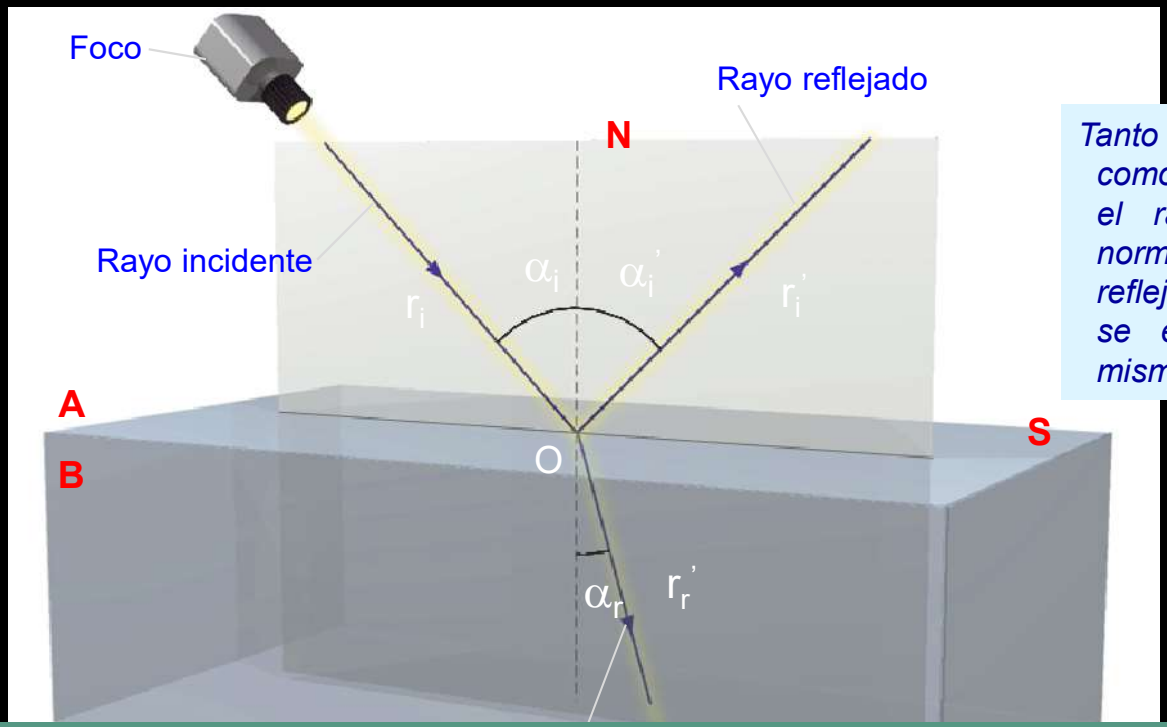


Refracción de la luz

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$



La reflexión y la refracción son dos fenómenos característicos de las ondas que se manifiestan simultáneamente.



Tanto en la reflexión como en la refracción, el rayo incidente, la normal y los rayos reflejados o refractados se encuentran en el mismo plano.

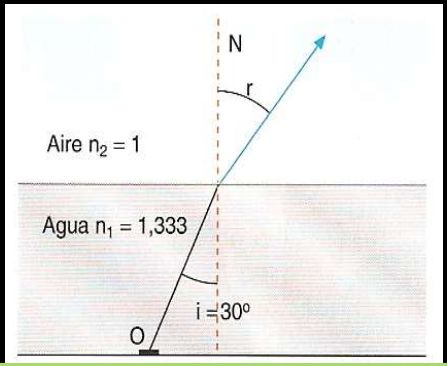
Leyes de la reflexión:

1. El rayo incidente, la normal a la superficie en el punto de incidencia y el rayo reflejado están situados en el ***mismo plano***.
2. El ángulo que forma el rayo incidente con la normal ***(α_i)***, es ***igual*** al formado por la normal y el reflejado ***(α_r).***

$$\alpha_i = \alpha_r$$

- La refracción es la desviación que experimenta la dirección de propagación de la luz cuando pasa de un medio a otro en el que su velocidad es distinta

- La luz que procede de objetos situados en otros medios, hace que debido a este fenómeno, parezca que estén situados en otra posición



Leyes de la refracción.

1. El rayo incidente, la normal a la superficie en el punto de incidencia y el rayo refractado están situados en el mismo plano.
2. **Ley de Snell:** Cuando la luz pasa de un medio de índice de refracción n_i a otro medio de índice de refracción n_r, los ángulos de incidencia α_i y de refracción α_r cumplen la relación:

$$n_1 \cdot \text{sen}\ \alpha_i = n_2 \cdot \text{sen}\ \alpha_r$$

- Además es importante considerar que:

