

luz

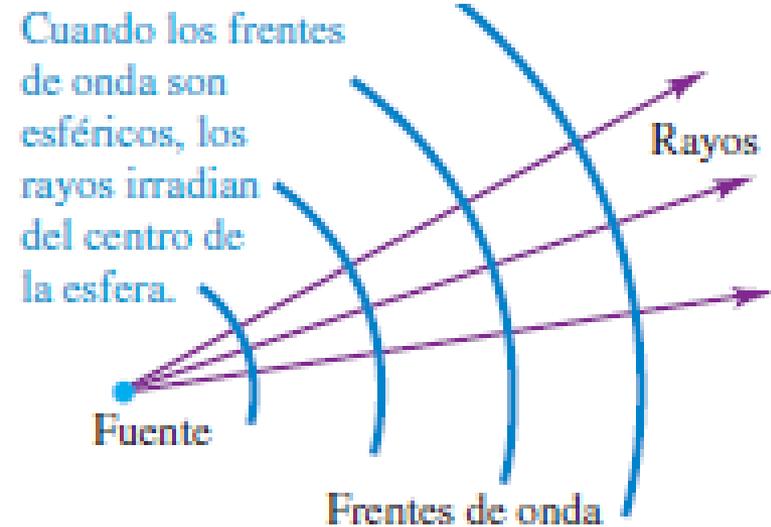
La óptica geométrica aproxima el movimiento de la luz por medio de rayos rectilíneos

En una descripción ondulatoria de la luz, los rayos son una línea imaginaria a lo largo o en la dirección de la propagación de la onda

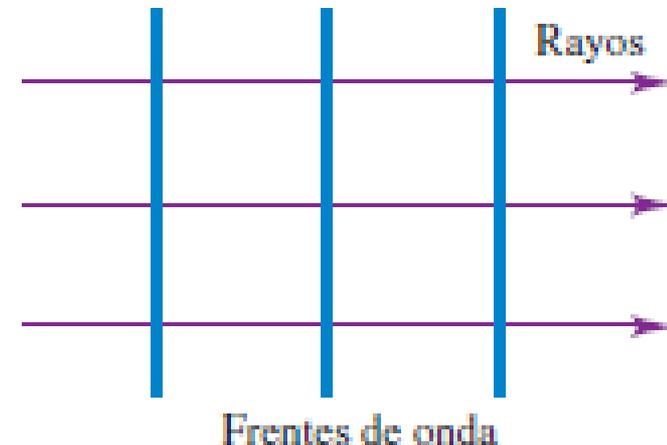
En una descripción corpuscular de la luz, los rayos son el camino de los cuantos de luz

Todos los puntos de un frente de onda tienen la misma fase

Los rayos son perpendiculares a los frentes de onda



Cuando los frentes de onda son planos, los rayos son perpendiculares a los frentes de onda y paralelos entre sí.



reflexión y refracción

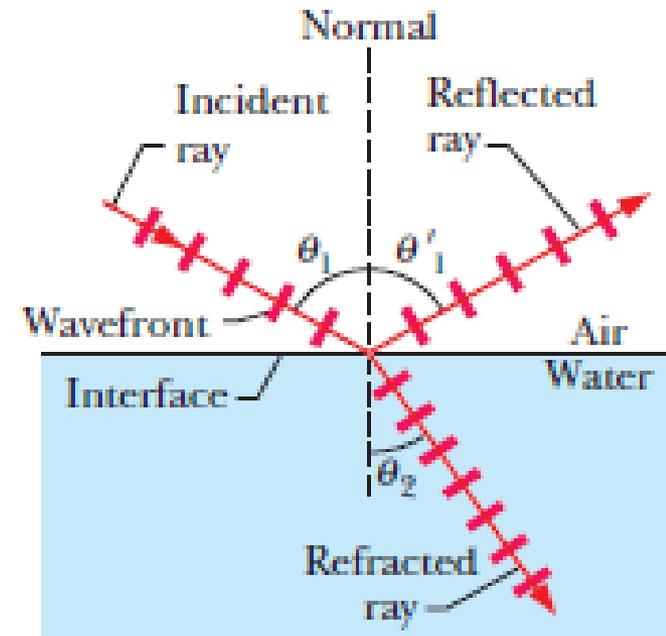
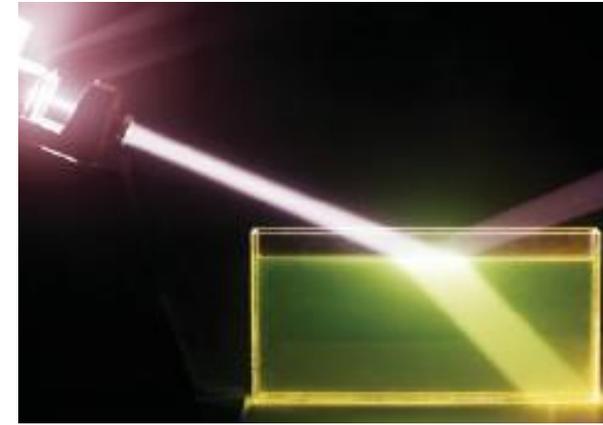
Cuando la luz se encuentra con una superficie entre dos medios transparentes, en general, ocurren dos fenómenos: reflexión y refracción

El plano formado por el rayo incidente y la normal es el plano de incidencia.

Reflexión: 1- el rayo incidente, el reflejado y la normal están en el mismo plano y 2- los ángulo de incidencia θ_1 y de reflexión θ'_1 son iguales: $\theta_1 = \theta'_1$.

Refracción: 1- el rayo incidente, el refractado y la normal están en el mismo plano y 2- los ángulo de incidencia θ_1 y de refracción θ_2 cumplen la ley de Snell: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, n es índice de refracción

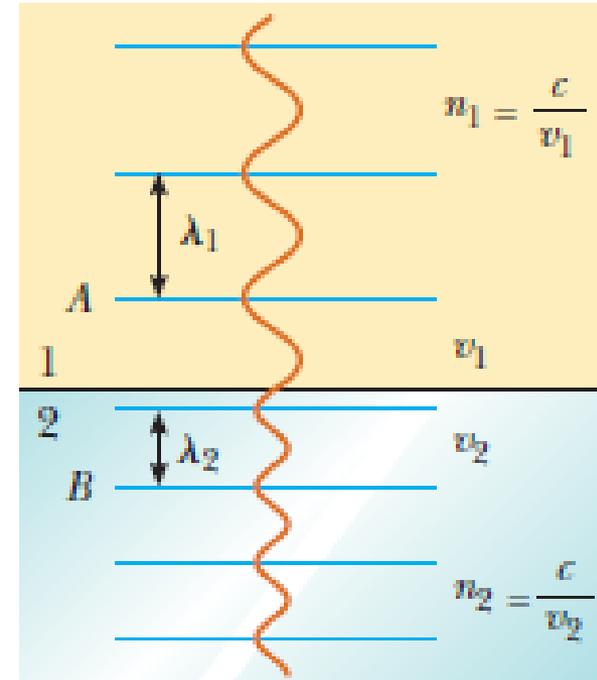
$$n = \frac{c}{v}$$



refracción

La frecuencia f de la onda (luz) no cambia cuando se transmite (refracta) de un medio transparente a otro. El número de ciclos que llegan a la interface por unidad de tiempo es igual al que pasa

La longitud de onda λ y la velocidad de la onda v si cambian ya que $v = \lambda f$.



