Ejercicios resueltos de Selectividad

Física. Óptica

mentoor.es

Índice de contenido

Madrid, Junio 2024 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta 4. Opción A

Un objeto de 4 mm de altura está situado 20 cm a la izquierda de una lente delgada. La imagen que se forma es derecha y tiene una altura de 2 mm.

a) **Calcule la potencia de la lente e indique si es convergente o divergente.**
b) **Elabore el trazado de rayos correspondiente a la situación descrita.**

Solución:

a) **Calcule la potencia de la lente e indique si es convergente o divergente.**

Para determinar la potencia de la lente, usamos la fórmula de las lentes delgadas:

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sabemos que la relación entre los tamaños del objeto y su imagen es:

$$\frac{y'}{y} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad s' = \frac{s}{2}.$$

Sustituyendo esta expresión en la ecuación de las lentes, obtenemos:

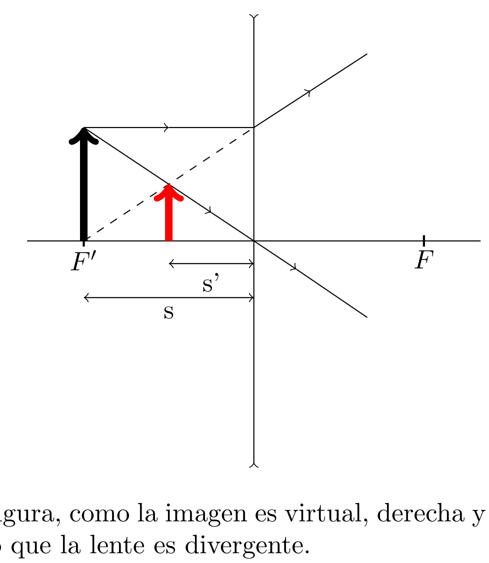
$$P = \frac{2}{s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{s} = \frac{1}{-0,2} = -5\,\mathrm{m}^{-1} = -5\,\text{dioptrías}.$$

El valor negativo de la potencia nos indica que se trata de una lente divergente, lo que implica que la imagen será virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

Por lo tanto, la potencia de la lente es de -5 dioptrías y la lente es divergente.

b) **Elabore el trazado de rayos correspondiente a la situación descrita.**

Representamos el **trazado de rayos en la siguiente figura:**



Tal y como se observa en la figura, como la imagen es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto, podemos confirmar de nuevo que la lente es divergente.

Madrid, Julio 2024 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta 4. Opción B

Un objeto se encuentra a una distancia de 4 m de una pantalla. Entre el objeto y la pantalla se coloca una lente delgada que produce una imagen en la pantalla 3 veces mayor que el objeto.

a) **Calcule la distancia entre el objeto y la lente, así como su distancia focal.**
b) **Realice el diagrama de rayos.**

Solución:

a) **Calcule la distancia entre el objeto y la lente, así como su distancia focal.**

Sabemos que el aumento lateral M es de 3, es decir, la imagen es tres veces más grande que el objeto. El aumento lateral está relacionado con las distancias objeto-lente (s) e imagen-lente (s') de la siguiente manera:

$$M = \left|\frac{s'}{s}\right| = 3.$$

Esto implica que

$$s' = \pm 3s.$$

Dado que la lente se encuentra entre el objeto y la pantalla, s y s' deben tener signos contrarios, por lo que $s' = -3s$.
Además, la suma de las distancias (en valor absoluto) entre el objeto, la lente y la pantalla debe ser 4 m, ya que esa es la distancia total:

$$-s + s' = 4\,\text{m}.$$

Sustituyendo $s' = -3s$ en la ecuación anterior, obtenemos:

$$-s - 3s = 4\,\text{m} \quad \Rightarrow \quad -4s = 4\,\text{m} \quad \Rightarrow \quad s = -1\,\text{m}.$$

Por lo tanto, la distancia entre el objeto y la lente es $s = -1\,\text{m}$, lo que significa que el objeto está a 1 metro del lado opuesto de la lente. Además, se tiene que $s' = 3\,\text{m}$.
Para encontrar la distancia focal, utilizamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sustituyendo los valores de $s' = 3\,\text{m}$ y $s = -1\,\text{m}$:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{3} - \left(\frac{1}{-1}\right) = \frac{1}{3} + 1 = \frac{4}{3}.$$

