

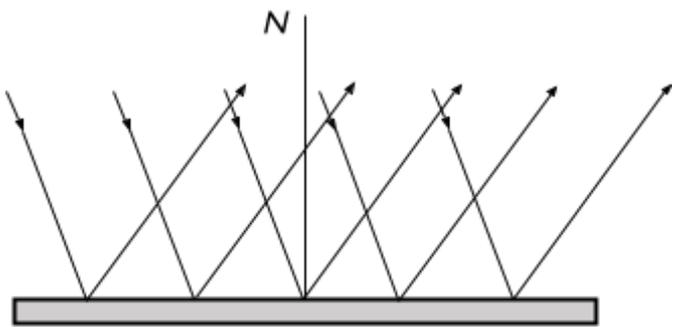
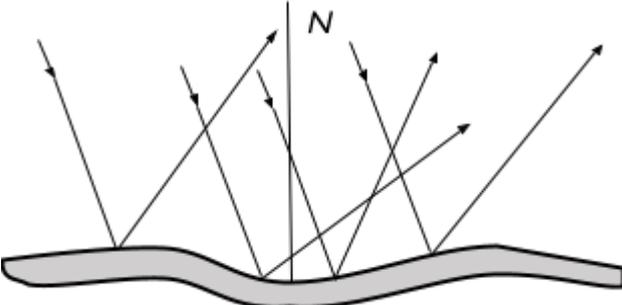
Unidad 8: Óptica

8.1 Reflexión y refracción de la luz

La óptica es parte de la física que estudia la luz y aquellos fenómenos que impresionan el sentido de la vista.

8.1.1 Reflexión de la luz

En este fenómeno un rayo luminoso experimenta un cambio de dirección y sentido al chocar contra la superficie de separación entre dos medios. Se expresa en dos formas:

 <p style="text-align: center;">Superficie lisa</p>	 <p style="text-align: center;">Superficie rugosa</p>
<p>A. Una reflexión regular ocurre cuando la superficie reflectora es lisa.</p>	<p>B. Una reflexión irregular ocurre cuando la superficie reflectora es rugosa.</p>

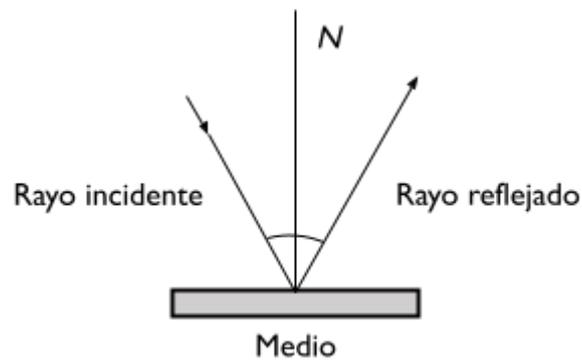
Leyes de la reflexión:

1. El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado se encuentran en un mismo plano.
2. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión $i = r$

Donde:

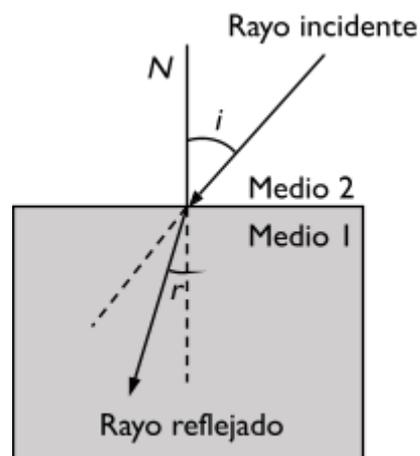
$i = \text{Ángulo de incidencia}$

$r = \text{Ángulo de reflexión}$



8.1.2 Refracción de la luz

Un rayo luminoso experimenta un cambio de dirección cuando atraviesa en sentido oblicuo la superficie entre dos medios de naturaleza diferente.



Leyes de la refracción:

1. El rayo incidente, la normal y el rayo refractado se encuentran en un mismo plano.
2. Ley de Snell: La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es constante para dos medios dados, esta razón es el índice de refracción entre los medios.

Fórmula

$$\eta = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$$

8.1.3 Índice de refracción

Es la razón que existe entre la velocidad con la que viaja la luz en el vacío y la velocidad con que viaja en un medio.

Fórmula
$\eta = \frac{c}{v}$

Donde:	
η = índice de refracción	
i = ángulo de incidencia	
r = ángulo de reflexión	
c = velocidad de la luz en el vacío	$\frac{km}{s}, \frac{m}{s}$
v = velocidad de la luz en el medio	$\frac{km}{m}, \frac{m}{s}$
velocidad de la luz en el vacío = $300\,000 \frac{km}{s}$ o $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$	

Índice de refracción de algunos medios

Sustancia	Índice de refracción
Vidrio	1.5
Aire	1.003
Alcohol	1.36
Agua	1.33

Ejemplo 1:

¿Cuál es el índice de refracción de un material si en él la velocidad de la luz es de 200 000 km/s?

Solución: Datos: $c = 300\,000 \text{ km/s}$, $v = 200\,000 \text{ km/s}$, $\eta =$

Datos	Fórmula	Sustitución	Resultado
$c = 300\,000 \frac{km}{s}$ $v = 200\,000 \frac{km}{s}$ $\eta = ?$	$\eta = \frac{c}{v}$	$\eta = \frac{300\,000 \frac{km}{s}}{200\,000 \frac{km}{s}}$	$\eta = 1.5$

El índice de refracción queda sin unidades, ya que estas se eliminan debido a que $\frac{km}{km} = 1$ y $\frac{s}{s} = 1$.