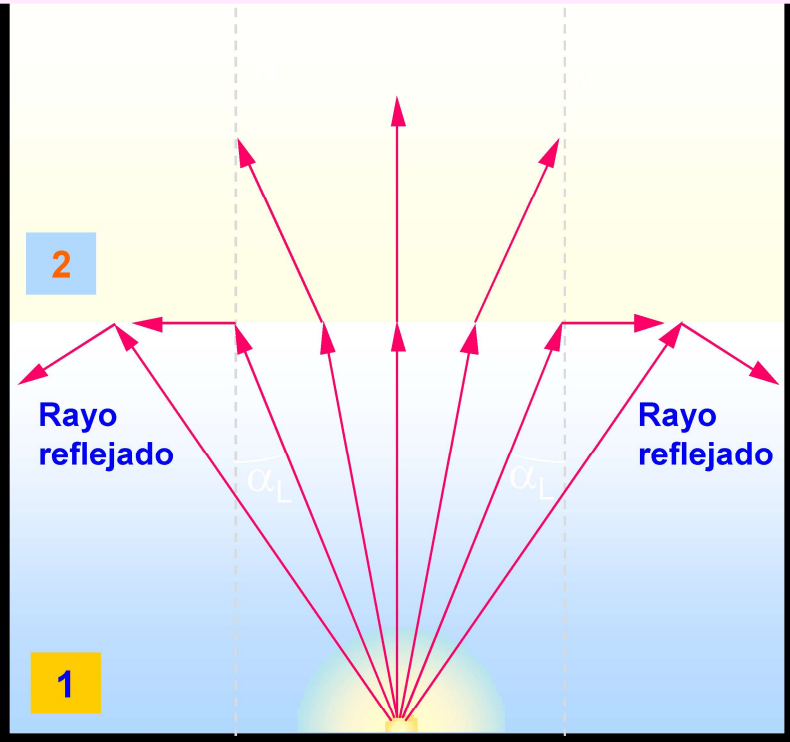
1. La velocidad de la luz es mayor en el vacío que en los medios materiales.
2. En el vacío, la velocidad de las radiaciones luminosas no depende de su longitud de onda, sino que es constante. En cambio, en los medios materiales sí que depende de ella.
3. La frecuencia de las radiaciones luminosas es igual en el vacio que en los medios materiales, no así la longitud de onda.

Ángulo límite y reflexión total

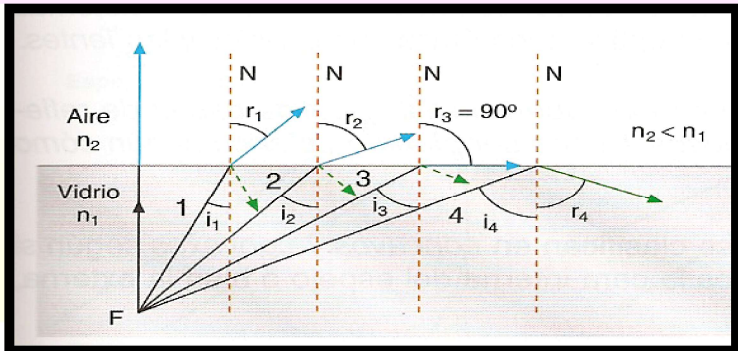
- Un rayo de luz se acerca a la normal cuando pasa de un medio de menor índice de refracción a otro de mayor, y se aleja de ella en caso contrario

$$n_1 \text{ sen } \alpha_i = n_2 \text{ sen } \alpha_r$$

Si los rayos de luz pasan de un medio **A** a otro medio **B** con índice de refracción menor:



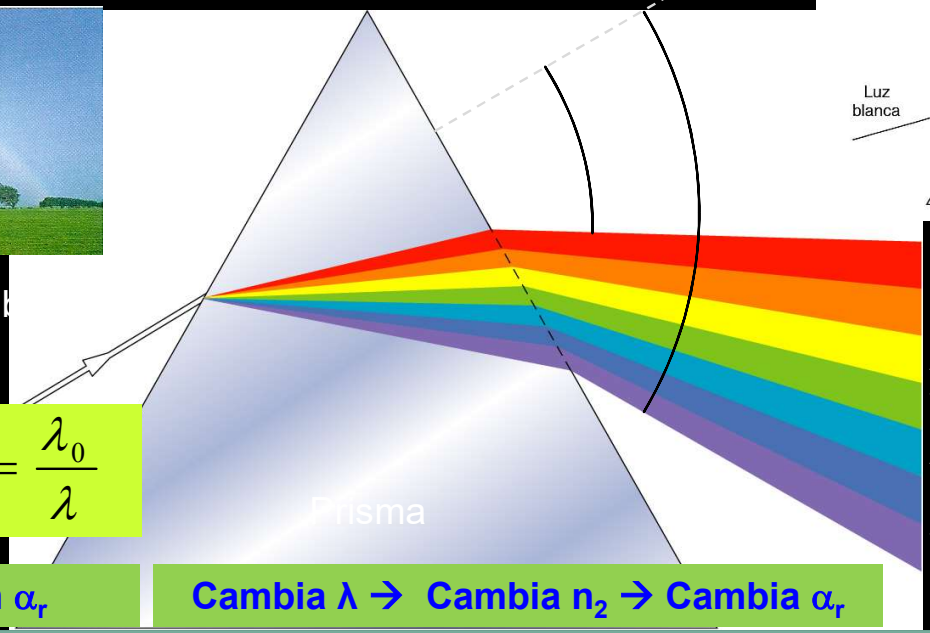
$$n_1 \text{ sen } \alpha_L = n_2 \text{ sen } 90$$

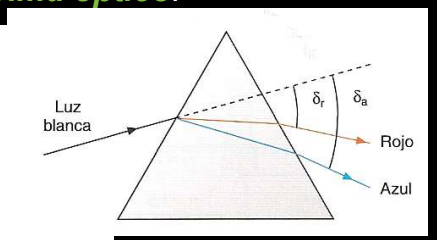


1. Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro con menor índice de refracción, se refracta alejándose de la normal.
2. Al incidir con un ángulo mayor, el ángulo de refracción también se hace más grande.
3. Para un cierto ángulo de incidencia, llamado ángulo limite, el ángulo de refracción vale 90º.
4. Para ángulos d incidencia mayores, la luz se refleja totalmente. Es el fenómeno de la reflexión total.