Como v es siempre menor que c (velocidad en el vacío) entonces λ está reducida correspondientemente si la luz viene del vacío y entra en algún medio cuyo índice de refracción es n

$$f = \frac{c}{\lambda_{\text{vacío}}} = \frac{v}{\lambda_n} \quad \text{y} \quad n = \frac{c}{v} \quad \Rightarrow \quad \lambda_n = \frac{\lambda_{\text{vacío}}}{n}$$

reflexión total interna

Si el medio transparente en el que viaja el rayo incidente tiene un índice de refracción mayor que el medio en el cual viaja el rayo refractado puede ocurrir la reflexión total interna

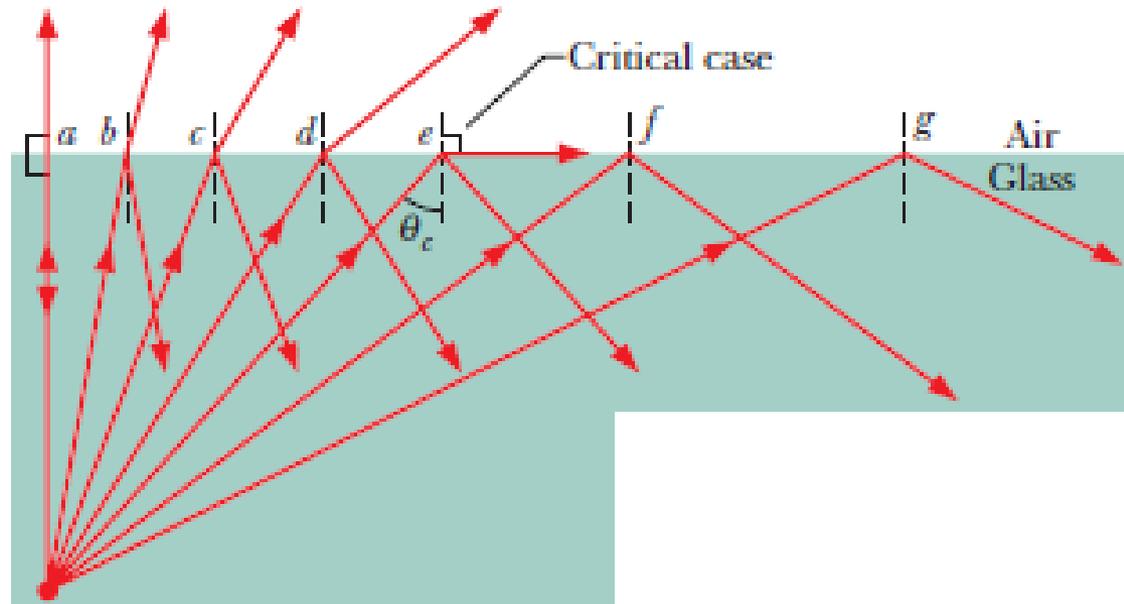


El ángulo crítico θ_c es el ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es un ángulo recto.

Para ángulos de incidencia mayores que el crítico θ_c , el rayo refractado desaparece.

$$n_{\text{vidrio}} \sin \theta_c = n_{\text{aire}} \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta_c = \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{vidrio}}}$$

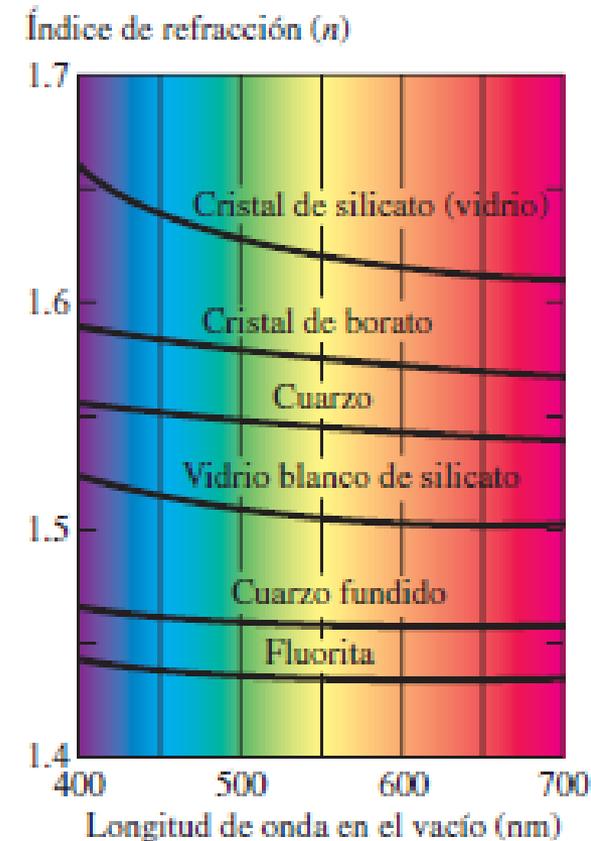
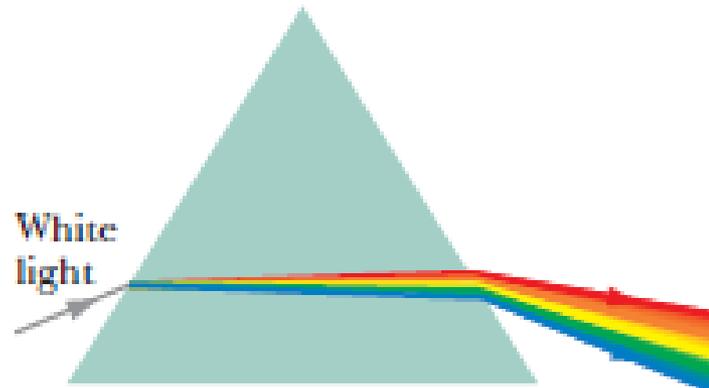


dispersión cromática

El índice de refracción de un medio transparente depende de la longitud de onda incidente $n = n(\lambda)$ (no el vacío).