Ejemplo 2:

¿Cuál es la velocidad con que la luz se mueve en un medio, si su índice de refracción es de 1.2?

Solución: Datos: $c = 300\,000\text{ km/s}$, $\eta = 1.2$, $v =$

Datos	Fórmula / Despeje	Sustitución	Resultado
$c = 300\,000\frac{\text{km}}{\text{s}}$ $\eta = 1.2$ $v = \text{¿?}$	$\eta = \frac{c}{v}$ $v = \frac{c}{\eta}$	$v = \frac{300\,000\frac{\text{km}}{\text{s}}}{1.2}$	$v = 250\,000\frac{\text{km}}{\text{s}}$

Se utiliza la fórmula del índice de refracción η para despejar la velocidad v y calcularla:

$$\eta = \frac{c}{v} \quad \rightarrow \quad v = \frac{c}{\eta}$$

Las unidades que obtiene al calcular la velocidad son $\frac{\text{km}}{\text{s}}$.

8.2 Espejos planos y esféricos

- Un espejo es una superficie lisa y pulida que refleja la luz.
- Una imagen es la forma de un cuerpo producida por el cambio de dirección de los rayos luminosos.

8.2.1 Espejos planos

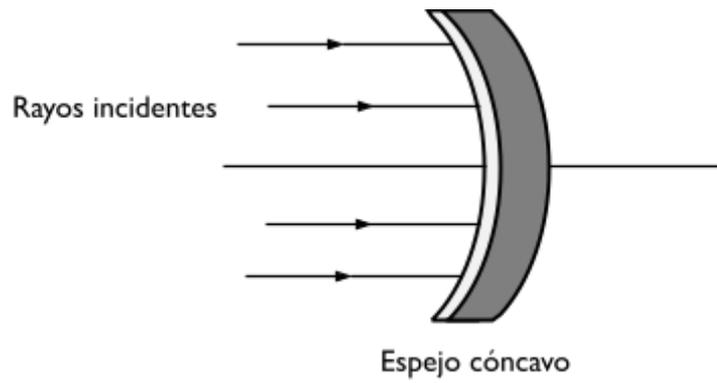
Son aquellos cuya superficie reflejante es lisa.

8.2.2 Espejos esféricos

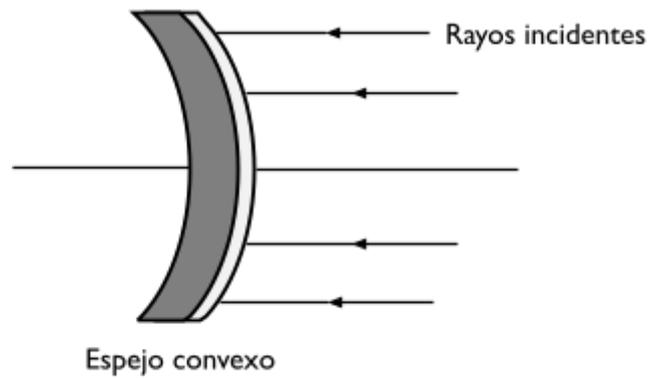
Son casquetes esféricos pulidos por una de sus caras.

Clasificación de los espejos esféricos:

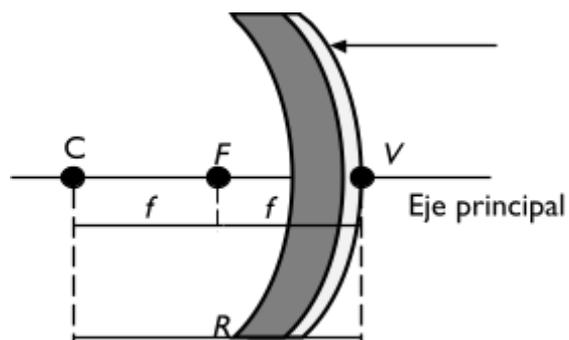
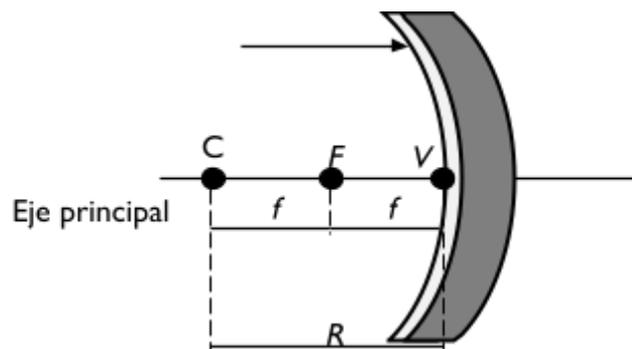
- Si la cara pulida es interna el espejo es cóncavo.



- Si la cara pulida es externa el espejo es convexo.



