

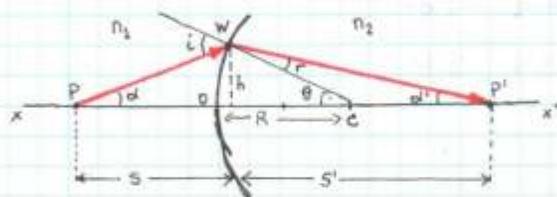
OPTICA GEOMETRICA

Sistema óptico - Es aquel a través del cual puede pasar la luz y está formado por un conjunto de superficies que separan medios de distintos índices de refracción. (Centrado: las curvas de curvatura de las superficies están alineadas)

DIOPTRIO → Es el conjunto formado por dos medios transparentes, isotropos y homogéneos, separados por una superficie.

TIPOS DE DIOPTRIOS → Plano, si la superficie de separación es plana
Esférico, " " " " " " " " " " esférica

CARACTERÍSTICAS



C: Centro de curvatura (centro de la superficie esférica a la que pertenece el dioptrio esférico)
R: Radio de curvatura
O: Vértice del dioptrio
xx': Eje del dioptrio

NORMAS DIN

- Objetos → Se representan por puntos (punto objeto), segmentos (recta objeto) o planos (plano objeto). Normalmente, un objeto se representa con una flecha para especificar la parte superior e inferior.
- Imágenes → Son puntos, rectas o planos donde se juntan los rayos reflejados o refractados, o bien sus prolongaciones.
 - Reales: Si proceden de la intersección de los rayos reflejados o refractados, además pueden ser recogidos en pantalla.
 - Virtuales: Si proceden de la intersección de las prolongaciones de los rayos reflejados o refractados, y no pueden ser recogidos en pantalla.
- Puntos: Se representan con mayúsculas
- Distancias: " " " " minúsculas
- Ángulos: " " " " letras griegas

Los elementos de una imagen llevan las mismas letras que los del objeto, pero con un apóstrofe.

Las magnitudes lineales son negativas a la izquierda del dioptrio y positivas a la derecha.

Las distancias al eje del dioptrio son positivas si están por encima del eje y negativas si están por debajo.

Los ángulos que forman los rayos con el eje del dioptrio son positivos cuando es necesario girar en sentido antihorario para llevar el rayo a coincidir con el eje por el camino más corto, y negativos en caso contrario.

Los ángulos de incidencia y refracción son positivos si al llevar el rayo por giro a coincidir con la normal por el camino más corto es en sentido horario.

- Marcha de la luz: de izquierda a derecha. $d \rightarrow -$ $l \rightarrow +$ $r \rightarrow +$ $d' \rightarrow +$ $\theta \rightarrow +$

DIOPTRIO ESFERICO

Sea un dioptrio formado por dos medios transparentes n_1 y n_2 . (figura de arriba), separados por una superficie esférica de radio R, y un punto objeto P que emite rayos luminosos en todas las direcciones.

Consideramos uno de los rayos que alcanza la superficie en el punto W, y se refracta, cortando al eje óptico en el punto imagen P'.

Supondremos que el dioptrio esférico es estigmático (todos los rayos del punto objeto pasan por el punto imagen) y los rayos paraxiales (ángulos con el eje muy pequeños)

Aplicamos la ley de Snell $n_1 \text{ sen } i = n_2 \text{ sen } r$

Si los rayos son paraxiales $\text{sen } i \approx i$ $\text{sen } r \approx r \Rightarrow n_1 \cdot i = n_2 \cdot r$

Como $i = \alpha + \theta$ y $\theta = r + \alpha'$ $\Rightarrow n_1 (\alpha + \theta) = n_2 (\theta - \alpha')$

Como $\alpha \approx \text{tg } \alpha = \frac{h}{s}$ $\alpha' \approx \text{tg } \alpha' = \frac{h}{s'}$ $\theta \approx \text{tg } \theta = \frac{h}{R}$

$n_1 \left(\frac{h}{s} + \frac{h}{R} \right) = n_2 \left(\frac{h}{R} - \frac{h}{s'} \right) \rightarrow$ Dividimos por h $\rightarrow n_1 \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{R} \right) = n_2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{s'} \right)$

Como la distancia s será negativa al estar el objeto a la izquierda $\rightarrow n_1 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{s} \right) = n_2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{s'} \right)$

o bien $\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R}$

FORMULA FUNDAMENTAL DEL DIOPTRIO ESFERICO

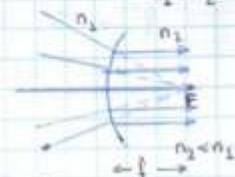
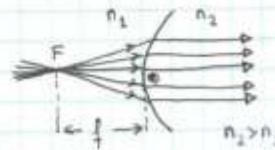
IMAGEN $\left\{ \begin{array}{l} \text{Si se forma a la derecha} \Rightarrow s' > 0, \text{ imagen REAL} \\ \text{Si se forma a la izquierda} \Rightarrow s' < 0, \text{ imagen VIRTUAL} \end{array} \right.$