9. Dispersión de la luz

- La dispersión de la ***luz blanca***, formada por una mezcla de radiaciones de diferentes longitudes de onda, se pone de manifiesto cuando se hace pasar un haz de luz a través de un ***prima óptico***.





Rojo
Naranja
Amarillo
Verde
Azul
Índigo
Violeta

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0 \cdot f}{\lambda \cdot f} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

n_1 sen α_i = n_2 sen α_r

Cambia λ → Cambia n_2 → Cambia α_r

El índice de refracción de una sustancia es función de la longitud de la onda incidente; concretamente, disminuye con la longitud de onda. Como consecuencia Si un haz de rayos de luz de distintas longitudes de onda incide sobre un material refractante, cada radiación simple se desviará un ángulo diferente. Este fenómeno recibe el nombre de ***dispersión de la luz***.

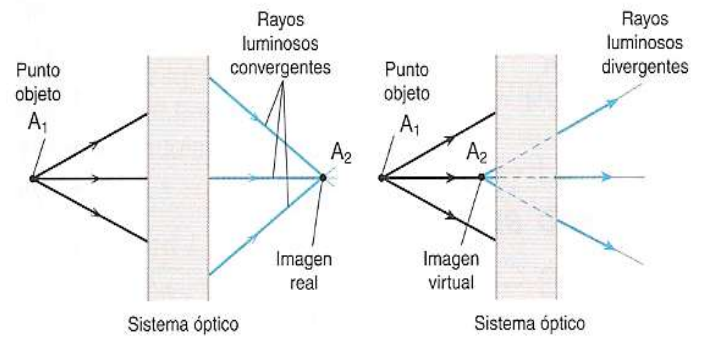
El arco iris se forma por la dispersión de la luz solar debida a su refracción dentro de las gotas de agua suspendidas en el aire tras la lluvia. Para poder observarlo debemos tener el Sol detrás de nosotros.

ÓPTICA GEOMÉTRICA.

Conceptos básicos de óptica geométrica

- **Óptica geométrica** es la parte de la física que estudia la trayectoria de la luz cuando experimenta reflexiones y refracciones en la superficie de separación entre medios

- Conceptos básicos de óptica geométrica.
- Cuando los rayos de luz que parten de un mismo punto se concentran en otro distinto, se dice que el segundo punto es la imagen del primero.
- Imagen real de un objeto. Es la imagen formada en un sistema óptico mediante intersección en un punto de los rayos convergentes procedentes del objeto.
- Imagen virtual de un objeto. Es la imagen formada en un sistema óptico mediante intersección en un punto de las prolongaciones de los rayos divergentes procedentes del objeto.



— **Sistema óptico.** Es un conjunto de superficies que separan medios transparentes, homogéneos e isótropos de diferente índice de refracción.

- Para el estudio de la óptica geométrica, se emplea el criterio de signos recogido en las ***normas DIN***.

1. Las magnitudes que hacen referencia a la imagen son las mismas que las referidas al objeto añadiéndoles el signo "prima"
2. La luz siempre se propaga de izquierda a derecha.
3. A partir del centro del sistema óptico, las distancias son positivas si se miden hacia la derecha o arriba y negativas si se miden hacia la izquierda o abajo (igual que los ejes cartesianos).

1. Conceptos básicos de la óptica geométrica

Elementos de Óptica geométrica	
Centro de curvatura	Es el centro de la superficie esférica a la que pertenece el dioptrio esférico.
Radio de curvatura del dioptrio	Es el radio de la superficie esférica.
Sistema óptico	Es el conjunto de varios dioptrios.
Eje óptico o eje principal	Es el eje común de todos los dioptrios de un sistema óptico.
Vértice o centro óptico del dioptrio	Es el punto de intersección del dioptrio esférico con el eje óptico.
Imagen real del objeto *A*	Si los rayos procedentes de un punto *A* atraviesan un sistema óptico y convergen a la salida cortándose en un punto *A'* (Fig. 10.1), este punto *A'* recibe el nombre de imagen real del objeto *A*.
Imagen virtual del objeto *A*	Si los rayos procedentes de un punto *A* atraviesan un sistema óptico y salen divergentes —son sus prolongaciones en sentido contrario al de propagación de la luz las que se cortan—, forman una imagen virtual en *A'* (Fig. 10.2). La imagen será más nítida cuanto mayor sea la coincidencia de rayos en *A'*.

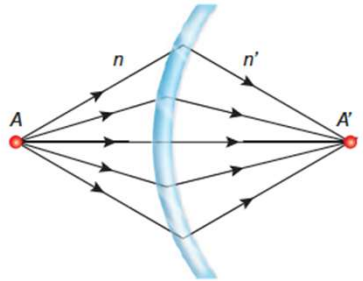


Fig. 10.1. El punto *A'* es la imagen real del punto *A*.