Elementos de los espejos esféricos:

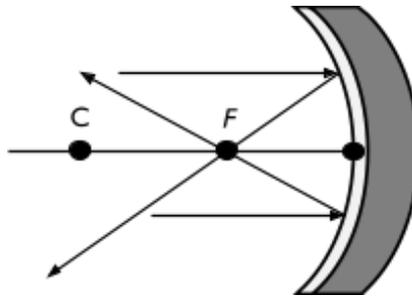


Donde:
$C = \text{centro de la curvatura}$
$V = \text{vértice}$
$R = \text{radio de curvatura}$
$F = \text{foco}$
$f = \text{distancia focal}$

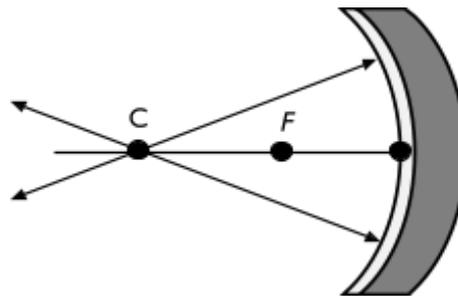
Espejos esféricos cóncavos

Los rayos notables de los espejos esféricos cóncavos son:

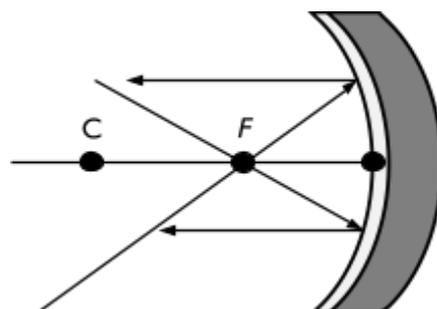
- Si el rayo incidente es paralelo al eje de un espejo esférico, el rayo reflejado pasa por el foco.



- Si el rayo incidente pasa por el centro de un espejo esférico, se refleja en sí mismo.

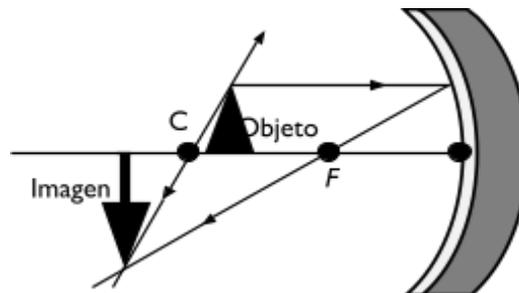


- Si el rayo incidente pasa por el foco de un espejo esférico, su reflejo es paralelo a su eje.

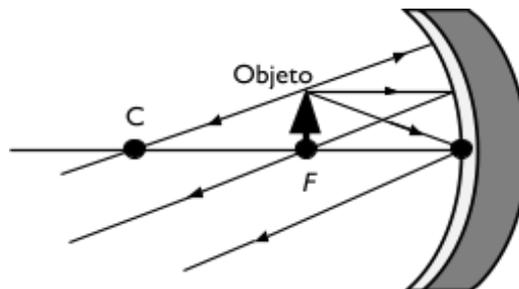


Tipos de imágenes formadas por los espejos esféricos cóncavos

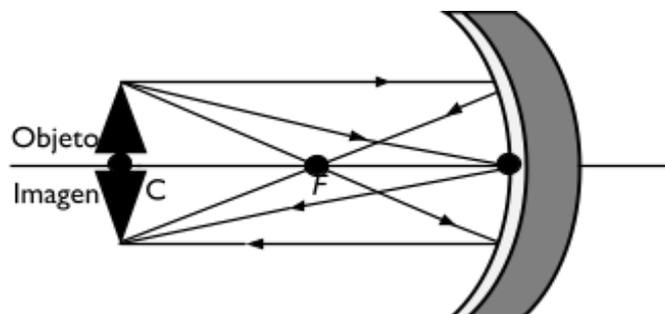
- I. Cuando el objeto se encuentra entre el centro y el foco la imagen tiene las siguientes características:
 - a) Es invertida
 - b) Es real
 - c) Es mayor que el objeto
 - d) Está situada más allá del centro de curvatura



- II. Cuando el objeto se encuentra en el foco, la imagen tiene las siguientes características:
 - a) No existe imagen debido a que no hay intersección entre los rayos que llegan al espejo.

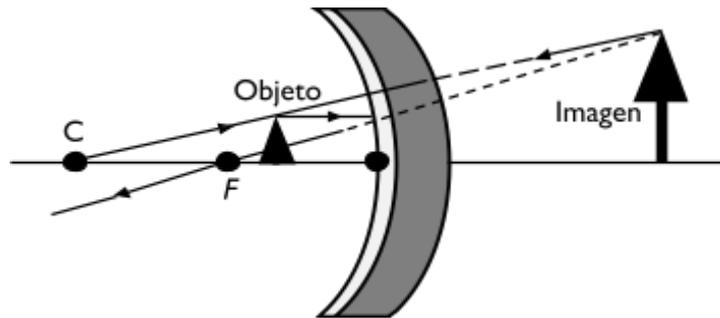


- III. Cuando el objeto se encuentra en el centro, la imagen tiene las siguientes características:
 - a) Es invertida
 - b) Es real
 - c) Es igual al objeto
 - d) Está situada en el mismo centro



IV. Cuando el objeto se encuentra entre el foco y el espejo, la imagen tiene las siguientes características:

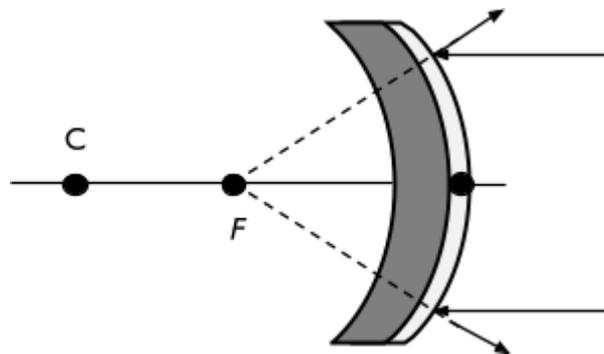
- a) Es virtual
- b) Es de mayor tamaño que el objeto