Foco objeto (F)

Es un punto del eje óptico, tal que los rayos que parten de él (o sus prolongaciones) se refractan paralelamente al eje, de forma que su imagen se forma en el infinito. La distancia focal objeto (f) que es la distancia entre el foco objeto y el vértice del dióptro será:

$$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow \frac{n_1}{f} - \frac{n_2}{\infty} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow \frac{n_1}{f} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow f = \frac{n_1}{n_1 - n_2} R$$

$$\boxed{f = -\frac{n_1}{n_2 - n_1} R}$$



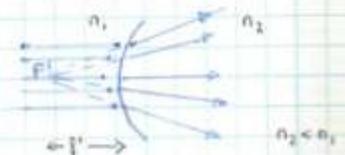
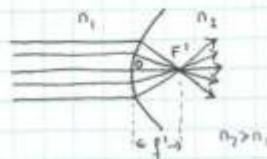
- Si $R > 0$ y $n_2 > n_1 \Rightarrow f < 0$ \rightarrow los rayos que pasan por F se refractan paralelos al eje óptico. el foco objeto está a la izquierda del vértice del dióptro.
- Si $R > 0$ y $n_2 < n_1 \Rightarrow f > 0$ \rightarrow los rayos cuyas prolongaciones pasan por F se refractan paralelos al eje óptico. El foco objeto está a la derecha del vértice.

Foco imagen (F')

Es un punto del eje óptico, tal que todos los rayos procedentes de un objeto situado en el infinito ($s \rightarrow -\infty$) y que llegan paralelos al eje óptico se refractan de modo que pasan por F', o bien sus prolongaciones. La distancia focal imagen (f') que es la distancia entre el foco imagen y el vértice del dióptro será:

$$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow \frac{n_1}{-\infty} - \frac{n_2}{f'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow -\frac{n_2}{f'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow f' = -\frac{n_2}{n_1 - n_2} R$$

$$\boxed{f' = \frac{n_2}{n_2 - n_1} R}$$



- Si $R > 0$ y $n_2 > n_1 \Rightarrow f' > 0$ \rightarrow los rayos paralelos al eje óptico se refractan convergiendo en F' y el foco imagen está a la derecha del vértice.
- Si $R > 0$ y $n_2 < n_1 \Rightarrow f' < 0$ \rightarrow los rayos paralelos al eje óptico divergen y sus prolongaciones pasan por F', el foco imagen está a la izquierda del vértice.

Si dividimos f por f' $\Rightarrow \frac{f}{f'} = \frac{-\frac{n_1}{n_2 - n_1} R}{\frac{n_2}{n_2 - n_1} R} \rightarrow \boxed{\frac{f}{f'} = -\frac{n_1}{n_2}}$

Los focos objeto e imagen se encuentran uno a cada lado del dióptro

Si sumamos f y f' $\rightarrow f + f' = -\frac{n_1}{n_2 - n_1} R + \frac{n_2}{n_2 - n_1} R \rightarrow \boxed{f + f' = \frac{n_2 - n_1}{n_2 - n_1} R}$

$$\boxed{f + f' = R}$$

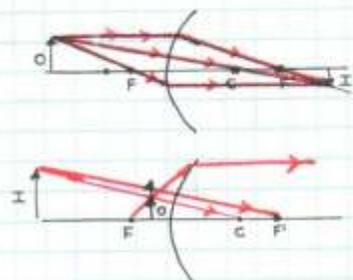
$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow$ Si dividimos ambos terminos por $\frac{n_1 - n_2}{R} \Rightarrow \frac{\frac{n_1}{s}}{\frac{n_1 - n_2}{R}} - \frac{\frac{n_2}{s'}}{\frac{n_1 - n_2}{R}} = 1$

$\frac{n_1 \cdot R}{s(n_1 - n_2)} - \frac{n_2 \cdot R}{s'(n_1 - n_2)} = 1 \Rightarrow \boxed{\frac{f}{s} + \frac{f'}{s'} = 1}$ **Ecuación de Gauss**

OBTENCIÓN GRÁFICA DE IMÁGENES

- Un rayo paralelo al eje óptico se refracta pasando por el foco imagen.
- " " que pase por el foco objeto se refracta paralelamente al eje óptico.
- " " " " por el centro de curvatura no se desvía.