La frecuencia no cambia.

$$n = \frac{\lambda_{\text{vacío}}}{\lambda_n}$$

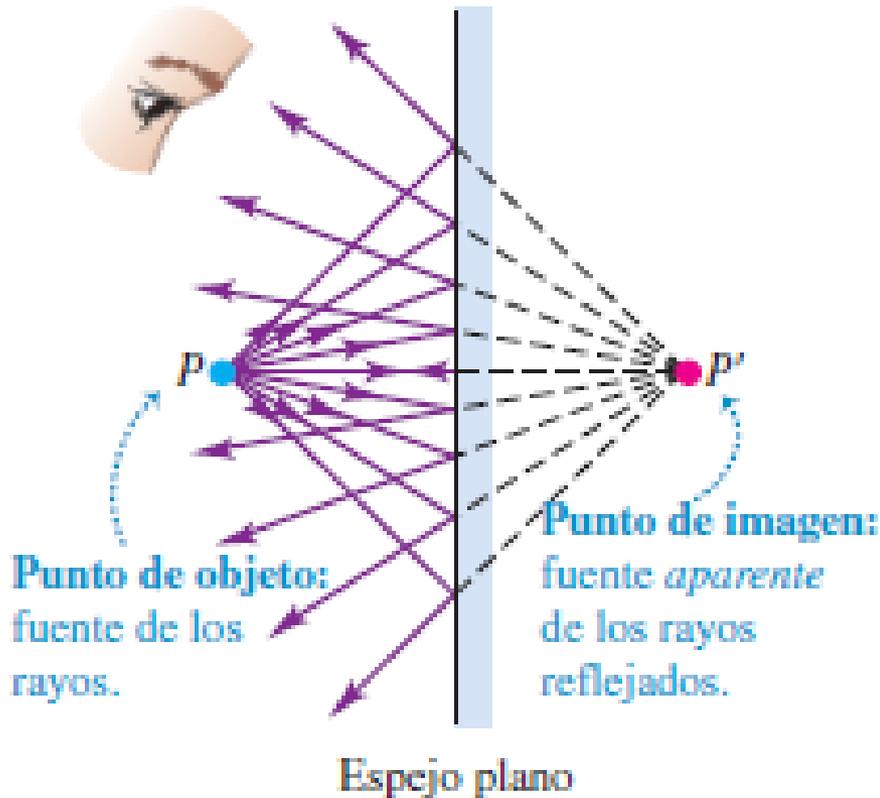
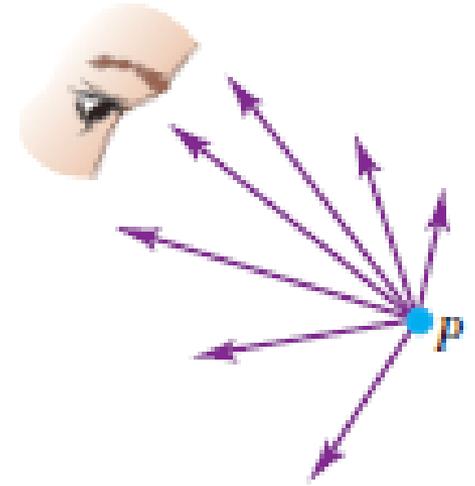


Un rayo de luz blanca compuesto por las longitudes de onda del visible incide sobre un prisma de algún material transparente. Se produce dispersión en ambas superficies

imagen, reflexión

Llamamos *objeto* a cualquier cosa que emita luz, ya sea propia o de otra fuente.

Los rayos de luz deben entrar a los ojos del observador y el cerebro se encarga de inferir la distancia, etc.



Los objetos puntuales como P son los que constituyen objetos extensos.

Sea un punto P frente a una superficie que genera reflexión especular.

Una vez que los rayos se reflejaron en el espejo, su dirección es la misma que si provinieran del punto imagen P' , imagen virtual

imagen, refracción

Una vez que los rayos se refractan (ángulos pequeños de incidencia) en la superficie refractante, su dirección es tal que parece que provinieran del punto imagen P' .

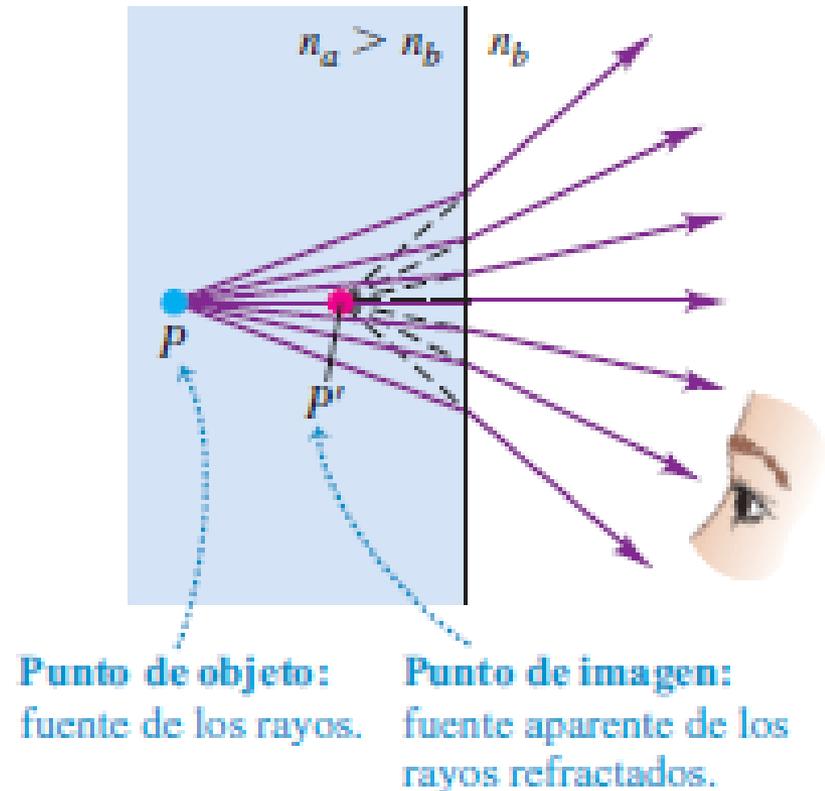
Los rayos salientes (reflexión o refracción) no pasan por el punto imagen P' . El punto P' es una imagen virtual.

Los rayos salientes que pasan por el punto imagen forman una imagen real.

La imagen real puede formarse en una pantalla ya que la luz pasa por la pantalla.