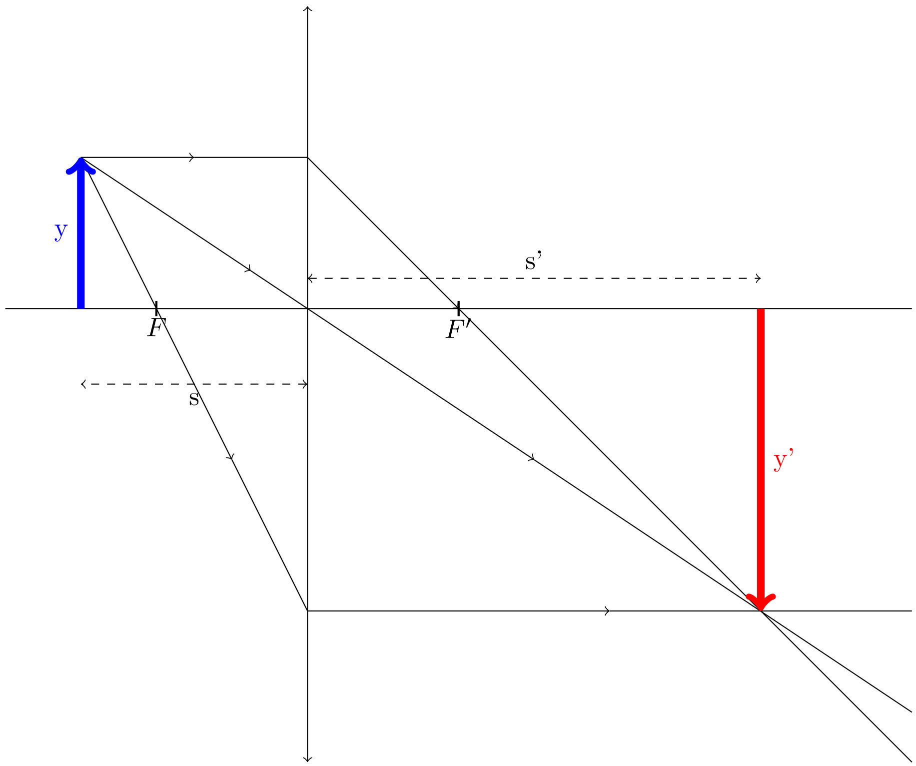
Entonces, la distancia focal es:

$$f' = \frac{3}{4} = 0{,}75\,\text{m}.$$

Por lo tanto, la distancia entre el objeto y la lente es 1 m, y su distancia focal es 0,75 m.

b) **Realice el diagrama de rayos.**

El diagrama de rayos para este sistema puede representarse de la siguiente manera, con la lente convexa y la imagen formada en la pantalla:


y
s'
F
F'
s
y'

Madrid, Junio 2023 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta 4. Opción A

Un objeto de 2 cm de altura se sitúa a 18 cm a la izquierda de una pantalla. Entre la pantalla y el objeto, a 14,2 cm de este, se sitúa una lente convergente.

a) **Determine la distancia focal que debe tener la lente para que se enfoque la imagen del objeto sobre la pantalla y el tamaño de la imagen.**

b) **A continuación, se retira la pantalla y se sitúa a 5 cm a la derecha de la primera lente otra lente convergente de distancia focal 1,2 cm. ¿Dónde se formará la nueva imagen? Realice el correspondiente trazado de rayos.**

Solución:

a) **Determine la distancia focal que debe tener la lente para que se enfoque la imagen del objeto sobre la pantalla y el tamaño de la imagen.**

Primero utilizamos la ecuación de Gauss para las lentes delgadas para determinar la distancia focal necesaria para que la imagen del objeto se enfoque sobre la pantalla. La ecuación es:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s},$$

donde $s = -14,2$ cm es la distancia del objeto a la lente y $s' = 18 - 14,2 = 3,8$ cm es la distancia de la imagen a la lente. Sustituyendo estos valores:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{3,8} - \frac{1}{-14,2} \quad \Rightarrow \quad f' = 3\,\text{cm}.$$