Imagen real : a la izquierda de F está el objeto e invertida
 Imagen virtual : entre F y el vértice está el objeto y derecha

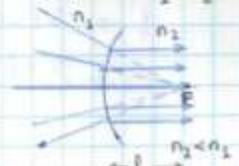
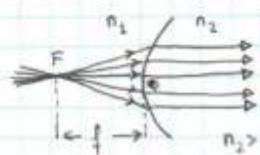


Foco Objeto (F)

Es un punto del eje óptico, tal que los rayos que parten de él (o sus prolongaciones) se refractan paralelamente al eje, de forma que su imagen se forma en el infinito. La distancia focal objeto (f) que es la distancia entre el foco objeto y el vértice del dióptro será:

$$\frac{n_2}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow \frac{n_2}{f} - \frac{n_2}{\infty} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow \frac{n_2}{f} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow f = \frac{n_2}{n_1 - n_2} \cdot R$$

$$f = - \frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot R$$



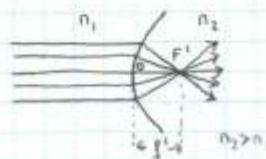
- Si $R > 0$ y $n_2 > n_1 \Rightarrow f < 0$ → los rayos que pasan por F se refractan paralelos al eje óptico. El foco objeto está a la izquierda del vértice del dióptro.
- Si $R > 0$ y $n_2 < n_1 \Rightarrow f > 0$ → los rayos cuyas prolongaciones pasan por F se refractan paralelos al eje óptico. El foco objeto está a la derecha del vértice.

Foco Imagen (F')

Es un punto del eje óptico, tal que todos los rayos procedentes de un objeto situado en el infinito ($s \rightarrow +\infty$) y que llegan paralelos al eje óptico se refractan de modo que pasan por F', o bien sus prolongaciones. La distancia focal imagen (f') que es la distancia entre el foco imagen y el vértice del dióptro será:

$$\frac{n_2}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow \frac{n_2}{-\infty} - \frac{n_2}{f'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow -\frac{n_2}{f'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow f' = - \frac{n_2}{n_1 - n_2} \cdot R$$

$$f' = \frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot R$$



- Si $R > 0$ y $n_2 > n_1 \Rightarrow f' > 0$ → los rayos paralelos al eje óptico se refractan convergiendo en F' y el foco imagen está a la derecha del vértice.
- Si $R > 0$ y $n_2 < n_1 \Rightarrow f' < 0$ → los rayos paralelos al eje óptico divergen y sus prolongaciones pasan por F', el foco imagen está a la izquierda del vértice.

Si dividimos f por f' $\Rightarrow \frac{f}{f'} = \frac{-\frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot R}{\frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot R} \rightarrow \frac{f}{f'} = - \frac{n_1}{n_2}$

Los focos objeto e imagen se encuentran uno a cada lado del dióptro

Si sumamos f y f' $\rightarrow f + f' = -\frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot R + \frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot R \rightarrow f + f' = \frac{n_2 - n_1}{n_2 - n_1} \cdot R$

$$f + f' = R$$

$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow$ Si dividimos ambos términos por $\frac{n_1 - n_2}{R} \Rightarrow \frac{n_1/s}{\frac{n_1 - n_2}{R}} - \frac{n_2/s'}{\frac{n_1 - n_2}{R}} = 1$

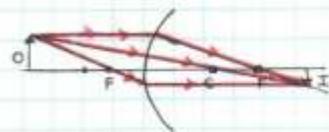
$\frac{n_2 \cdot R}{s} - \frac{n_2 \cdot R}{s'} = 1 \Rightarrow \frac{f}{s} + \frac{f'}{s'} = 1$ **Ecuación de Gauss**

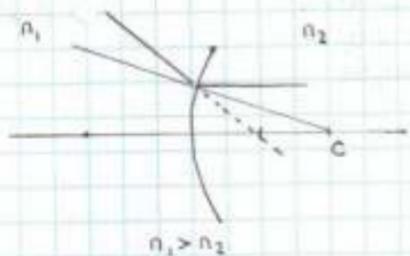
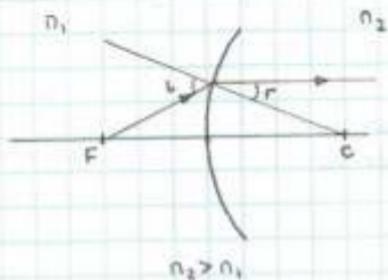
OBTENCIÓN GRÁFICA DE IMAGENES

- Un rayo paralelo al eje óptico se refracta pasando por el foco imagen.
- " " que pase por el foco objeto se refracta paralelamente al eje óptico
- " " " por el centro de curvatura no se desvía.

Imagen real : a la izquierda de F está el objeto e invertida

Imagen virtual : entre F y el vértice está el objeto y derecha





$$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad s' = \infty$$

$$\frac{n_1}{f} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

$$f = \frac{n_2 R}{n_1 - n_2} = - \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}$$

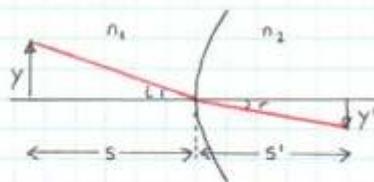
$$R > 0 \quad n_2 > n_1 \quad f < 0$$

$$R > 0 \quad n_2 < n_1 \quad f > 0$$

AUMENTO LATERAL DEL DIOPTRIO (M_L)

Es la relación entre el tamaño de la imagen y el del objeto.

