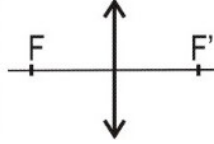


Algunos ejercicios resueltos del tema 6: La luz y las ondas electromagnéticas. (III). Óptica geométrica. Lentes y espejos.

LENTES: Resumen para la resolución de los ejercicios:

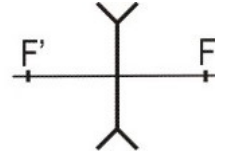
Lente convergente:

$f < 0, f' > 0 ; f' = -f$
(F a la izquierda, F' a la derecha)



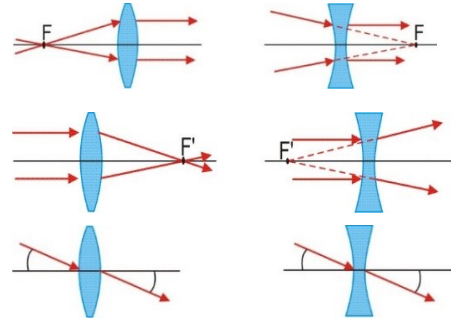
Lente divergente:

$f > 0, f' < 0 ; f' = -f$
(F a la derecha, F' a la izquierda)



Trazado de rayos

- Rayos que pasen por foco objeto F, o apunten hacia él, salen paralelos al eje óptico.
- Rayos que llegan paralelos al eje óptico, convergen o divergen del foco imagen F'
- Un rayo que llegue al centro del sistema óptico (vértice), sale con el mismo ángulo con el que llegó.

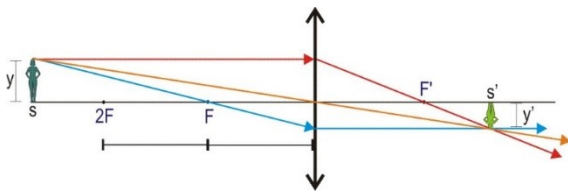


Ecuaciones de las lentes delgadas:

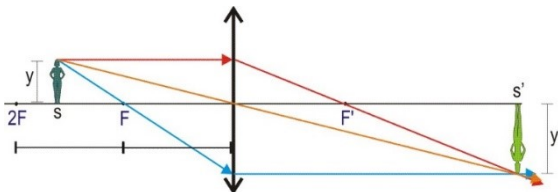
Posición de la imagen: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$

Aumento lateral $\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

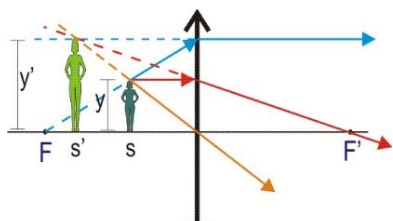
- Imagen: - Real si $s' > 0$. (los rayos convergen a la derecha de la lente)
 - Virtual si $s' < 0$. (los rayos divergen de un punto situado a la izquierda de la lente)
- Aspecto: - Derecha si $\beta = \frac{y'}{y} > 0$ (y' del mismo signo que y)
 - Invertida si $\beta = \frac{y'}{y} < 0$ (y' de distinto signo que y)
- Tamaño: - Mayor que el objeto si $|\beta| > 1$ ($|y'| > |y|$)
 - Menor que el objeto si $|\beta| < 1$ ($|y'| < |y|$)



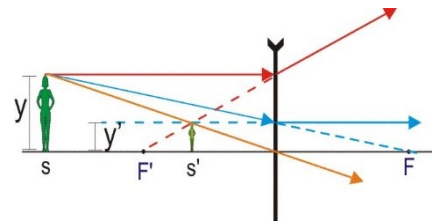
Lente convergente: Objeto **más alejado que 2 veces la distancia focal**: imagen **real, invertida, menor** que el objeto.



Lente convergente: Objeto **entre una y dos veces la distancia focal**. Imagen **real, invertida, mayor** que el objeto.



Lente convergente: Objeto **entre el foco y el centro de la lente**. Imagen **virtual, derecha, mayor** que el objeto.



Lente divergente: Objeto **situado en cualquier posición**. Imagen **virtual, derecha, menor** que el objeto.