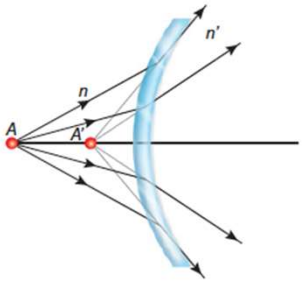


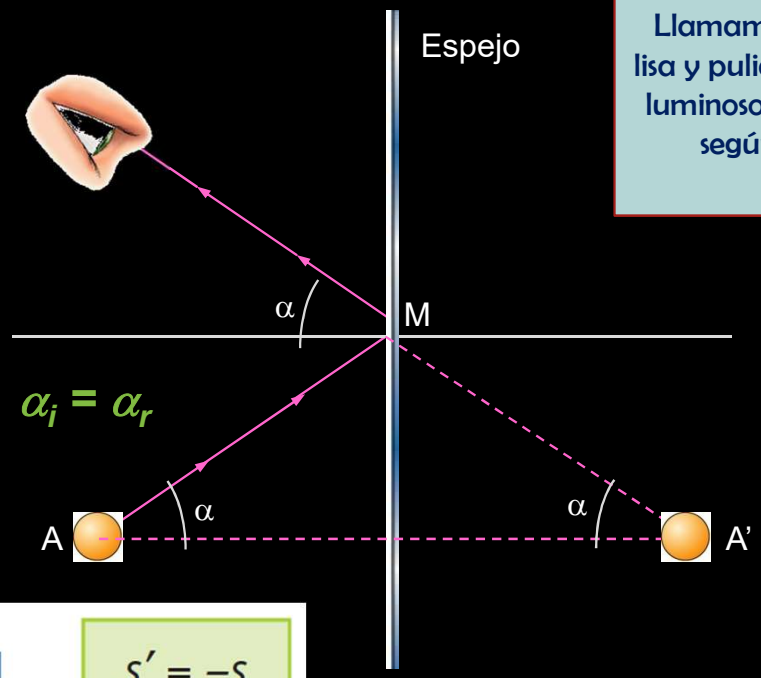
Fig. 10.2. El punto *A'* es la imagen virtual del punto *A*.

Las **imágenes reales** no se ven a simple vista, pero pueden recogerse sobre una pantalla. Las **imágenes virtuales** no existen realmente, se ven y no pueden recogerse sobre una pantalla.

Cuando los rayos emitidos por un punto objeto se cortan en un mismo punto imagen, el sistema óptico es **estigmático;** si no es así, es **astigmático.**

4.Espejos planos

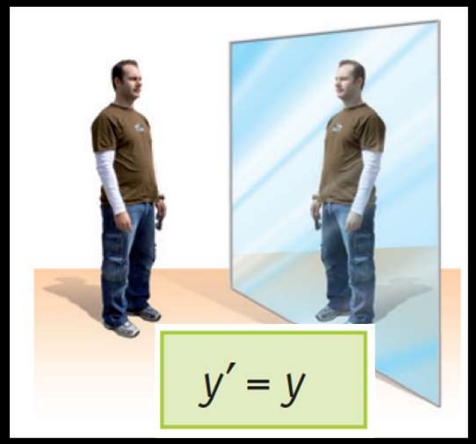
El observador ve la imagen A' de A porque recibe el rayo reflejado en el espejo



Llamamos ***espejo*** a toda superficie lisa y pulida capaz de reflejar los rayos luminosos. Puede ser plano o esférico según cómo sea la superficie.

Ley de la reflexión: $\alpha_i = \alpha_r$

$$\frac{s'}{s} = \frac{n'}{n}; \quad \frac{s'}{s} = \frac{-n}{n}; \quad \frac{s'}{s} = -1 \qquad \boxed{s' = -s}$$



- La formación de imágenes en espejos planos se rigen por las leyes de la reflexión

La imagen formada por un espejo plano es virtual y simétrica respecto al plano del espejo

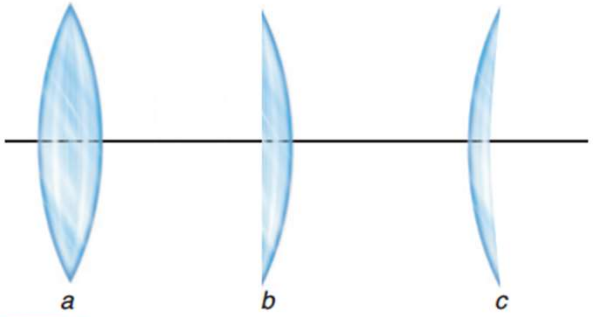
6.Lentes delgadas

Una **lente** se considera delgada si el grosor de esta es pequeño comparado con otras magnitudes de la lente, por ejemplo con los radios de curvatura de sus caras.

Convergentes

Son más gruesas en el centro que en los bordes

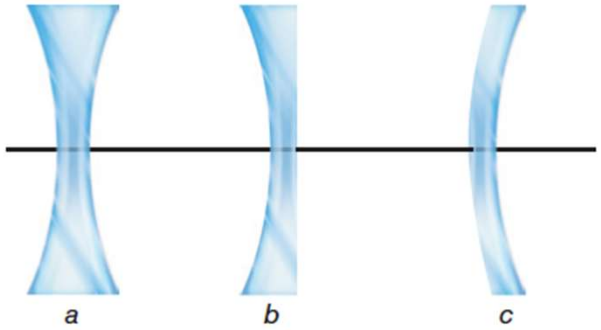
Biconvexa | Planoconvexa | Menisco convergente



Divergentes

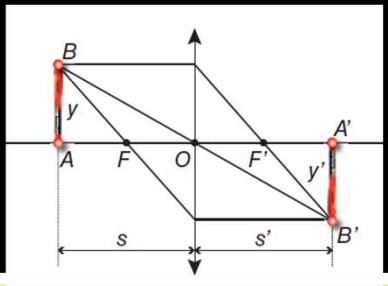
Son más gruesas en los bordes que en su parte media