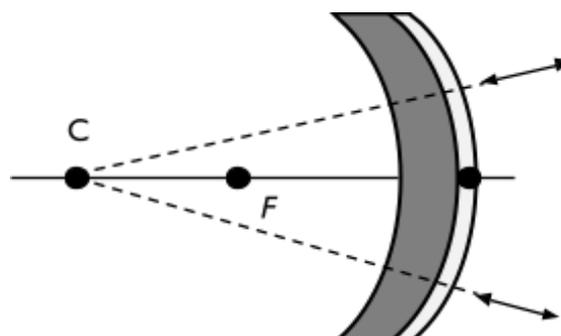
Espejos esféricos convexos

Los rayos notables de los espejos esféricos convexos son:

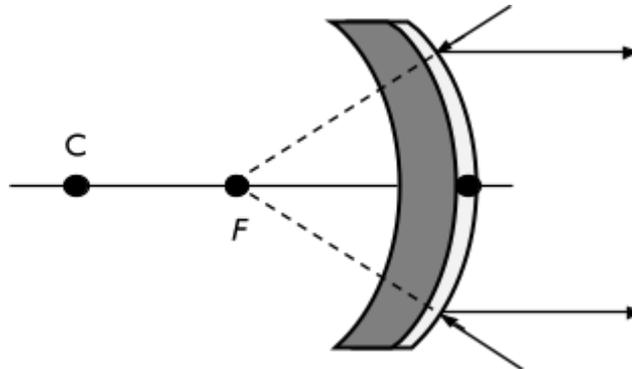
- Si el rayo incidente es paralelo al eje de un espejo esférico, se refleja y su prolongación pasa por el foco del espejo.



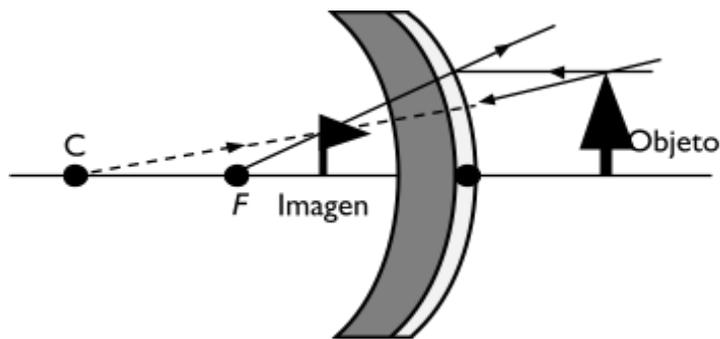
- Si el rayo pasa por el centro de un espejo esférico, se refleja sobre sí mismo.



- Si el rayo incidente pasa por el foco esférico, se refleja paralelo al eje del espejo



- Imagen formada por un espejo esférico convexo



En los espejos esféricos convexos sólo se forman imágenes virtuales derechas y más pequeñas que el objeto.

Ecuación de los espejos esféricos

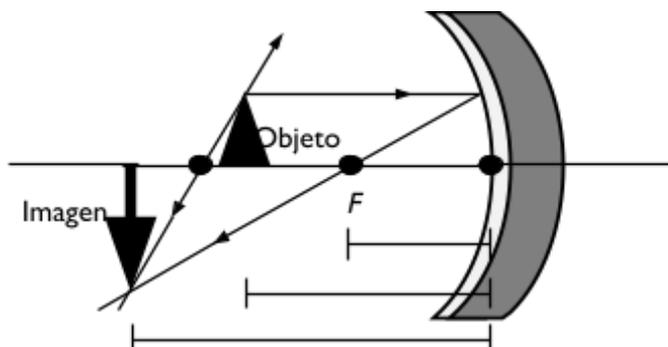
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Donde:

f = distancia focal [m, cm]

p = distancia del objeto al espejo [m, cm]

p' = distancia de la imagen al espejo [m, cm]



Donde los signos p' , f y p , si los espejos son cóncavos o convexos:

- La distancia p siempre es positiva.
- La distancia p' es negativa si la imagen es virtual y positiva si la imagen es real.
- La distancia f es positiva si el espejo esférico es cóncavo y es negativa si es convexo.

Ejemplo:

Un objeto se coloca a 70 cm de un espejo convexo de distancia focal igual a 12 cm, ¿cuál es la distancia a la que se forma la imagen?

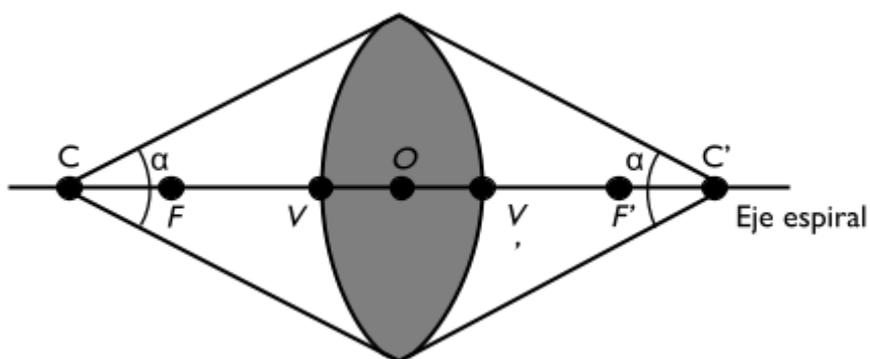
Solución:

Datos	Fórmula / Despeje	Sustitución	Resultado
$f = -12 \text{ cm}$ $p = 70 \text{ cm}$ $p' = ?$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ $p' = \frac{p \cdot f}{p - f}$	$p' = \frac{(70 \text{ cm})(-12 \text{ cm})}{(70 \text{ cm}) - (-12 \text{ cm})}$	$p' = -10.24 \text{ cm}$

Se respetan las unidades cm en el resultado y la distancia de la imagen al espejo p' es negativa, debido a que la imagen es virtual.