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



$$\operatorname{tg} i = \frac{y}{s} \quad \operatorname{tg} r = -\frac{y'}{s'} \quad \rightarrow \quad \frac{\operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} r} = \frac{-y/s}{-y'/s'}$$

Para rayos paraxiales: $\frac{i}{r} = \frac{y \cdot s'}{y' \cdot s}$ ($i \approx \operatorname{tg} i \approx \operatorname{sen} i$) y ($r \approx \operatorname{tg} r \approx \operatorname{sen} r$)

Como: $n_1 \operatorname{sen} i = n_2 \operatorname{sen} r \Rightarrow \frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} r} = \frac{y \cdot s'}{y' \cdot s} = \frac{n_2}{n_1}$

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{n_1 \cdot s'}{n_2 \cdot s}$$

Como $\frac{f}{f'} = -\frac{n_1}{n_2}$

$$M_L = -\frac{f \cdot s'}{f' \cdot s}$$

DIOPTRIO PLANO

Puede considerarse como un dioptrio esférico con radio infinito. Si $R \rightarrow \infty$, tendremos

$$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \rightarrow \frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{\infty} = 0 \rightarrow \boxed{\frac{n_1}{s} = \frac{n_2}{s'}}$$

$$s' = \frac{n_2}{n_1} s \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Objeto real} \Rightarrow s < 0 \Rightarrow s' < 0 \Rightarrow \text{IMAGEN VIRTUAL} \\ \text{Objeto virtual} \Rightarrow s > 0 \Rightarrow s' > 0 \Rightarrow \text{IMAGEN REAL} \end{array} \right.$$

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{n_1 \cdot s'}{n_2 \cdot s} = 1 \quad \text{ya que } M_L = \frac{n_2 \cdot \frac{n_2}{n_1} s}{n_2 \cdot s} = 1$$

Las imágenes producidas por el dioptrio plano son virtuales, derechas y del mismo tamaño que el objeto.

Ej: Delante de un dioptrio esférico cóncavo de 20 cm de radio y a 40 cm de distancia de él se encuentra situado un objeto de 5 cm de altura. Los índices de refracción de los dos medios separados por el dioptrio son: $n_1 = 1$ y $n_2 = 1.5$. Hallar la posición y el tamaño de la imagen.

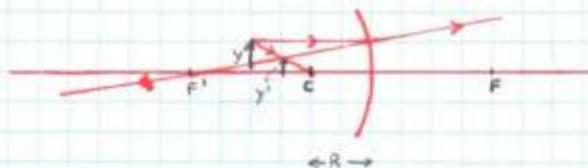
$$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad R = -20 \text{ cm.} \quad n_1 = 1$$

$$s = -40 \text{ cm.} \quad n_2 = 1.5$$

$$y = 5 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{-40} - \frac{1.5}{s'} = \frac{1 - 1.5}{-20} \Rightarrow \frac{1.5}{s'} = -\frac{1}{40} - \frac{0.5}{20}$$

$$\frac{1.5}{s'} = \frac{-20 - 20}{800} \Rightarrow s' = \frac{800 \cdot 1.5}{-40} \Rightarrow \boxed{s' = -30 \text{ cm}}$$



$$f = -\frac{n_2}{n_2 - n_1} R \rightarrow f = -\frac{1}{1.5 - 1} (-20) = \frac{20}{0.5} = 40 \text{ cm.}$$

$$f' = \frac{n_2}{n_1 - n_2} R \rightarrow f' = \frac{1.5}{1 - 1.5} (-20) = -\frac{30}{0.5} = -60 \text{ cm.}$$

Observar que $f + f' = R$

$$M_L = \frac{n_1 \cdot s'}{n_2 \cdot s} = -\frac{f \cdot s'}{f' \cdot s} \quad M_L = \frac{1 \cdot (-30)}{1.5 \cdot (-40)} = 0.5 \quad \text{o} \quad M_L = -\frac{40 \cdot (-30)}{-60 \cdot (-40)} = 0.5$$

Como $M_L = \frac{y'}{y} \Rightarrow \boxed{y' = 0.5 \cdot 5 = 2.5 \text{ cm.}}$

IMAGEN VIRTUAL, DIRECTA Y DE MENOR TAMAÑO QUE EL OBJETO

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

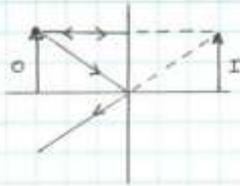
$$f \rightarrow \begin{array}{l} s = R \\ s = f \end{array} \quad \frac{v_1}{R} - \frac{v_2}{R} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad \frac{v_1}{R} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad f = \frac{n_1}{n_1 + n_2} R$$

$$f' \rightarrow \begin{array}{l} s = -R \\ s = f' \end{array} \quad \frac{v_1}{R} - \frac{v_2}{-R} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad \frac{v_1}{R} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad f' = -\frac{n_2}{n_1 - n_2} R$$