Bicóncava | Planocóncava | Menisco divergente



6.Lentes delgadas: Ecuación fundamental

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \qquad \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = -\frac{1}{f}$$



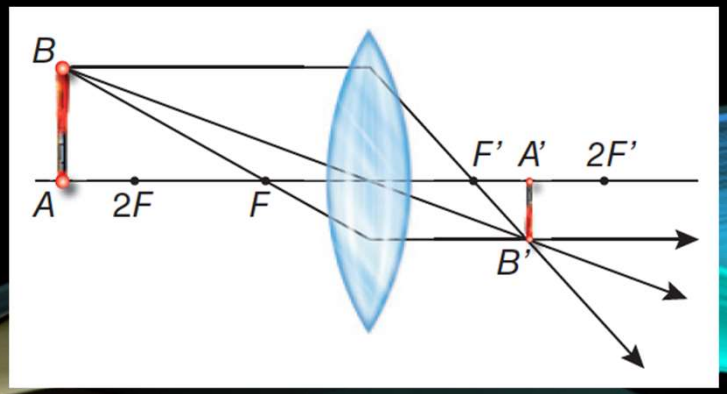
$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

La **potencia de una lente** es la inversa de su distancia focal imagen f':

$$P = \frac{1}{f'}$$

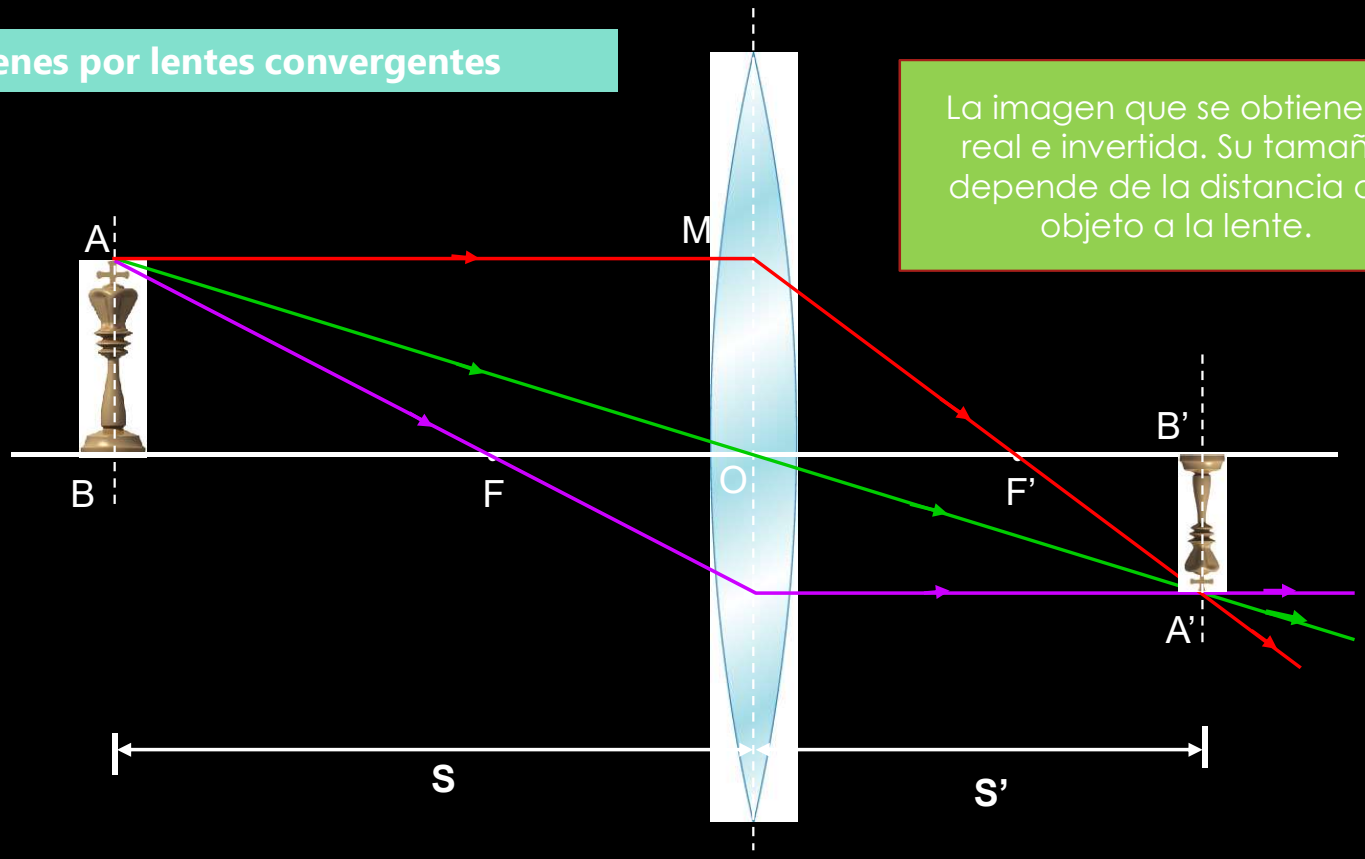
Construcción de imágenes

- Un rayo que entra paralelo, al salir, pasa por F'.
- Un rayo que entra por F, al salir, sale paralelo.
- Un rayo que pasa por el centro del sistema no se desvía.