En el ojo (cerebro) no hay diferencia entre imagen virtual y real. Los rayos de luz que divergen de una imagen real y aquellos que parecen diverger de una imagen virtual son lo mismo para el ojo

Cuando $n_a > n_b$, P' está más próximo a la superficie que P ; para $n_a < n_b$, se cumple lo opuesto.



espejo esférico

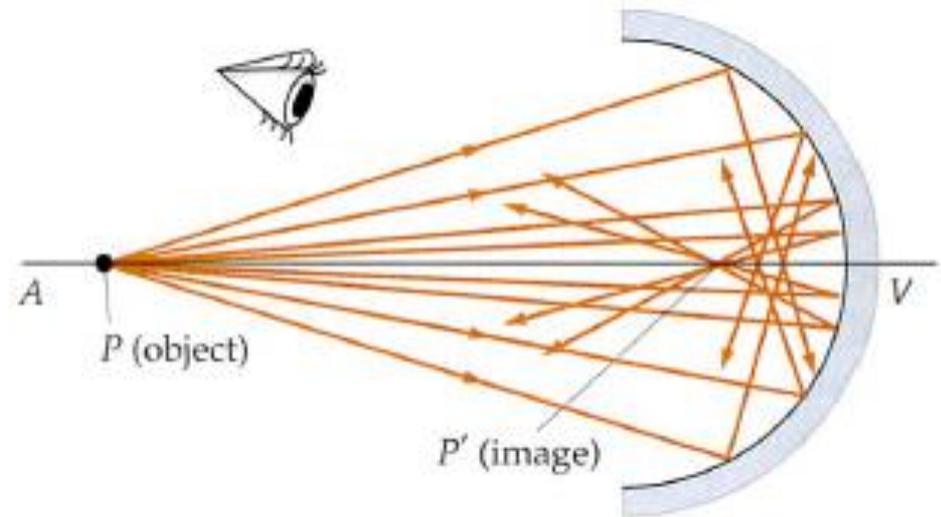
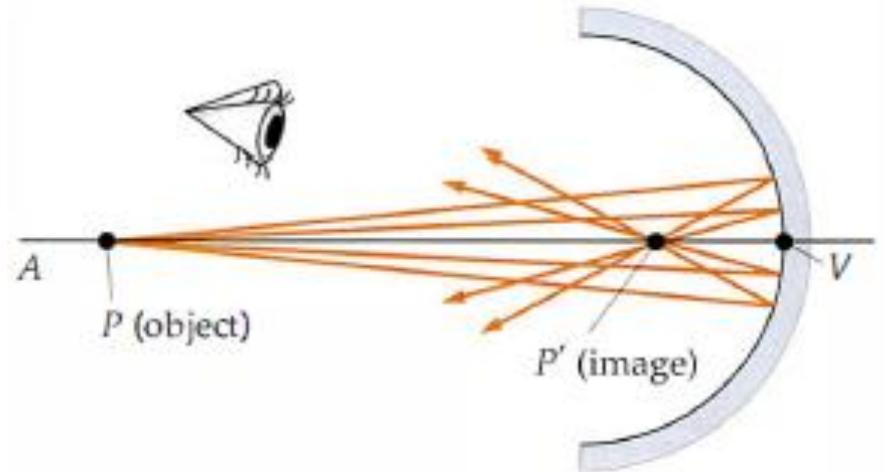
Un espejo esférico es un espejo que tiene forma de parte de una esfera. El centro de curvatura es el punto que equidista de todos los puntos del espejo

Rayos que divergen del punto objeto P sobre el eje AV luego de reflejarse en el espejo esférico forman un punto imagen sobre el eje P' .

La imagen es mas nítida si los rayos son paraxiales (cercanos al eje principal).

Rayos que divergen del punto objeto P pero que nos paraxiales luego de reflejarse en el espejo esférico pasan cerca del punto imagen.

Estos rayos generan una imagen borrosa y el efecto se llama aberración esférica.



espejo esférico

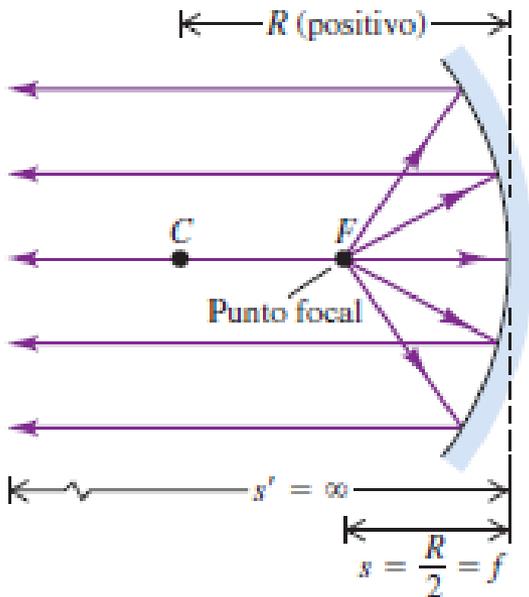
Si el objeto es muy lejano $s \rightarrow \infty \Rightarrow$ los rayos reflejados convergen en el foco.

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \Rightarrow s' = \frac{R}{2} \quad \text{Distancia focal, } f = \frac{R}{2}$$

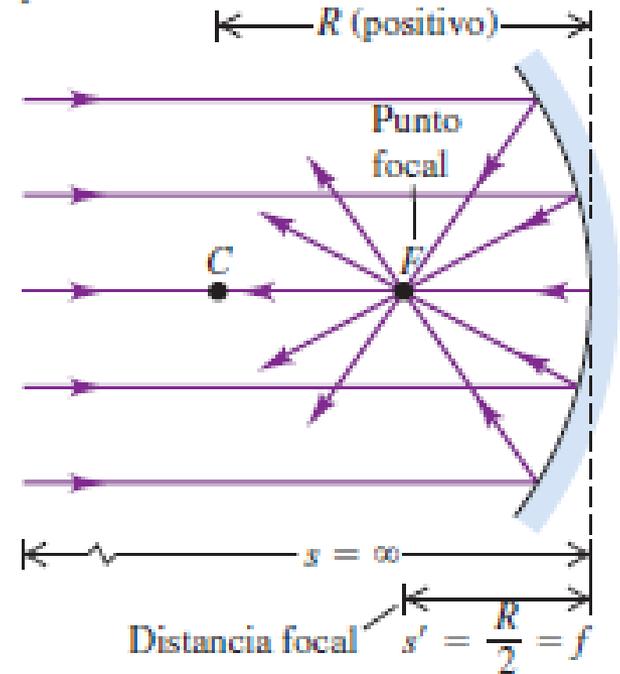
Para rayos paraxiales vale

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

Los rayos divergentes del punto focal se reflejan para formar rayos paralelos salientes