ESPEJOS CURVOS: Resumen para la resolución de los ejercicios:

Espejo cóncavo:

$f = f' < 0$; $f' = -R/2$
(F a la izquierda)

Espejo convexo:

$f = f' > 0$; $f' = R/2$
(F a la derecha)

Trazado de rayos

- Rayos que pasen por foco objeto F, o apunten hacia él, salen paralelos al eje óptico.
- Rayos que llegan paralelos al eje óptico, convergen o divergen del foco imagen F'
- Un rayo que llegue al centro del sistema óptico (vértice), sale con el mismo ángulo con el que llegó.

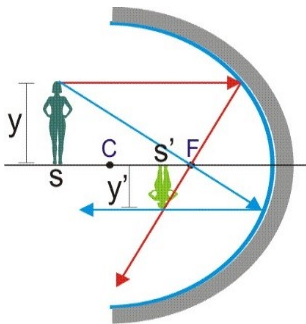
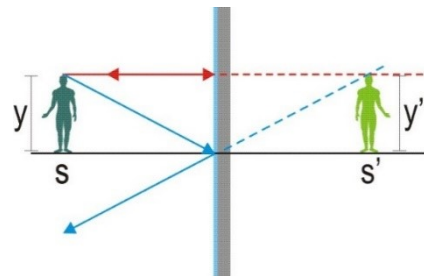
Ecuaciones de las lentes delgadas:

Posición de la imagen: $\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$

Aumento lateral $\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$

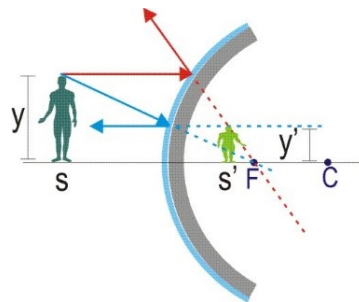
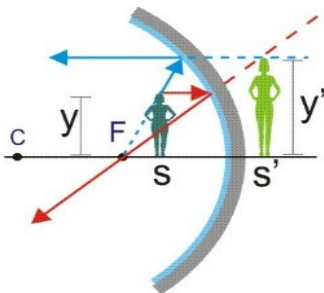
- Imagen: - Real si $s' < 0$. (los rayos convergen a la izquierda del espejo)
 - Virtual si $s' > 0$. (los rayos divergen de un punto situado a la derecha del espejo)
- Aspecto: - Derecha si $\beta = \frac{y'}{y} > 0$ (y' del mismo signo que y)
 - Invertida si $\beta = \frac{y'}{y} < 0$ (y' de distinto signo que y)
- Tamaño: - Mayor que el objeto si $|\beta| > 1$ ($|y'| > |y|$)
 - Menor que el objeto si $|\beta| < 1$ ($|y'| < |y|$)

Espejo plano: F en el infinito. Imagen **virtual, derecha, igual** que el objeto.



Espejo cóncavo: Objeto **más alejado que 2 veces la distancia focal**: imagen **real, invertida, menor** que el objeto.

Espejo cóncavo: Objeto **entre una y dos veces la distancia focal**. Imagen **real, invertida, mayor** que el objeto.



Espejo cóncavo: Objeto **entre el foco y el centro de la lente**. Imagen **virtual, derecha, mayor** que el objeto.

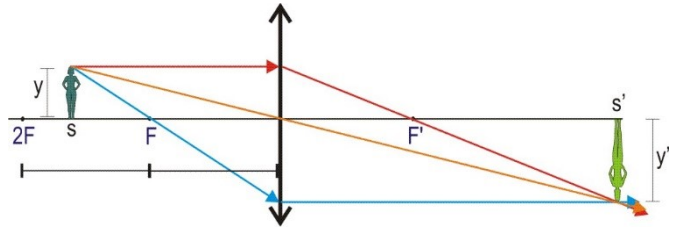
Espejo convexo: Objeto **situado en cualquier posición**. Imagen **virtual, derecha, menor** que el objeto.

10. Tenemos una lente convergente de 10 cm de distancia focal. Colocamos un objeto de 1 cm a cierta distancia de la lente. Razonar las características de la imagen y calcular su tamaño y posición si:

a) El objeto está a 15 cm de la lente.

En una lente convergente, el foco objeto F está a la izquierda de la lente y el foco imagen a su derecha.