6.Lentes delgadas: Ecuación fundamental

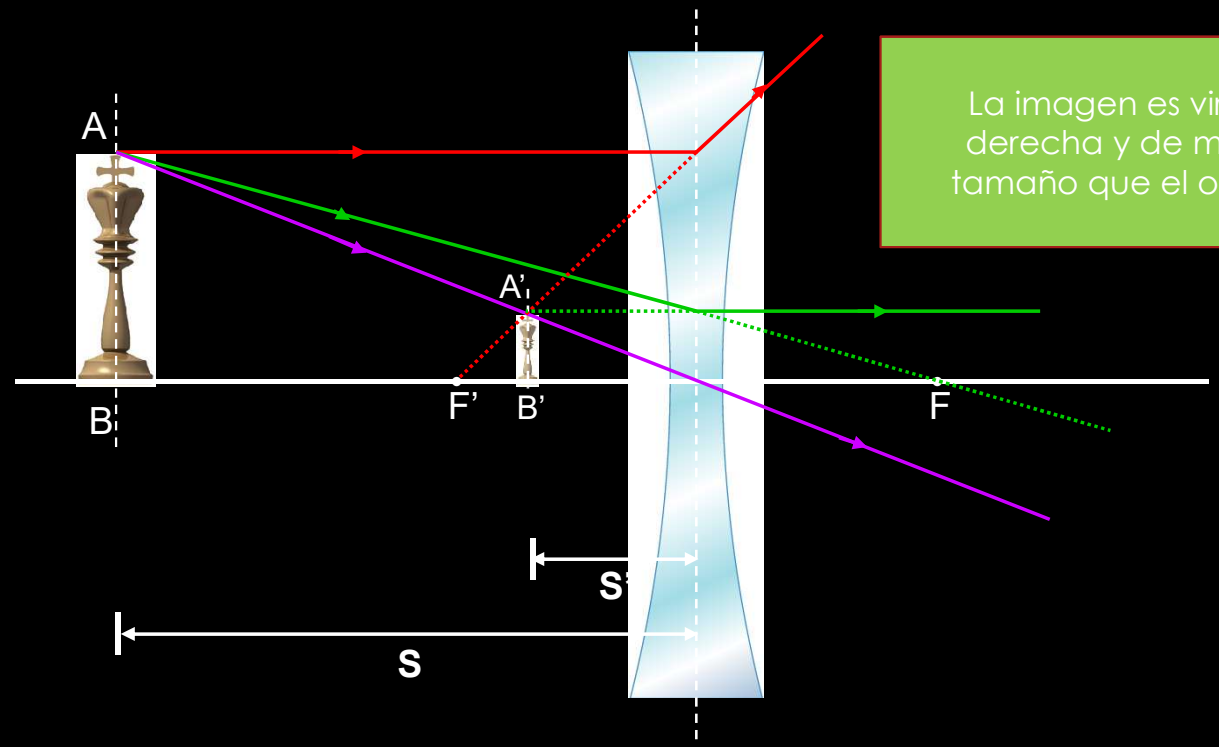
Formación de imágenes por lentes convergentes



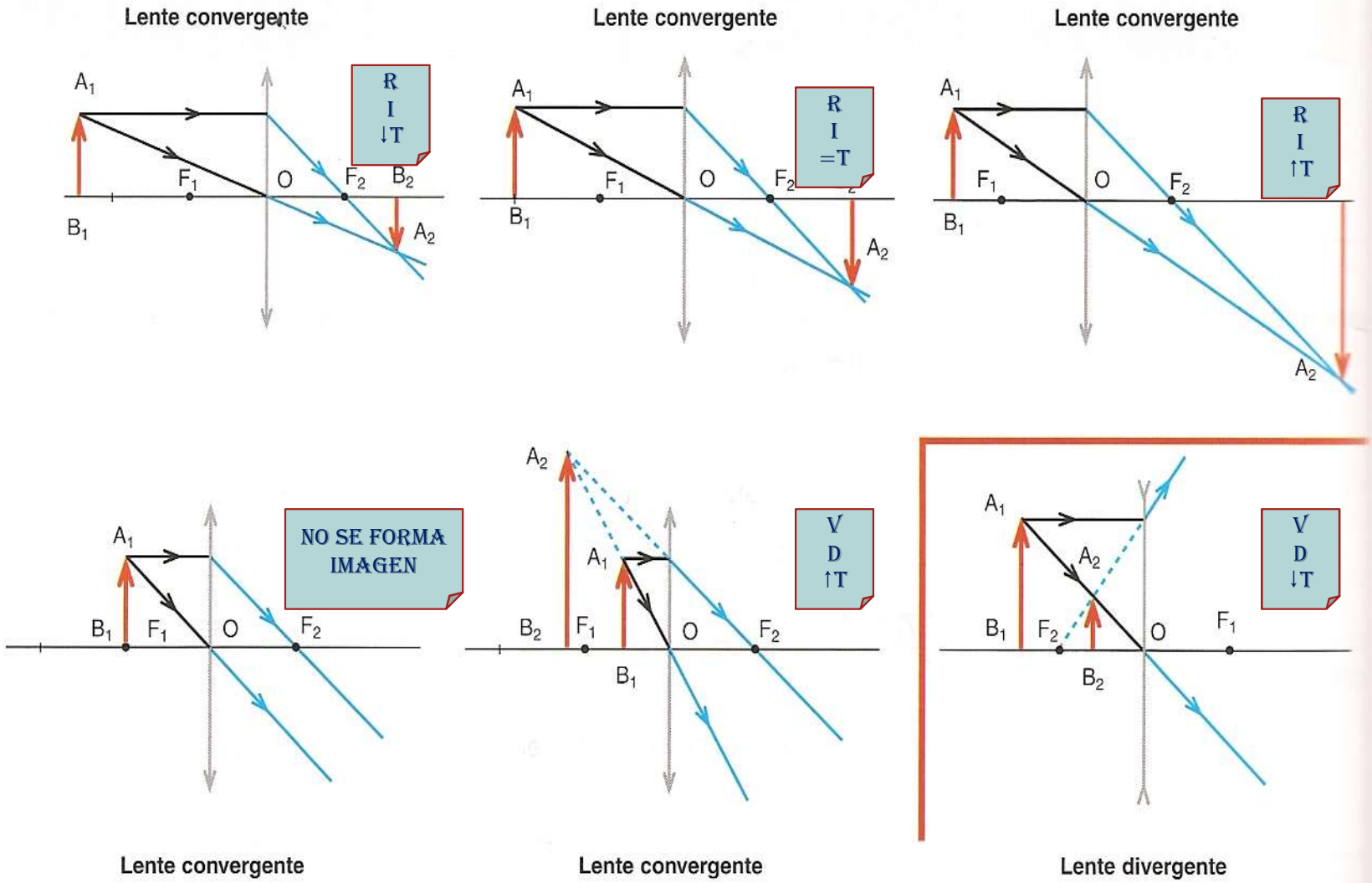
La imagen que se obtiene es real e invertida. Su tamaño depende de la distancia del objeto a la lente.