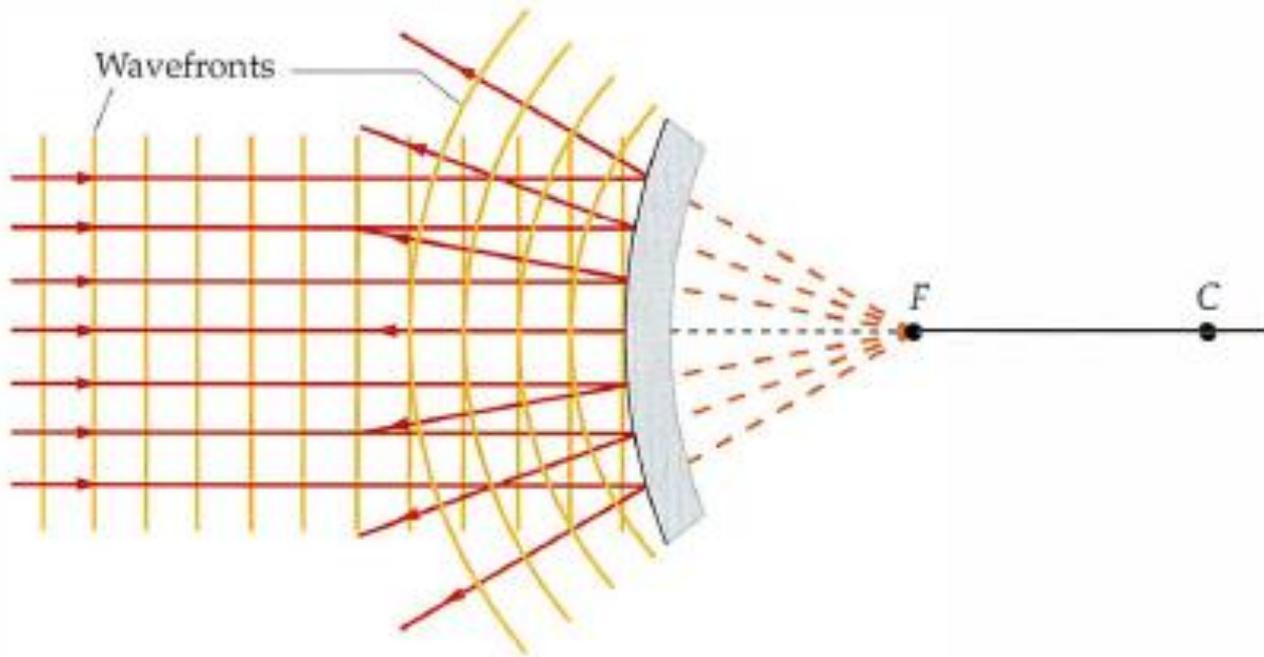
Todos los rayos paralelos incidentes en un espejo esférico se reflejan a través el punto focal.



Invirtiendo el sentido, si el objeto puntual está en el foco ($s = f$) la imagen se forma en el infinito ($s' = \infty$)

espejo esférico

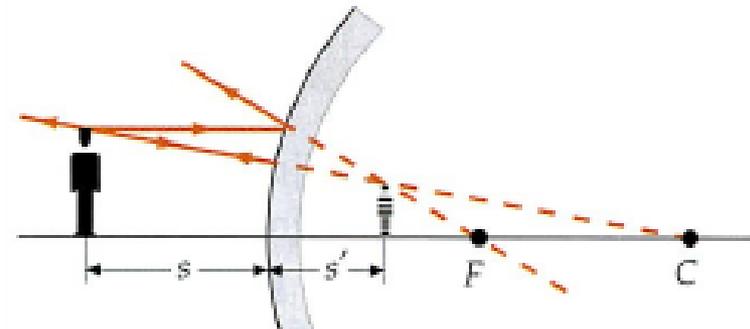
Los rayos paraxiales paralelos al eje principal que inciden sobre un espejo convexo se reflejan en este y parece que hubieran sido emitidos por el foco del espejo, que está detrás del espejo.



Incide una onda plana y se refleja una onda esférica que parece haber sido emitida por una fuente puntual, el foco del espejo.

Objeto extenso frente a un espejo convexo.

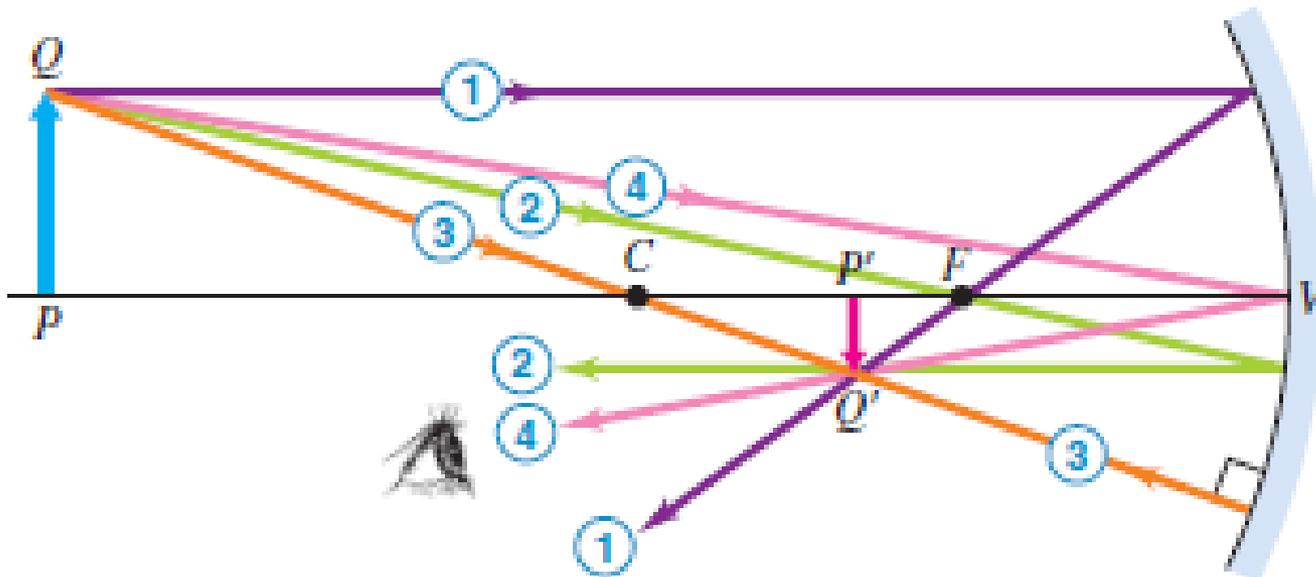
Imagen virtual, derecha y mas pequeña



espejo esférico

Rayos principales en un espejo cóncavo

- 1- el rayo paralelo al eje óptico pasa por el foco luego de la reflexión
- 2- el rayo que pasa por el foco sale paralelo al eje luego de la reflexión
- 3- el rayo que pasa por el centro de curvatura vuelve por el mismo camino luego de la reflexión
- 4- el rayo que incide en el vértice se refleja simétricamente respecto al eje óptico