$$M_f = \frac{f'}{f} = \frac{\frac{n_2}{n_1 - n_2} R}{\frac{n_1}{n_1 + n_2} R} = -\frac{n_2}{n_1} \frac{n_1 + n_2}{n_1 - n_2}$$

$$f + f' = R$$

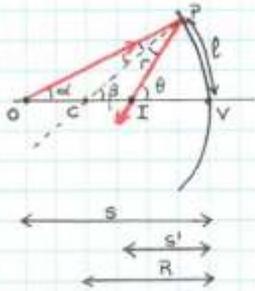
Es toda superficie pulimentada capaz de reflejar la luz. Según la forma, pueden ser planos, esféricos, parabólicos, etc.



La imagen formada en un espejo plano es virtual (los prolongamientos de los rayos reflejados forman la imagen), del mismo tamaño que el objeto y derecha. Además presenta inversión lateral.

ESPEJOS ESFERICOS

Mientras que en los espejos parabólicos, los rayos reflejados convergen en un punto, en los espejos esféricos no todos los rayos convergen en el mismo punto (aberración esférica). Si consideramos únicamente los rayos paraxiales (rayos más próximos al eje óptico), todos los rayos reflejados convergerán en un punto.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{s} \approx \alpha \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{l}{R} \approx \beta \quad \operatorname{tg} \theta = \frac{l}{s'} \approx \theta$$

Como en el triángulo OPI, la suma debe ser 180° de todos sus ángulos

$$\alpha + i + r + 180 - \theta = 180 \quad \begin{matrix} \alpha + l + r = \theta \\ \text{Como } i = r \end{matrix}$$

$$\boxed{\alpha + 2i = \theta}$$

Por otra parte, en el triángulo CPI, tenemos:

$$\beta + r + 180 - \theta = 180 \quad \beta + r = \theta \rightarrow \boxed{\beta + i = \theta}$$

Como $\alpha = \theta - \beta \rightarrow \alpha + 2(\theta - \beta) = \theta \Rightarrow \alpha + \theta = 2\beta$

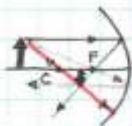
(*) $\theta = \beta + r$
 $\alpha + r = \theta = \beta + r$

$$\frac{l}{s} + \frac{l}{s'} = \frac{2l}{R} \rightarrow \boxed{\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}} \quad \begin{matrix} \text{Ecuación o fórmula de} \\ \text{los espejos} \end{matrix}$$

En un espejo esférico, la distancia focal es la mitad de su radio. $\Rightarrow \boxed{\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}}$ ya que $f = \frac{R}{2}$

CONSTRUCCION DE IMAGENES

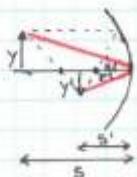
- Todo rayo paralelo al eje óptico ~~incide en el espejo~~ se refleja pasando por el foco (o su prolongación)
- Todo rayo que pase por el centro de curvatura (o su prolongación) no se desvía.
- Todo rayo que pase por el foco se refleja paralelo al eje óptico.



AUMENTO DE LA IMAGEN

Relación existente entre el tamaño de la imagen y el tamaño del objeto.

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



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{s} \quad \operatorname{tg} r = \frac{-y'}{s'} \rightarrow \frac{y}{s} = -\frac{y'}{s'} \rightarrow \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$$

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

ESPEJOS PLANOS	
CONCAVOS - Superficie reflectante es la interior ($R < 0$)	$R = \infty \rightarrow \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$
CONVEXOS - Superficie reflectante es la exterior ($R > 0$)	$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = 0 \quad \boxed{s' = -s}$ IMAGEN VIRTUAL
	$M_L = -\frac{s'}{s} = -\frac{-s}{s} = 1 \quad \boxed{M_L = 1}$