6.Lentes delgadas: Ecuación fundamental

Formación de imágenes por lentes divergentes



La imagen es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.


Lente convergente
R
I
↓T
Lente convergente
R
I
=T
Lente convergente
R
I
↑T
NO SE FORMA IMAGEN
Lente convergente
V
D
↑T
Lente convergente
V
D
↓T
Lente divergente

6.3. Sistemas ópticos formados por varias lentes

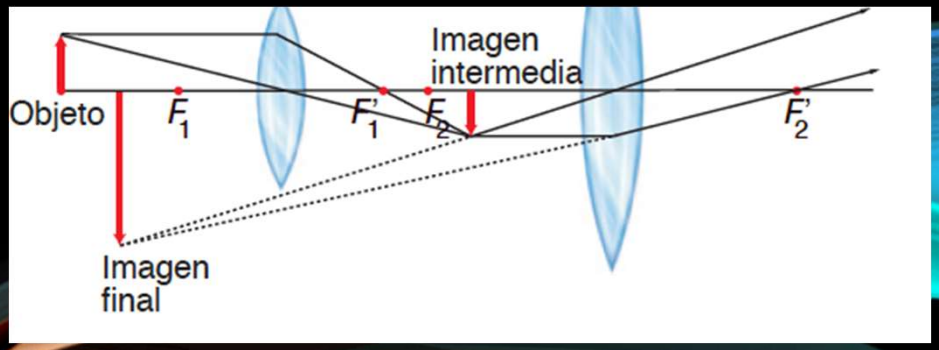
En ocasiones se emplean sistemas ópticos que constan de dos o más lentes. En estos casos se aplican las mismas ecuaciones que hemos utilizado para una lente, pero es necesario tener en cuenta lo siguiente:

• Si las lentes están acopladas, es decir, en contacto la una con la otra, la potencia del sistema es la suma algebraica de las potencias de cada lente.

• Si las lentes están separadas, la imagen formada por la primera lente actúa como objeto de la segunda lente, y así sucesivamente. Este mismo criterio se aplica para construir gráficamente la imagen.