8.3 Lentes convergentes y lentes divergentes

Una lente es un cuerpo limitado por dos caras esféricas o por una cara plana y otra esférica. Sus elementos son:

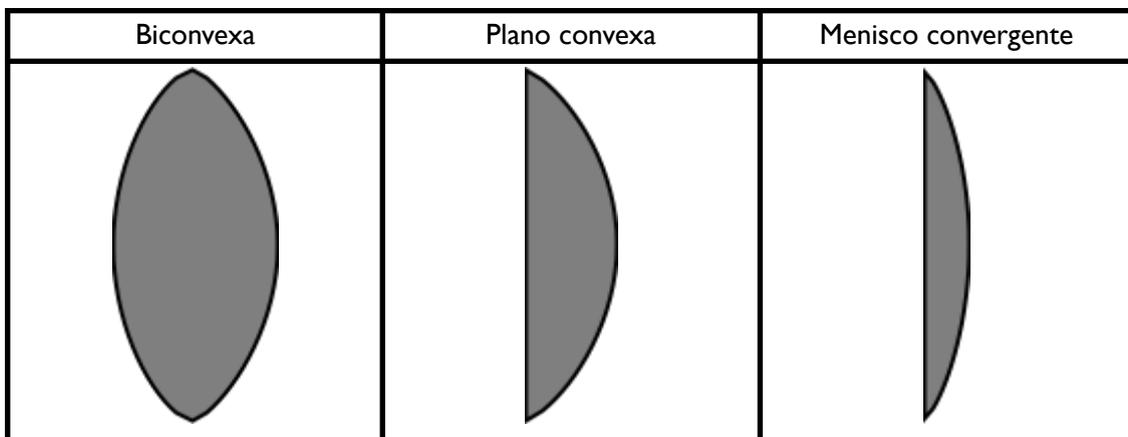


- Centros de curvatura (C, C'): son aquellos centros de las esferas que limitan las caras de la lente.
- Centro óptico (O): centro de la lente.
- Vértices (V, V'): son los puntos de intersección entre la lente y el eje principal.
- Eje principal: es aquella recta que pasa por los centros de curvatura.
- Ángulo de abertura (α): es el ángulo bajo el cual se ve la cara de la lente, desde el centro.
- Foco (F): es el punto que se encuentra entre el centro óptico y el centro de la curvatura.

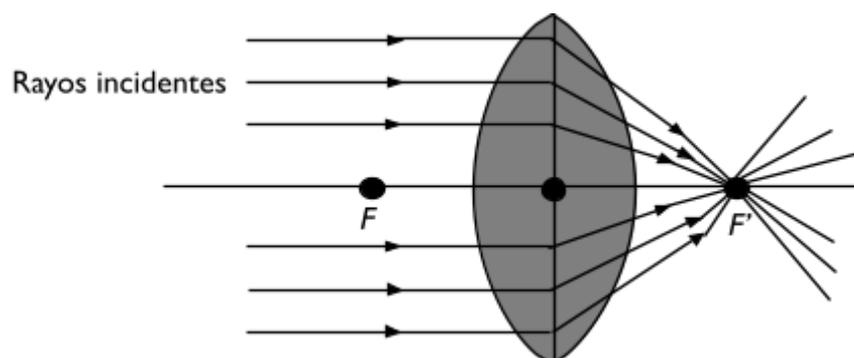
8.3.1 Lentes convergentes

Son las lentes que son más gruesas en el centro, que en los bordes.

Ejemplos:

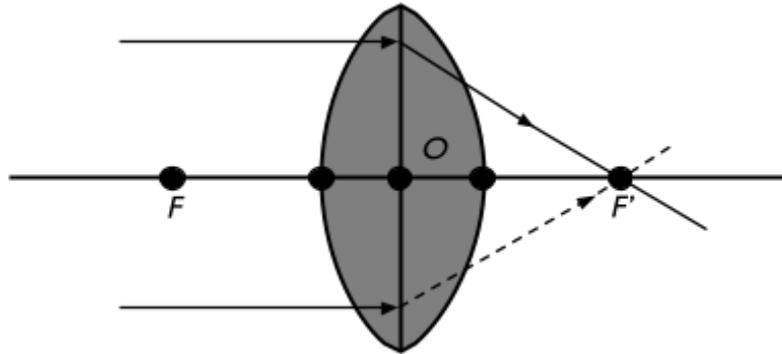


Los rayos que llegan paralelos al eje de una lente convergente se refractan y concurren en el foco.