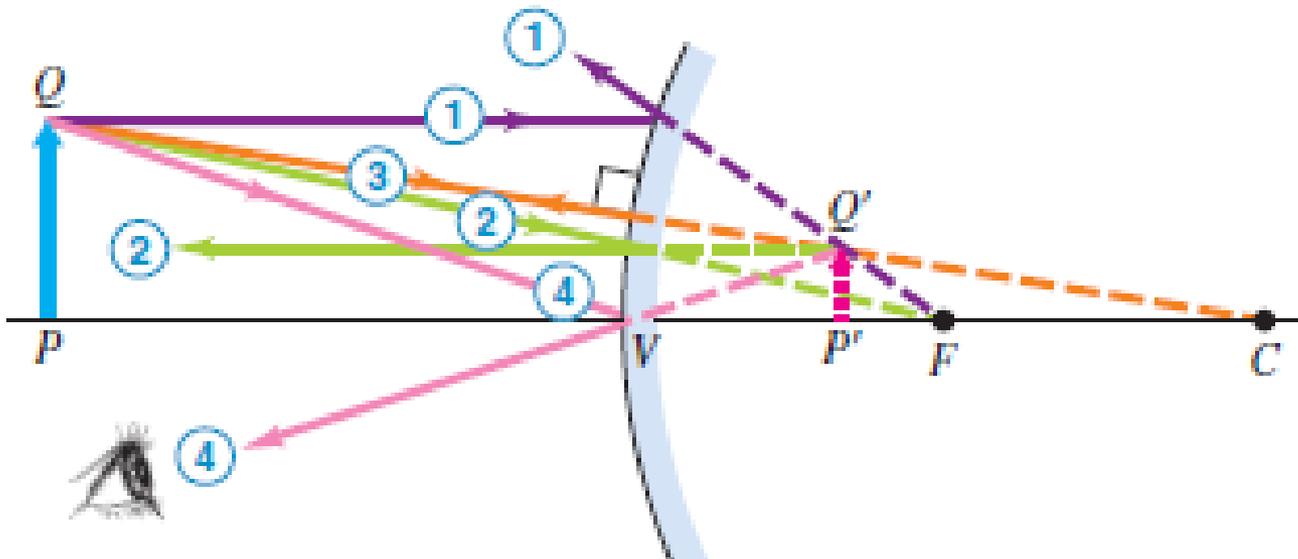


esta imagen es
real, invertida y
de menor tamaño

espejo esférico

Rayos principales en un espejo convexo

- 1- la reflexión del rayo paralelo es tal que su prolongación pasa por el foco
- 2- el rayo que se dirige al foco sale paralelo al eje luego de la reflexión
- 3- el rayo que se dirige al centro de curvatura vuelve por el mismo camino luego de la reflexión
- 4- el rayo que incide en el vértice se refleja simétricamente respecto al eje óptico



esta imagen es virtual, derecha y de menor tamaño

lente delgada

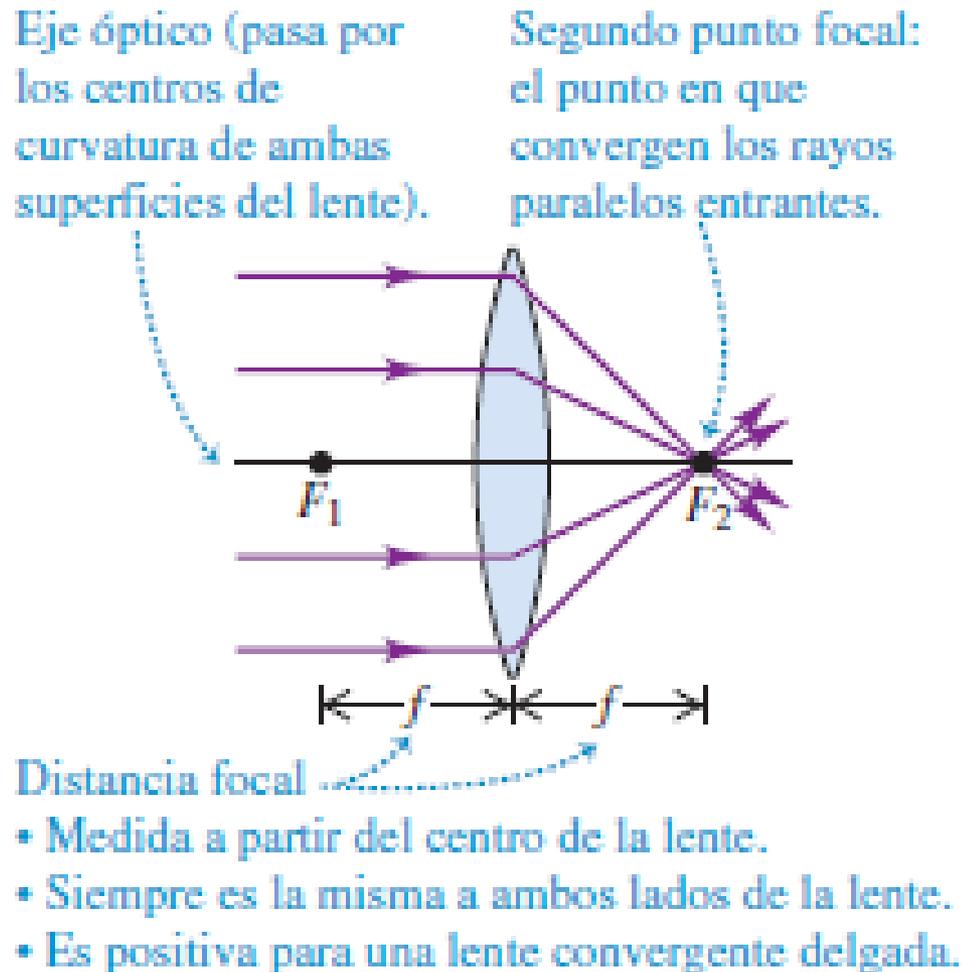
Una lente es un sistema óptico que tiene dos superficies refractantes.

Una lente delgada muy simple tiene dos superficies esféricas muy próximas entre si, tal que se desprecia su espesor.