Teniendo en cuenta que la distancia focal de la lente es de 10 cm = 0,1 m, si el objeto está a 15 cm = 0,15 m de la lente, éste se encuentra más alejado de la lente que el foco, entre una y dos veces la distancia focal.



El trazado de rayos en esta situación es el de la figura.

- Rayo que incide paralelo al eje óptico → converge hacia el foco imagen F' (rojo)
- Rayo que incide pasando por el foco objeto F → sale paralelo al eje óptico (verde)
- Rayo que incide sobre el vértice (centro) de la lente → Sale formando el mismo ángulo con el eje óptico. (azul)

Usaremos normas DIN a la hora de medir las distancias.

Todas las distancias a la derecha de la lente o hacia arriba del eje óptico son positivas. Son negativas aquellas distancias a la izquierda de la lente o hacia abajo del eje óptico.

y: tamaño del objeto: $y = 0,01$ m

s: posición del objeto $s = -0,15$ m.

f': distancia focal (lente-F'). $f' = 0,1$ m (Es positiva en lentes convergentes.)

s': posición de la imagen

y': tamaño de la imagen.

Ecuaciones de Gauss: Ecuación de la lente: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$

Aumento lateral: $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

Sustituimos: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{-0,15} = \frac{1}{0,1} \rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{0,15} = \frac{1}{0,1} \rightarrow \frac{1}{s'} = \frac{1}{0,1} - \frac{1}{0,15} = 3,333 \rightarrow s' = 0,3$ m

$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow \frac{y'}{0,01} = \frac{0,3}{-0,15} \rightarrow y' = -0,02$ m

La imagen es real ($s' > 0$, los rayos convergen en un punto), invertida ($y' < 0$), y mayor que el objeto (el doble)

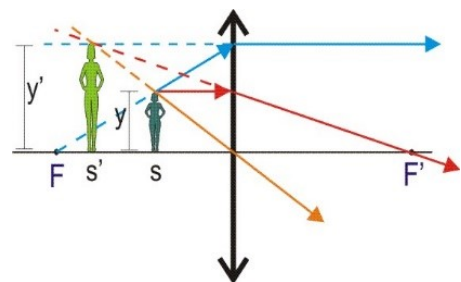
El aumento lateral $\beta = \frac{y'}{y} = -2$

b) El objeto está a 5 cm de la lente.

Ahora el objeto está entre el foco objeto y la lente.

El trazado de rayos es el de la figura.

(Ya se han explicado en el apartado anterior las reglas del trazado de rayos y el criterio de signos DIN).



Ahora $s' = -0,05$ m

Ecuaciones de Gauss: Ecuación de la lente: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$

Aumento lateral: $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

Sustituimos: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{-0,05} = \frac{1}{0,1} \rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{0,05} = \frac{1}{0,1} \rightarrow \frac{1}{s'} = \frac{1}{0,1} - \frac{1}{0,05} = -10 \rightarrow s' = -0,1$ m

$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow \frac{y'}{0,01} = \frac{-0,1}{-0,05} \rightarrow y' = 0,02$ m

La imagen es: Virtual ($s' < 0$, los rayos se separan, parecen provenir de un punto)

Derecha ($y' > 0$)

Mayor que el objeto. El aumento lateral $\beta = \frac{y'}{y} = 2$

11. Repetir el apartado a) del ejercicio anterior con una lente divergente de la misma distancia focal (en valor absoluto).

Usamos el criterio de signos de las normas DIN.

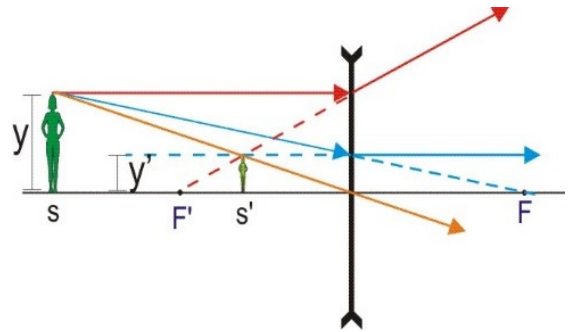
En una lente divergente el foco objeto F se encuentra a la derecha de la lente, y el foco imagen a la izquierda de la lente. La distancia focal f' es negativa.