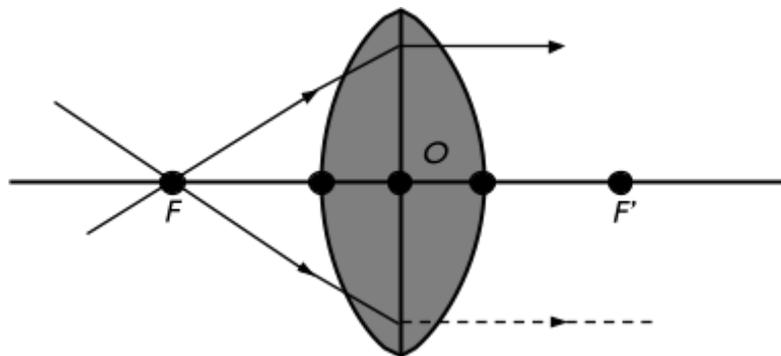


Los rayos notables de las lentes convergentes son:

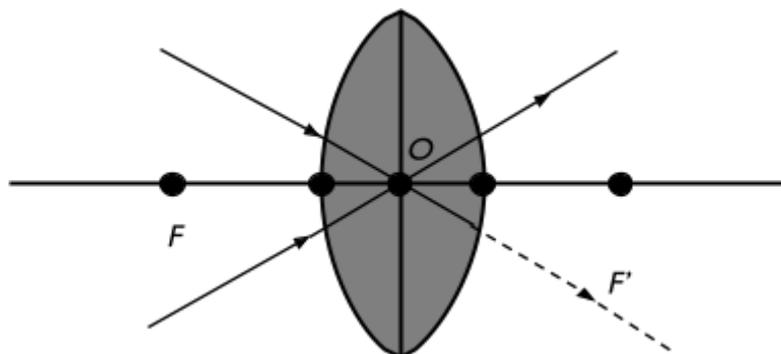
- Si el rayo incidente llega paralelo al eje de una lente, el rayo se refracta y pasa por el foco opuesto.



- Si el rayo incidente pasa por el foco de una lente, el rayo se refracta paralelo al eje.

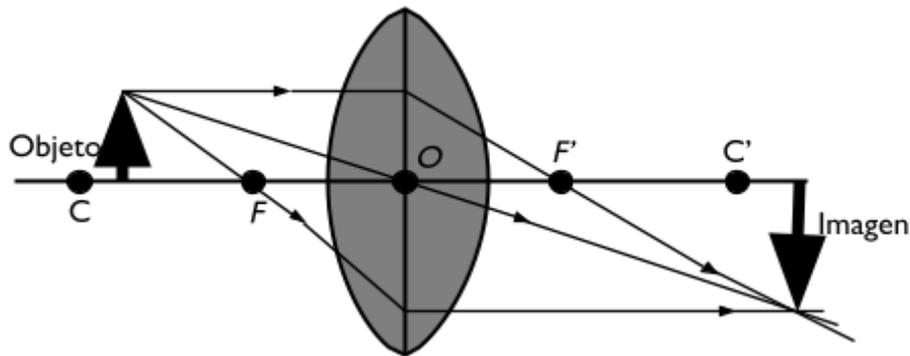


- Si el rayo incidente pasa por el centro óptico de una lente, el rayo no cambia su dirección.

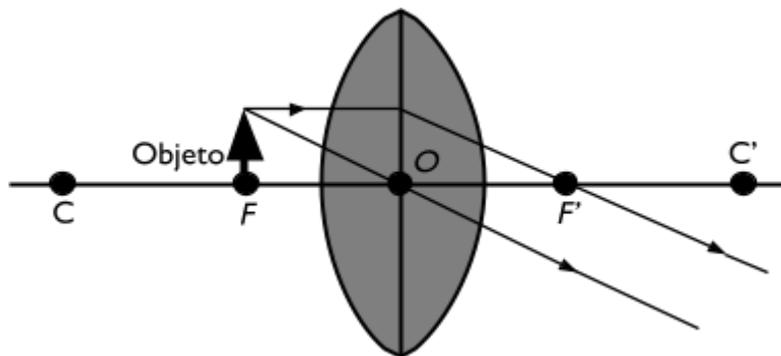


Tipos de imágenes formadas por las lentes convergentes:

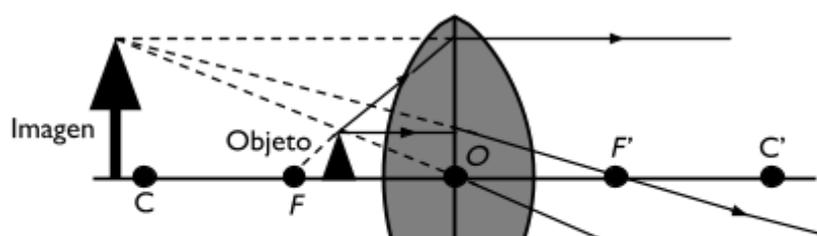
- I. Cuando el objeto se encuentra entre el foco y el centro de la curvatura, la imagen tiene las siguientes características:
 - a) Es real
 - b) Invertida
 - c) Es mayor que el objeto