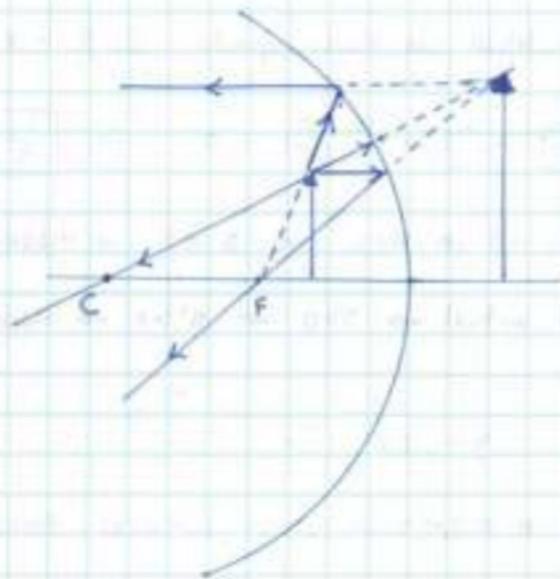


IMAGEN VIRTUAL
DIRECTA Y DE MENOR TAMAÑO
QUE EL OBJETO

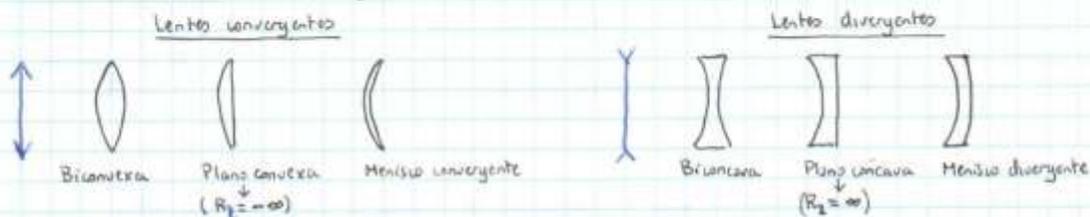
LENTES

Una lente es un sistema óptico formado por dos dióptrics, de las que uno, al menos, suele ser esférico.

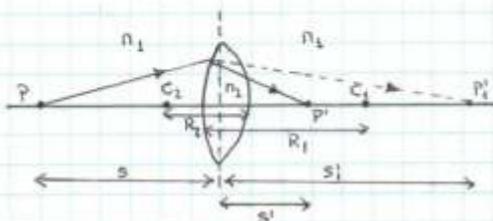
Una lente es delgada si su espesor es pequeño comparado con los radios de curvatura, y gruesa si su espesor es grande.

Eje principal de la lente: recta que une los centros de curvatura de las dos dióptrics que la constituyen.

- Lentes
- **Convergentes:** Son más anchas por el centro que por los extremos. En ellas, un haz de rayos paralelos, después de atravesarlas, converge para formar una imagen real.
 - **Divergentes:** Son más anchas por los extremos que por el centro. En ellas, un haz de rayos paralelos, después de atravesarlas, diverge para formar una imagen virtual.



ECUACION FUNDAMENTAL DE LAS LENTES DELGADAS



Hay dos refracciones y suponemos que en la segunda refracción, los rayos incidentes provienen de P'_1 y el medio incidente es n_2 , mientras que el medio al que se transmiten los rayos es n_1 .

Aplicamos la fórmula fundamental del dióptrico esférico:

$$\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'_1} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} \quad \frac{n_2}{s'_1} - \frac{n_1}{s'} = \frac{n_1 - n_2}{R_2}$$

Sumamos miembro a miembro: $\frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'_1} + \frac{n_2}{s'_1} - \frac{n_1}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} + \frac{n_1 - n_2}{R_2}$

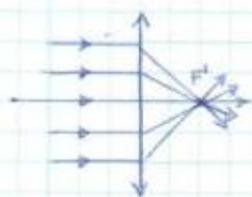
$$\frac{n_1}{s} - \frac{n_1}{s'} = (n_2 - n_1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{EC. FUNDAMENTAL DE LAS LENTES DELGADAS}$$

Si la lente se encuentra en el aire: $n_2 = 1$

$$\frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{llamamos } n_2 = n = \text{índice de refracción de la lente}$$

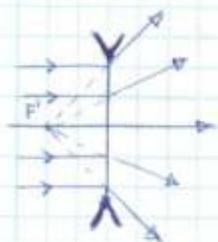
$$\frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

FOCOS Y DISTANCIAS FOCALES EN LENTES



Si los rayos proceden de un punto situado en el infinito llegan paralelos a la lente, y su imagen se forma en el foco imagen (F'), situado a una distancia focal f' llamada distancia focal imagen.

$$s = -\infty \quad \frac{n_1}{s} - \frac{n_2}{s'} = (n_2 - n_1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$



$$\text{Si } n_2 = 1 \rightarrow \frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\text{y } n_2 = n$$

$$\text{Como } s = -\infty \quad -\frac{1}{s'} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$s' = f' \quad -\frac{1}{f'} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \rightarrow \boxed{\frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}$$

El foco objeto de la lente, es un punto tal que si en él situamos un objeto, su imagen se forma en el infinito. La distancia focal objeto se llama f .

$$s' = \infty \quad \frac{1}{s} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$s = f \quad \boxed{\frac{1}{f} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}$$

$$\text{Si dividimos ambas expresiones} \quad \frac{1/f}{1/f'} = \frac{(1-n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}{- (1-n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} \rightarrow \frac{1/f}{1/f'} = -1 \rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{1}{f'}$$

$$\boxed{\frac{1}{f} = -\frac{1}{f'}}$$

$$\text{La ecu. fundamental queda así:} \quad \frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = (1 - n) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f} = -\frac{1}{f'}$$

$$\boxed{\frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = -\frac{1}{f'}} \rightarrow \frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = 1 \rightarrow \boxed{\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = 1}$$

AUMENTO LATERAL

El aumento lateral de una lente delgada es el producto de los aumentos laterales de los dos dioptrios que la componen.