El trazado de rayos es el indicado en la figura.

- Rayo que incide paralelo al eje óptico \rightarrow diverge, pasando su prolongación por el foco imagen F'

- Rayo cuya línea pasa por el foco objeto F \rightarrow sale paralelo al eje óptico

- Rayo que incide sobre el centro de la lente \rightarrow Sale formando el mismo ángulo con el eje óptico.



La situación es la misma independientemente de la distancia a la que se encuentre de la lente. Se formará una imagen virtual, derecha y menor que el objeto.

i) $y = 0,01 \text{ m}$, $f' = -0,1 \text{ m}$, $s = -0,15 \text{ m}$

Ecuaciones de Gauss: Ecuación de la lente: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$ Aumento lateral: $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

Sustituimos: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{-0,15} = \frac{1}{-0,1} \rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{0,15} = -\frac{1}{0,1} \rightarrow \frac{1}{s'} = -\frac{1}{0,1} - \frac{1}{0,15} = -16,67 \rightarrow s' = -0,06 \text{ m}$

$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow \frac{y'}{0,01} = \frac{-0,06}{-0,15} \rightarrow y' = 0,004 \text{ m}$

La imagen obtenida es: - virtual ($s' < 0$, y vemos en el diagrama que los rayos divergen, se separan de un punto.)
 - Derecha ($y' > 0$, al igual que y)
 - Menor que el objeto ($y' = 0,004 \text{ m}$, frente a $y = 0,01 \text{ m}$)

El aumento lateral es de $\beta = \frac{y'}{y} = 0,4$

13. Un objeto de 10 cm de altura se coloca 0,5 m por delante de un espejo convexo de 2 m de radio. Realice el trazado de rayos y calcule razonadamente la posición de la imagen, su tamaño y características.

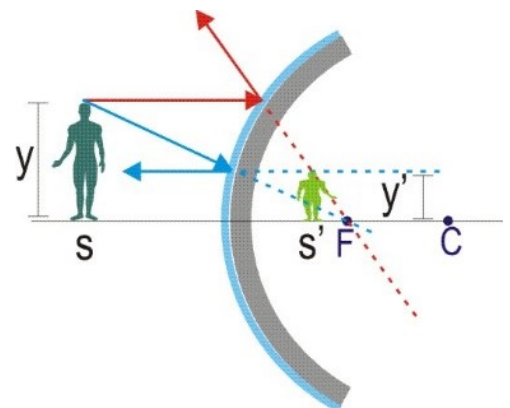
Usamos el criterio de signos de las normas DIN.

En un espejo convexo el foco F se encuentra a la derecha del espejo, en el punto medio entre el vértice y el centro ($\frac{R}{2} = 1 \text{ m}$). La distancia focal es positiva (F a la derecha). Así $f' = 1 \text{ m}$

El trazado de rayos es el indicado en la figura.

- Rayo que incide paralelo al eje óptico \rightarrow diverge, pasando su prolongación por el foco F

- Rayo cuya línea pasa por el foco objeto F \rightarrow se refleja paralelo al eje óptico



ii) $y = 0,1 \text{ m}$, $f' = 1 \text{ m}$, $s = -0,5 \text{ m}$

Ecuaciones de Gauss: Ecuación del espejo: $\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$ Aumento lateral: $\frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$

Sustituimos: $\frac{1}{s'} + \frac{1}{-0,5} = \frac{1}{1} \rightarrow \frac{1}{s'} - 2 = 1 \rightarrow \frac{1}{s'} = 3 \rightarrow s' = 0,333 \text{ m}$

$$\frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \rightarrow \frac{y'}{0,1} = -\frac{0,333}{-0,5} \rightarrow y' = 0,067 \text{ m}$$

La imagen obtenida es: - virtual ($s' > 0$, y vemos en el diagrama que los rayos divergen, se separan de un punto.)

- Derecha ($y' > 0$, al igual que y)

- Menor que el objeto ($y' = 0,067 \text{ m}$, frente a $y = 0,1 \text{ m}$)

$$\text{El aumento lateral es de } \beta = \frac{0,067}{0,1} = 0,67$$