En una lente, la imagen formada por la primera superficie es objeto para la segunda superficie

En una lente convergente los rayos incidentes paralelos al eje óptico, se refractan y convergen a un punto llamado foco o punto focal

La distancia desde la lente al foco se denomina distancia focal, f .



lente convergente

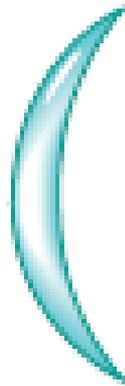
Si los rayos incidentes pasan o salen del foco, los rayos refractados o transmitidos son paralelos al eje óptico

Para las lentes convergentes la distancia focal es un número positivo, $f > 0$, son llamadas lentes positivas.

Hay tres tipos de lentes convergentes.



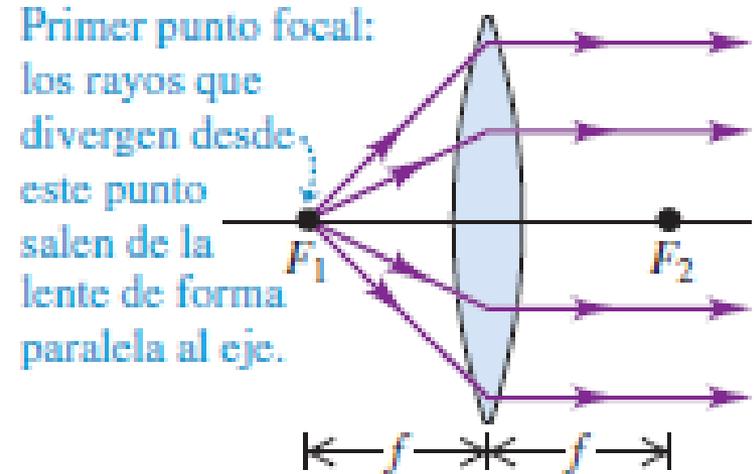
Biconvexo



Convexo-cóncavo



Planoconvexo



Las lentes convergentes son mas gruesas en la parte central que en el borde.

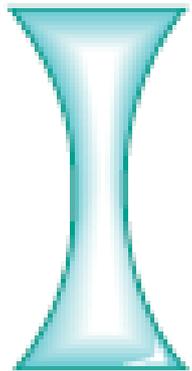
lente divergente

En una lente divergente (negativa) los rayos incidentes paralelos al eje óptico, se refractan y se alejan del eje óptico.

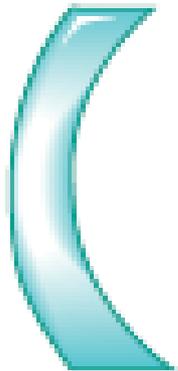
Las prolongaciones de los rayos refractados pasan por el foco objeto

Los rayos que se dirigen al foco, son paralelos al eje luego de la refracción

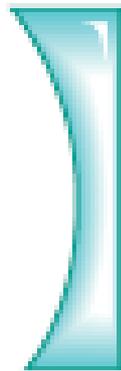
Hay tres tipos de lentes divergentes.



Bicóncavo

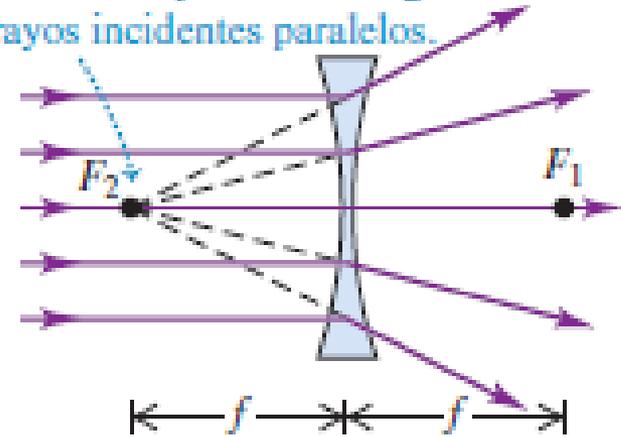


Convexo-cóncavo



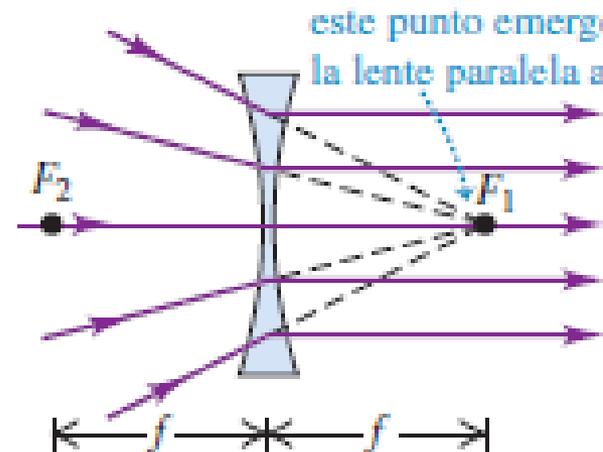
Plano-cóncavo

Segundo punto focal: el punto a partir del cual parecen divergir los rayos incidentes paralelos.



Para lentes delgadas divergentes, f es negativa.

Primer punto focal: los rayos que convergen en este punto emergen de la lente paralelos al eje.



lente delgada

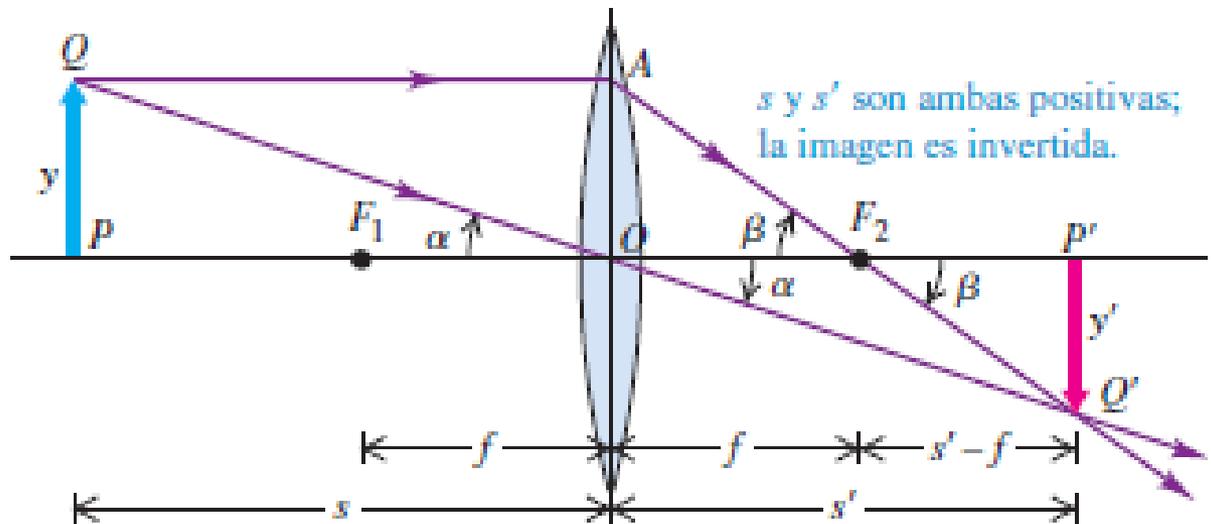
La formación de imágenes extensas se debe a la combinación de las imágenes puntuales obtenidas por refracción de los rayos salientes de los puntos que forman el objeto extenso.