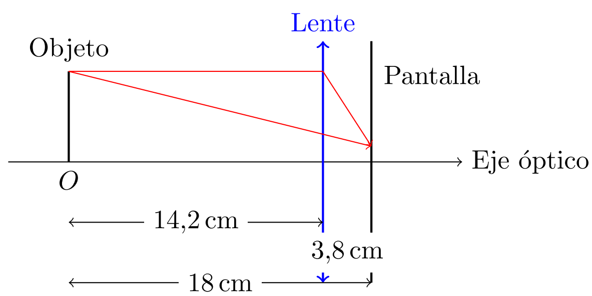
El aumento lateral de la imagen lo obtenemos como:

$$m = \frac{s'}{s} = \frac{3,8}{-14,2} = -0,27.$$

El tamaño de la imagen será:

$$y' = m \cdot y = -0,27 \cdot 2 = -0,54\,\text{cm}.$$

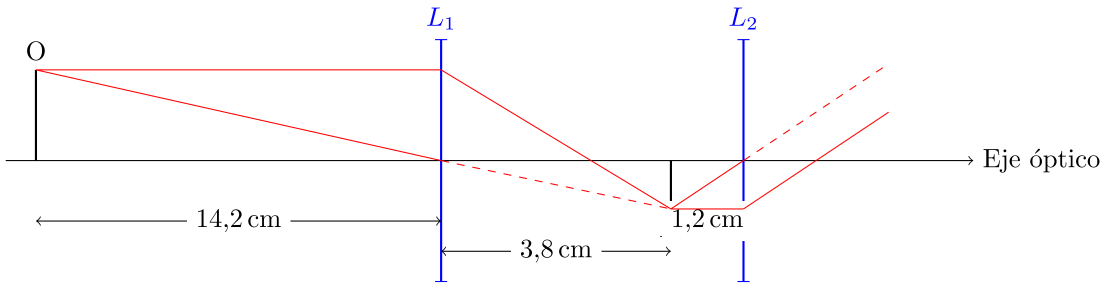
Gráficamente, se tiene la siguiente situación:



Por lo tanto, el tamaño de la imagen es $-0,54$ cm y la distancia focal es -3 cm.

b) **A continuación, se retira la pantalla y se sitúa a 5 cm a la derecha de la primera lente otra lente convergente de distancia focal 1,2 cm. ¿Dónde se formará la nueva imagen? Realice el correspondiente trazado de rayos.**

Ahora, se añade una segunda lente convergente con distancia focal $f'_2 = 1,2$ cm, colocada a 5 cm a la derecha de la primera lente. La imagen creada por la primera lente actúa como objeto para la segunda lente:



La posición de la imagen creada por la primera lente es $s'_1 = 3,8$ cm, por lo que la distancia del objeto a la segunda lente es:

$$s_2 = 3,8 - 5 = -1,2\,\text{cm}.$$

Usamos nuevamente la ecuación de las lentes delgadas para la segunda lente:

$$\frac{1}{f'_2} = \frac{1}{s'_2} - \frac{1}{s_2}.$$

Sustituyendo los valores:

$$\frac{1}{1,2} = \frac{1}{s'_2} - \frac{1}{-1,2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'_2} = 0,$$

lo que significa que la imagen se forma en el infinito. Esto se debe a que el foco objeto de la segunda lente coincide con la posición de la imagen formada por la primera lente.

Por lo tanto, la nueva imagen se formará en el infinito cuando se coloca la segunda lente a 5 cm de la primera.

Madrid, Julio 2023 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta 4. Opción B

Un objeto situado 30 cm a la izquierda de una lente produce una imagen con un aumento lateral de −2.

a) **Obtenga la potencia de la lente.**
b) **¿A qué distancia de la lente debe colocarse el objeto para que el aumento pase a ser +2? Efectúe el trazado de rayos correspondiente a esta nueva situación.**

Solución:

a) **Obtenga la potencia de la lente.**

Para calcular la potencia de la lente, utilizamos la relación que conecta la potencia P con la distancia focal f' de la lente:

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s},$$

donde s es la distancia del objeto a la lente. En este caso, el objeto se encuentra a $s = -0,3\,\text{m}$ (30 cm a la izquierda, así que se toma como negativo). Dado que el aumento es $\beta = -2$, podemos relacionar las distancias usando:

$$-2 = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad s' = -2s = 0,6\,\text{m}.$$