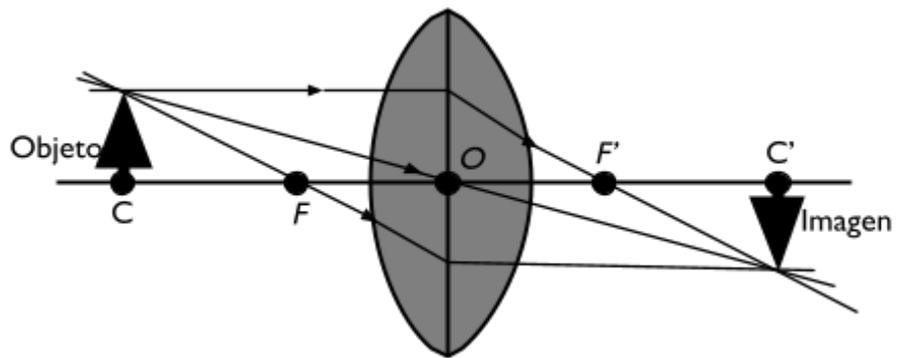
- II. Cuando el objeto se encuentra colocado en el foco, la imagen tiene las siguientes características:
 - a) No hay imagen, ya que los rayos emergen paralelos



- III. Si el objeto se encuentre entre el foco y el centro, la imagen tiene las siguientes características:
 - a) Es virtual
 - b) Es derecha
 - c) Es de mayor tamaño que el objeto
 - d) Se forma del mismo lado donde está colocado el objeto



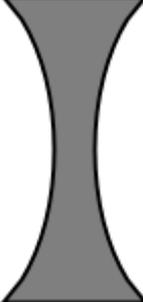
- IV. Si el objeto se encuentra colocado en el centro de curvatura de la lente, la imagen tiene las siguientes características:
- a) Es real
 - b) Invertida
 - c) Es del mismo tamaño que el objeto



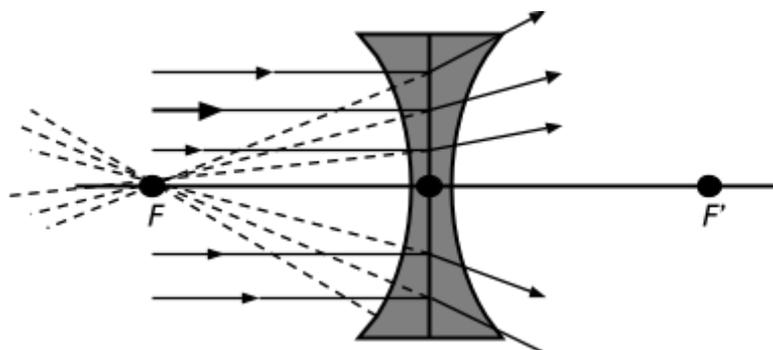
8.3.2 Lentes divergentes

Son las lentes que son más gruesas en los bordes que en el centro.

Ejemplos:

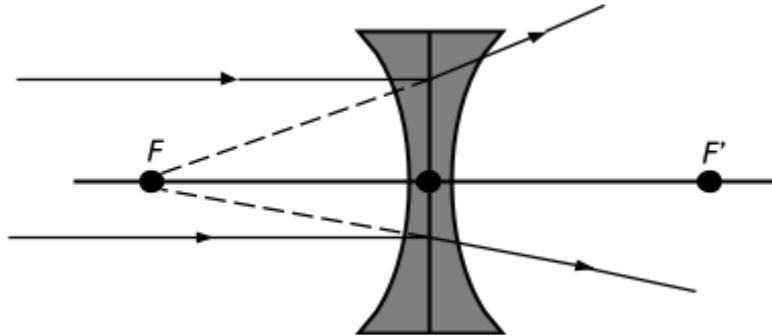
Bicóncava	Plano cóncava	Menisco divergente
		

Los rayos que llegan a una lente divergente se refractan y sus prolongaciones concurren en un foco.

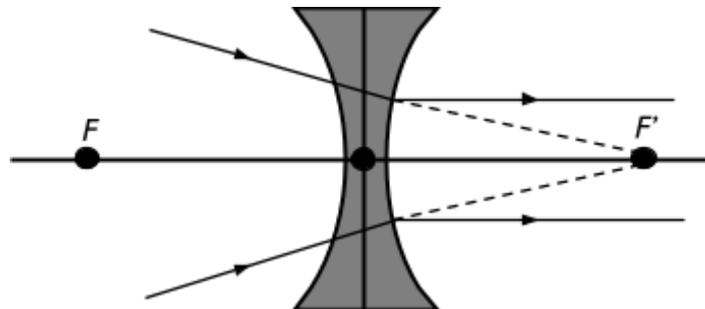


Los rayos notables de las lentes divergentes son:

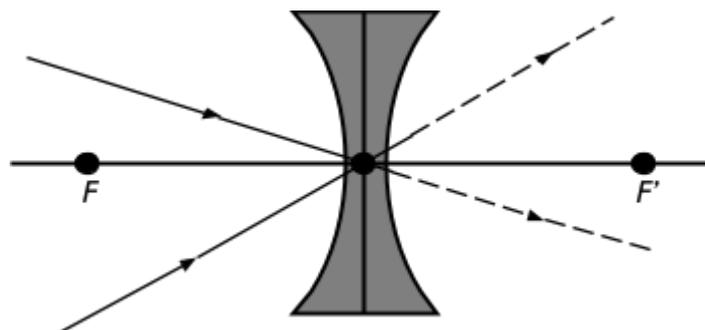
- Si el rayo incide paralelo al eje de una lente, el rayo se refracta y su prolongación pasa por el foco.