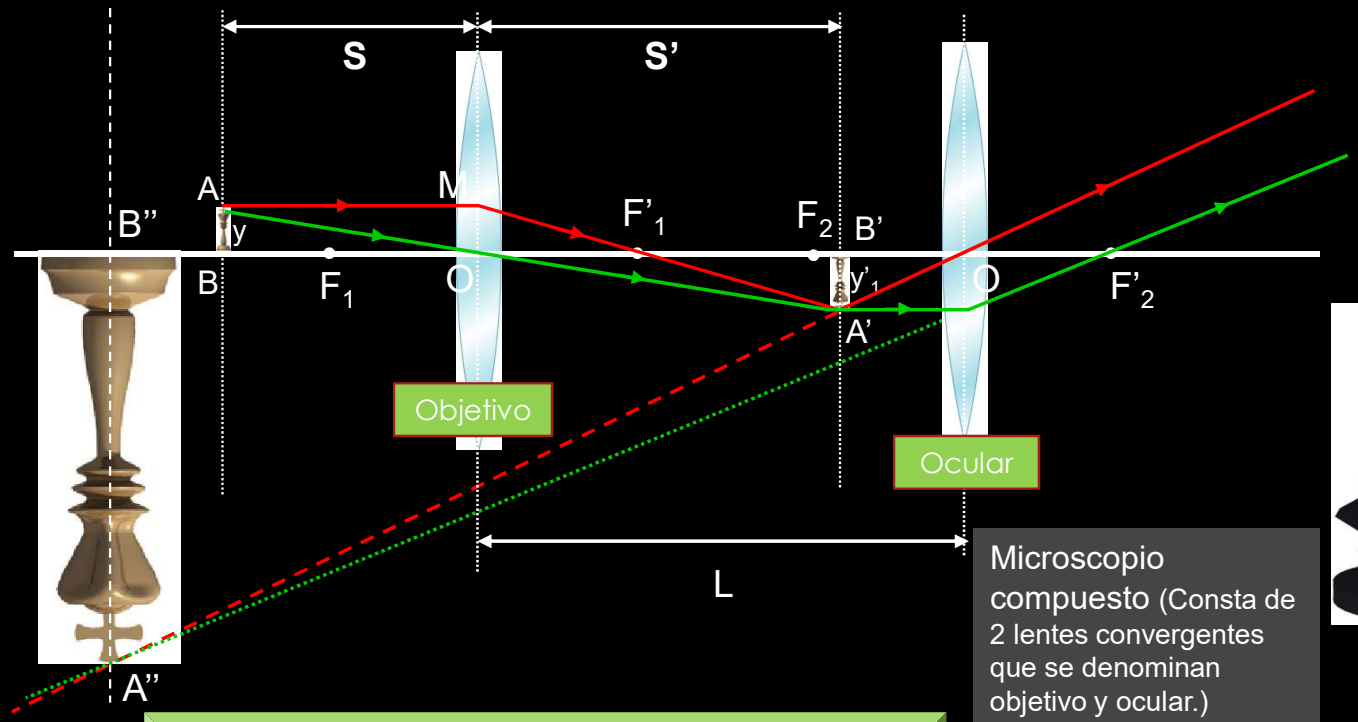
• El aumento lateral total es el cociente entre el tamaño de la imagen final y el del objeto; también es igual al producto de los aumentos producidos por cada lente.

Ejemplo del microscopio:



Combinación de lentes

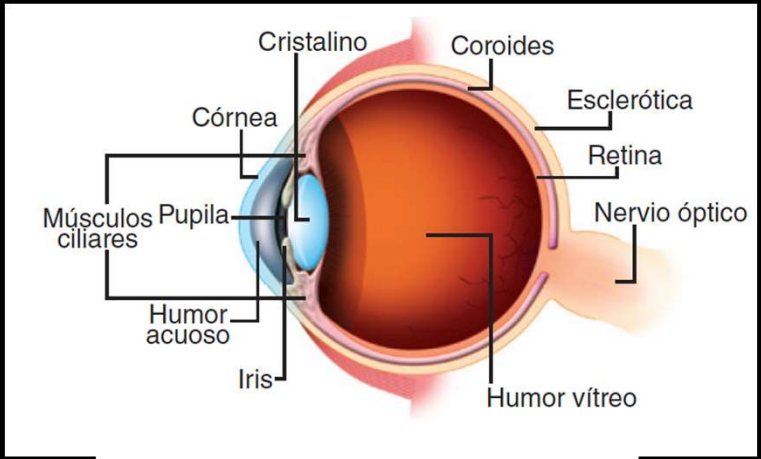
- La imagen formada por la primera y_1' hace de objeto para la segunda, que produce la imagen final y'

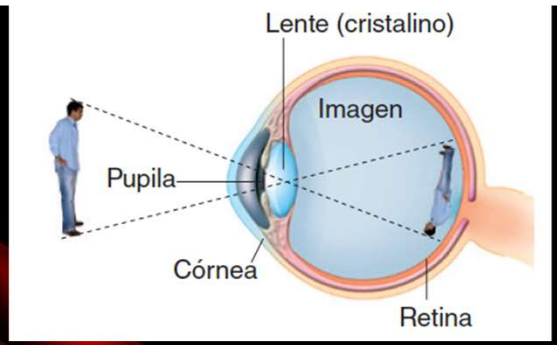


Microscopio compuesto (Consta de 2 lentes convergentes que se denominan objetivo y ocular.)

El aumento total es el cociente entre el tamaño de la imagen final y el del objeto

7. La óptica del ojo humano

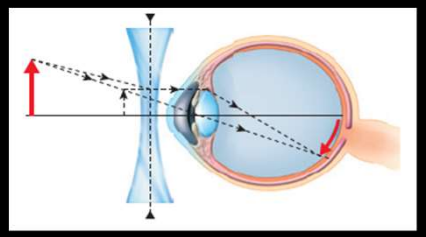




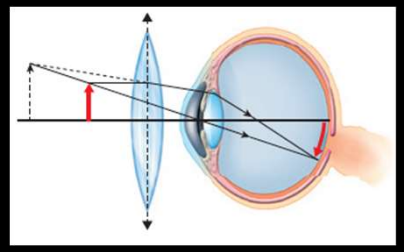
La luz penetra en el ojo a través de la córnea, que es transparente. El iris regula la cantidad de luz que entra en el ojo a través de la pupila, y el sistema córnea-cristalino enfoca la luz sobre la retina.

Defectos del funcionamiento del ojo

Miopía
En un ojo miope, el cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano. Se corrige con una lente divergente.



Hipermetropía
Es el defecto opuesto a la miopía, se ven mal los objetos cercanos. Se corrige con una lente convergente.



Astigmatismo
Generalmente se debe a que la córnea no es perfectamente esférica y el ojo no enfoca simultáneamente
las líneas verticales y horizontales.

Presbicia
La presbicia o vista cansada se debe a la disminución del poder de acomodación del ojo.