Sustituyendo s' y s en la ecuación de la potencia, tenemos:

$$P = \frac{1}{0,6} - \frac{1}{-0,3} = \frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,3} = \frac{1}{0,6} + \frac{2}{0,6} = \frac{3}{0,6} = 5\,\text{m}^{-1} = 5\,\text{dioptrías}.$$

Por lo tanto, la potencia de la lente es 5 dioptrías.

b) **¿A qué distancia de la lente debe colocarse el objeto para que el aumento pase a ser +2? Efectúe el trazado de rayos correspondiente a esta nueva situación.**

Para que el aumento sea $\beta = +2$, tenemos la relación:

$$2 = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad s' = 2s.$$

La potencia de la lente se puede expresar como:

$$P = \frac{1}{2s} - \frac{1}{s}.$$

Lo que implica que

$$5 = \frac{1}{2s} - \frac{1}{s} = -\frac{1}{2s}.$$

Resolviendo para s:

$$5 = -\frac{1}{2s} \quad \Rightarrow \quad s = -\frac{1}{10} = -0,1\,\text{m}.$$

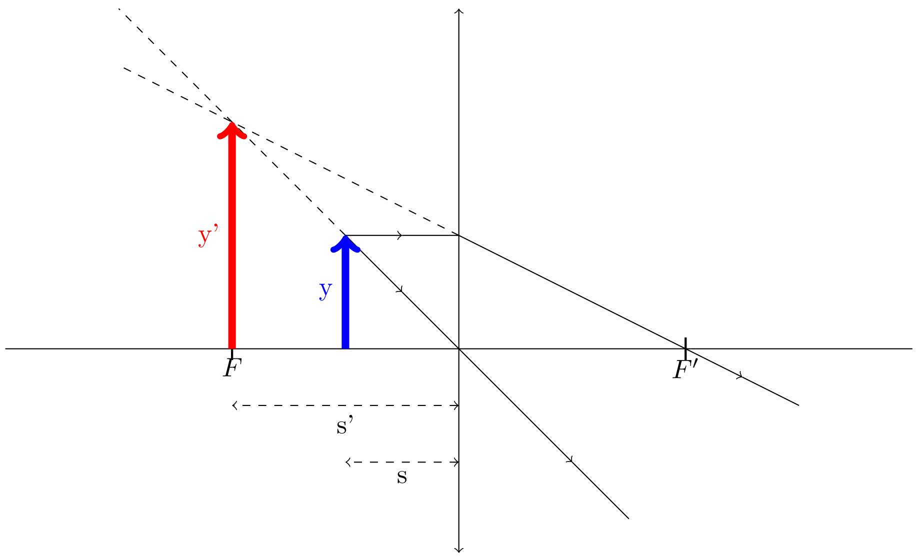
Por lo tanto, la distancia del objeto a la lente debe ser de $0,1\,\text{m}$ (o 10 cm) a la izquierda de la lente. Además, la distancia de la imagen se obtiene como:

$$s' = -2s = -2(-0,1) = -0,2\,\text{m}.$$

Al ser una lente convergente ($f' > 0$), para obtener un aumento positivo, el objeto debe colocarse a la derecha del foco. Entonces, la distancia focal f se determina como:

$$f = -f' = -\frac{1}{5} = -0,2\,\mathrm{m}.$$

El trazado de rayos es como sigue:



Por lo tanto, para que el aumento sea +2, el objeto debe estar a $\mathbf{0,1\,m}$ de la lente y la distancia de la imagen es $\mathbf{0,2\,m}$ a la derecha de la lente.