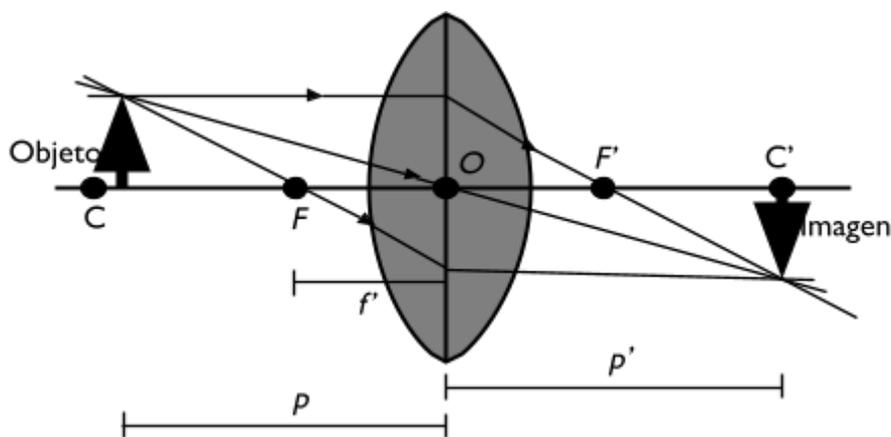
- Si el rayo incidente pasa por el foco de una lente, el rayo refractado es paralelo al eje de la lente.



- Si el rayo incidente pasa por el centro de una lente, el rayo no cambia su dirección.



Ecuación de las lentes:		
$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p'}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$
Cuando el foco está entre el objeto y la lente.	Cuando el objeto se encuentra entre la lente y el foco.	Cuando las lentes son divergentes.



Donde:
$f = \text{distancia focal [m, cm]}$
$p = \text{distancia del objeto a la lente [m, cm]}$
$p' = \text{distancia de la imagen a la lente [m, cm]}$

Ejemplo 1:

Un objeto se coloca a 40 cm de una lente convergente que tiene una distancia focal de 25 cm, ¿a qué distancia de la lente se forma la imagen?

Solución:

Datos	Fórmula / Despeje	Sustitución	Resultado
$f = 25 \text{ cm}$ $p = 40 \text{ cm}$ $p' = ?$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ $p' = \frac{p \cdot f}{p - f}$	$p' = \frac{(40 \text{ cm})(25 \text{ cm})}{(40 \text{ cm}) - (25 \text{ cm})}$	$p' = 66.6 \text{ cm}$

Cuando el foco se encuentra entre el objeto y la lente se utiliza la siguiente fórmula

magen p' ya que este valor es el que se calculará:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad \rightarrow \quad p' = \frac{p \cdot f}{p - f}$$

Se resuelve la fórmula y se conservan las unidades cm en el resultado final.

Ejemplo 2:

Un objeto se coloca a una distancia de 5 cm de una lente convergente cuya distancia focal es de 13 cm, ¿a qué distancia se forma la imagen?

Solución:

Datos	Fórmula / Despeje	Sustitución	Resultado
$f = 13 \text{ cm}$ $p = 5 \text{ cm}$ $p' = ?$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ $p' = \frac{f \cdot p}{f - p}$	$p' = \frac{(13 \text{ cm})(5 \text{ cm})}{(13 \text{ cm}) - (5 \text{ cm})}$	$p' = 8.12 \text{ cm}$

Cuando el objeto se encuentra entre la lente y el foco se utiliza la siguiente fórmula:

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

En la fórmula anterior se realizará el despeje de la distancia de la lente donde se formará la imagen p' ya que este valor es el que se calculará:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p'} \quad \rightarrow \quad p' = \frac{f \cdot p}{f - p}$$

Se resuelve la fórmula y se conservan las unidades cm en el resultado final.

Ejemplo 3:

Un objeto se coloca a 8 cm de una lente divergente que tiene una distancia focal de 11 cm, ¿a qué distancia de la lente se forma la imagen?

Solución:

Datos	Fórmula / Despeje	Sustitución	Resultado
$f = 11 \text{ cm}$ $p = 8 \text{ cm}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p'}$	$p' = \frac{(11 \text{ cm})(8 \text{ cm})}{(11 \text{ cm}) + (8 \text{ cm})}$	$p' = 4.6 \text{ cm}$

$p' = i?$	$p' = \frac{f \cdot p}{f+p}$		
-----------	------------------------------	--	--

Cuando las lentes son divergentes se utiliza la siguiente fórmula:

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

En la fórmula anterior se realizará el despeje de la distancia de la lente donde se formará la imagen p' ya que este valor es el que se calculará:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} \quad \rightarrow \quad p' = \frac{f \cdot p}{f+p}$$

Se resuelve la fórmula y se conservan las unidades *cm* en el resultado final.

8.4 La luz. Punto de vista contemporáneo

8.4.1 Modelo corpuscular o de Newton

Según Newton la luz está constituida por numerosos corpúsculos, que se propagan en línea recta a gran velocidad y que al chocar con la retina producen una sensación luminosa.

El modelo explica por qué un haz de luz se refleja elásticamente en una superficie lisa y por qué un haz luminoso que penetra el agua se refracta, ya que en caso las partículas que forman el haz, al aproximarse al agua, son atraídas por una fuerza que provoca un cambio en la dirección del movimiento de estos corpúsculos.

8.4.2 Modelo ondulatorio de Cristian Huygens

Huygens afirmaba que la luz es un fenómeno ondulatorio semejante al sonido, y que tiene las mismas características de una onda mecánica. Huygens explicó que una onda cualquiera que se refleja y refracta cumple las leyes de reflexión y refracción de un haz luminoso.

El principio de Huygens afirma que: "cada punto de un frente de ondas se puede considerar como una nueva fuente de ondas"