Utilizando relaciones entre triángulos y la aproximación de usar solo rayos paraxiales, se obtiene una relación entre las distancia objeto, distancia imagen y distancia focal para lentes delgadas esféricas

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

Para el aumento lateral se obtiene

$$m = -\frac{s'}{s}$$



Potencial de la lente mide la capacidad de enfocar rayos paralelos en cortas distancias

$$P = 1 / f$$

Si f mide en metros la Potencia se mide en Dioptías (D)

lente delgada

Rayos principales en una lente convergente

- 1- rayo incidente paralelo al eje para por el foco imagen luego de la refracción en la lente
- 2- rayo incidente que pasa por el centro de la lente no se desvía
- 3- rayo incidente que pasa por el foco objeto luego de la refracción en la lente sale paralelo al eje óptico

a) Lente convergente

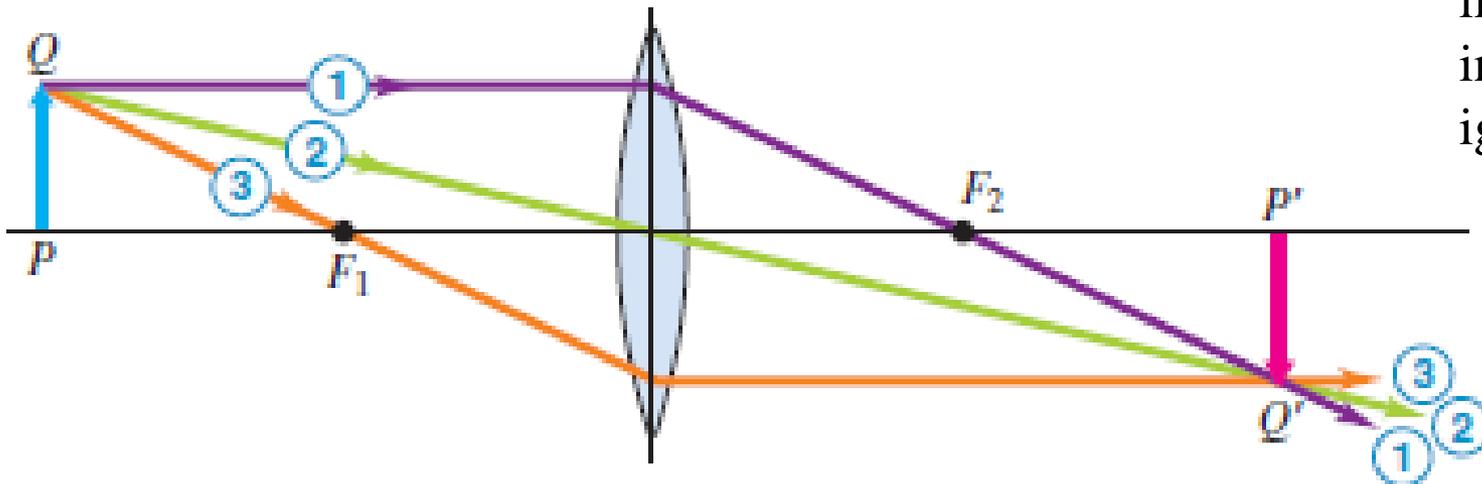


imagen real,
invertida y de
igual tamaño

lente delgada

Rayos principales en una lente divergente

1- rayo incidente paralelo al eje luego de la refracción en la lente diverge tal que la prolongación pasa por el foco imagen F_2

2- rayo incidente que pasa por el centro de la lente no se desvía

3- rayo incidente que apunta al foco objeto F_1 luego de la refracción en la lente sale paralelo al eje óptico

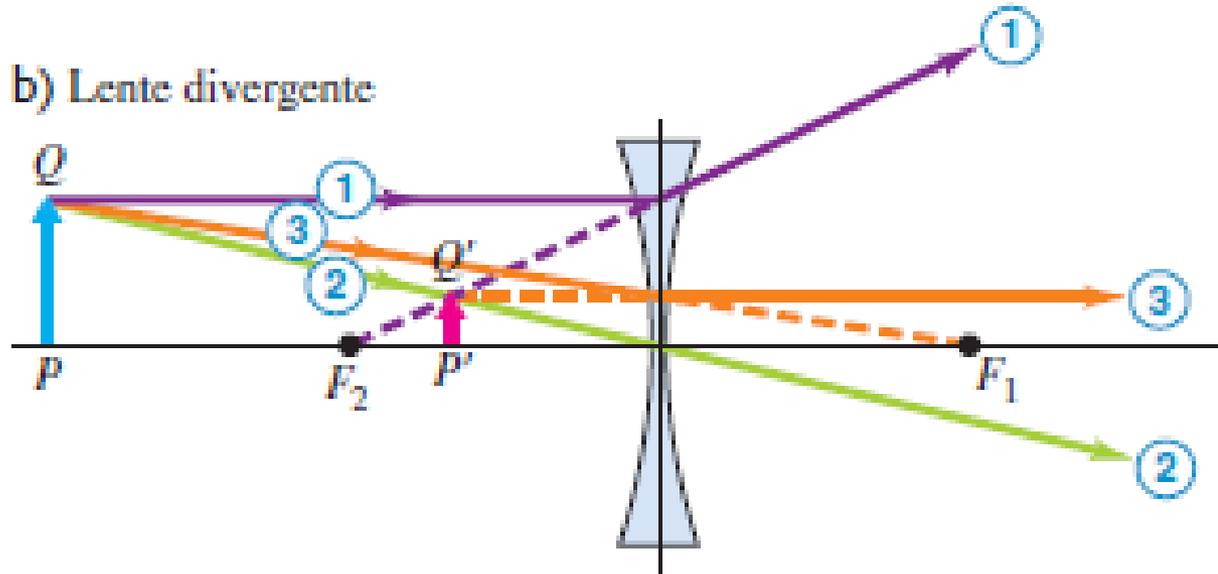


imagen virtual,
derecha, de
menor tamaño