$$\text{El aumento lateral en un dioptrio es: } M_L = \frac{y'}{y} = \frac{n_2 s'}{n_1 s}$$

$$M_{L_1} = \frac{y'_1}{y} = \frac{n_1 s'_1}{n_2 s}$$

$$M_{L_2} = \frac{y'}{y'_1} = \frac{n_2 s'}{n_1 s'_1}$$

$$\boxed{M_L = \frac{y'}{y} = M_{L_1} \cdot M_{L_2} = \frac{n_1 s'_1}{n_2 s} \cdot \frac{n_2 s'}{n_1 s'_1} = \frac{s'}{s}}$$

POTENCIA DE UNALENTE

Potencia o convergencia de una lente, C , es la inversa de su distancia focal imagen.

$$\boxed{C = \frac{1}{f'}} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{Si } f' \text{ se mide en m., } C \text{ se mide en dioptrías}$$

Como en lentes convergentes $f' > 0 \Rightarrow C > 0$

Como en lentes divergentes $f' < 0 \Rightarrow C < 0$

OBTENCIÓN GRÁFICA DE IMÁGENES EN LENTES



- Un rayo paralelo al eje óptico se refracta pasando por el foco imagen
- Un rayo que pase por el foco objeto se refracta paralelamente al eje óptico
- Un rayo que pase por el centro óptico (O) no experimenta desviación alguna

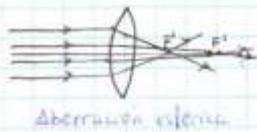
ABERRACIONES DE LAS LENTES

Son las diferencias existentes entre las imágenes reales y las previstas teóricamente. Los defectos producidos se llaman aberraciones.

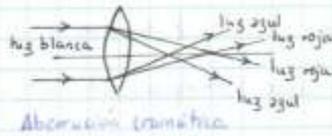
Entre las aberraciones más comunes se encuentran la aberración esférica y la aberración cromática.

Aberración esférica - Se debe a que todos los rayos que inciden paralelos no se cortan en un punto. Los rayos próximos al borde de la lente se cortan en un punto más próximo a la lente que los rayos centrales. Este defecto se corrige colocando un diafragma que solo deje pasar los rayos próximos al eje óptico.

Aberración cromática - Se debe a que el índice de refracción de la lente varía con la longitud de onda empleada, es decir, surge como consecuencia de la dispersión producida por la lente. Así pues, la distancia focal será diferente para cada color. La luz azul se enfoca más cerca de la lente que la luz roja. Este defecto se corrige combinando una lente convergente con una divergente para compensar las dispersiones.



Aberración esférica



Aberración cromática

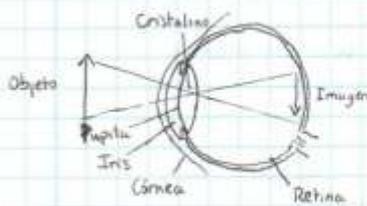
EL OJO HUMANO Y SUS DEFECTOS

El ojo humano es un sistema óptico formado por un conjunto de medios transparentes que forman sobre la retina una imagen real e invertida de los objetos. La retina es la superficie interna del ojo, sensible a la luz.

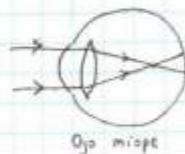
El ojo humano es de forma aproximadamente esférica, de unos 2.5 cm de diámetro. El proceso es así:

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.

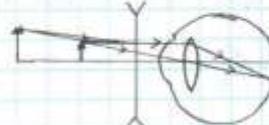
El cristalino es una lente biconvexa con índice de refracción igual a 1.43, algo mayor que el agua. El cristalino hace posible el enfoque sobre la retina mediante la acción de los músculos ciliares que modifican su curvatura y permiten la visión de los objetos próximos y lejanos. Este proceso se llama ACOMODACION DEL OJO. Para un ojo normal, el punto más próximo que el cristalino puede enfocar en la retina está situado a unos 25 cm del ojo \rightarrow Esta distancia se llama PUNTO PRÓXIMO. El punto más lejano, que puede ser infinito para un ojo normal, se llama PUNTO REMOTO.



MIOPÍA \rightarrow El cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano. La imagen se forma delante de la retina. Se debe a que la córnea tiene demasiada curvatura o el ojo tiene una longitud mayor de lo normal. Para corregir la miopía, se usan lentes divergentes, de forma que el foco imagen de esta lente coincida con el punto remoto del ojo.



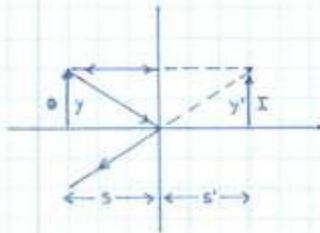
Ojo miope



Corrección de la miopía

PRESBICIA o VISTA CANSADA \rightarrow Se debe a la disminución en el poder de acomodación del ojo. Debido a la edad, los músculos ciliares se debilitan y disminuye la flexibilidad del cristalino alejándose el punto próximo, por lo que se ven los objetos próximos con dificultad, como en el ojo hipermetrope. Se corrige con lentes convergentes.

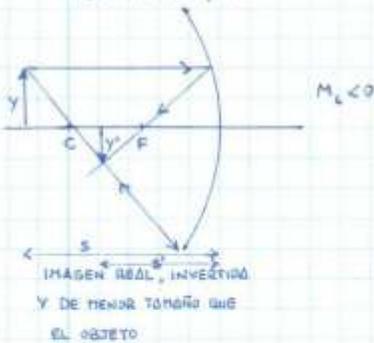
ESPEJOS



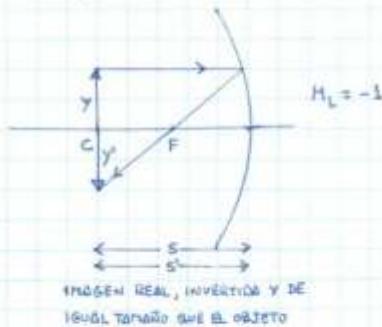
$$M_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} = 1 \quad (y' = y)$$

ESPEJOS CONCAVOS

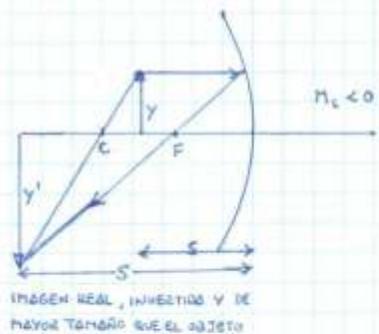
- Objeto entre C y ∞ -



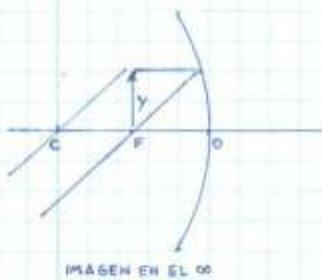
- El objeto se sitúa en el centro de curvatura -



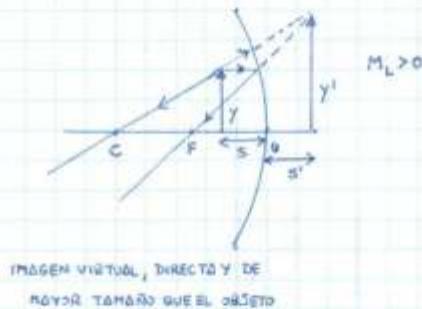
- Objeto entre C y F -



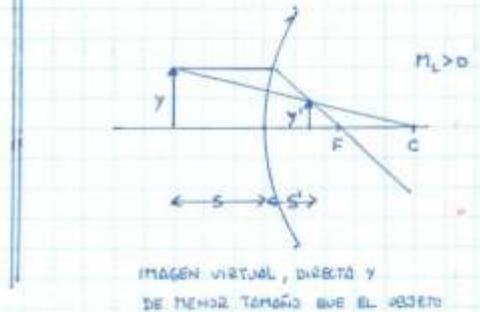
- El objeto se sitúa en F -



- El objeto se sitúa entre F y O -



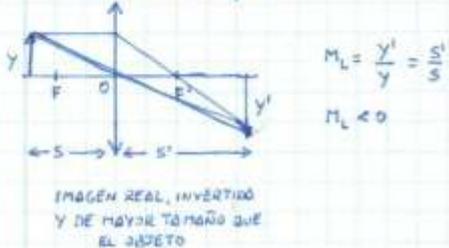
ESPEJOS CONVEXOS



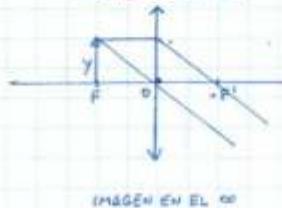
LENTES

LENTES CONVERGENTES (BICONVEXAS)

- OBJETO ENTRE F y ∞ -



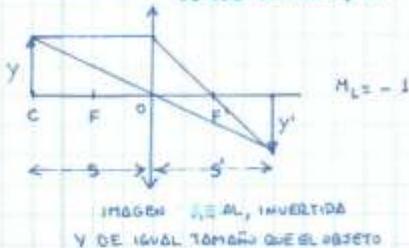
- OBJETO EN F -



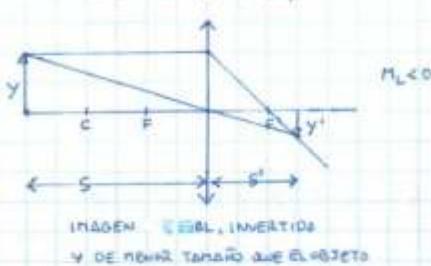
- OBJETO ENTRE F y O -



- OBJETO EN C -
(2 veces distancia focal)



- OBJETO ENTRE C y O -



LENTES DIVERGENTES (BICONCAVAS)