Madrid, Junio 2022 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta 4. Opción A

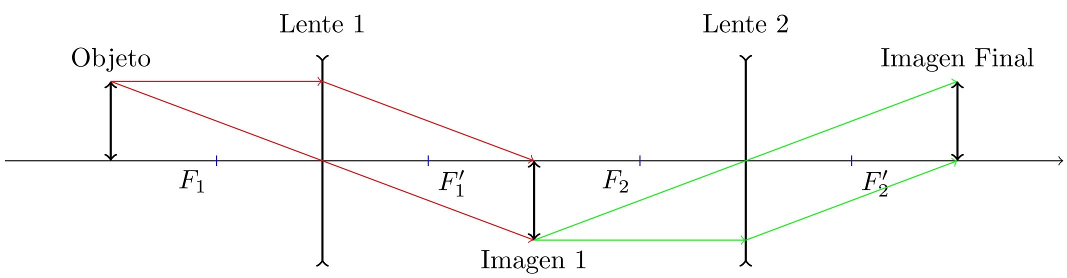
Dos lentes convergentes idénticas están separadas 16 cm. Cuando un objeto se sitúa a una cierta distancia a la izquierda de la primera lente, se encuentra que cada una de ellas opera con aumento igual a -1.

a) **Determine la potencia de las lentes.**
b) **¿Cuánto y hacia dónde debe desplazarse la segunda lente para lograr que la imagen del sistema se forme en el infinito?**

Solución:

a) **Determine la potencia de las lentes.**

Representamos en primer lugar el diagrama de rayos del sistema de dos lentes convergentes descrito en el ejercicio:



Para resolver este problema, utilizamos el hecho de que cada lente tiene un aumento lateral igual a -1. Sabemos que el aumento lateral M está relacionado con las distancias objeto (s) e imagen (s') de una lente mediante la fórmula:

$$M = \frac{s'}{s}.$$

Dado que $M = -1$, podemos concluir que para cada lente:

$$s' = -s,$$

es decir, la distancia objeto (s) y la distancia imagen (s') tienen el mismo valor en magnitud pero signos opuestos.

A continuación, utilizamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sustituyendo $s' = -s$ en la ecuación de las lentes:

$$s = -s' = 2f.$$

Por lo tanto, la distancia focal de cada lente es

$$f = \frac{s}{2}.$$

Dado que las distancias objeto e imagen son iguales para ambas lentes, la separación total D entre ellas es:

$$|s_1'| + |s_2| = D.$$

Puesto que $s_1 = -s'_2$, la relación se reduce a:

$$2|s_1| = D.$$

Sustituyendo $D = 16\,\text{cm}$:

$$2|s_1| = 16\,\text{cm} \quad \Rightarrow \quad s_1 = -\frac{D}{2} = -\frac{16}{2} = -8\,\text{cm}.$$

Dado que $s_1 = -8\,\text{cm}$, la distancia focal de cada lente es:

$$f = \frac{8}{2} = 4\,\text{cm} = 0,04\,\text{m}.$$

La potencia de una lente está dada por la inversa de su distancia focal en metros:

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

Sustituyendo $f = 0,04\,\text{m}$:

$$P = \frac{1}{0,04} = 25\,\text{dioptrías}.$$

Por lo tanto, la potencia de las lentes es 25 dioptrías.

b) ¿Cuánto y hacia dónde debe desplazarse la segunda lente para lograr que la imagen del sistema se forme en el infinito?

Para que la imagen del sistema se forme en el infinito, es necesario que la imagen de la segunda lente se forme en el infinito, lo que significa que $s'_2 \to +\infty$. En este caso, la distancia objeto de la segunda lente (s_2) debe ser igual a la distancia focal de la segunda lente:

$$s_2 = -f_2 = -4\,\text{cm}.$$

Como el objeto no ha sido movido, las distancias objeto e imagen para la primera lente permanecen inalteradas. Entonces,

$$s_1 = -8\,\text{cm} \quad \text{y} \quad s'_1 = +8\,\text{cm}.$$

La relación entre las distancias sigue siendo:

$$|s'_1| + |s_2| = D.$$

Sustituyendo los valores de s'_1 y s_2:

$$8\,\text{cm} + 4\,\text{cm} = D.$$

Así, la nueva distancia entre las lentes debe ser:

$$D = 12\,\text{cm}.$$

La distancia original entre las lentes es 16 cm, por lo que la segunda lente debe desplazarse una cantidad x hacia la izquierda para reducir la distancia a 12 cm. Este desplazamiento es:

$$x = 16 - 12 = 4\,\text{cm}.$$

Por lo tanto, para que la imagen del sistema se forme en el infinito, la segunda lente debe moverse 4 cm hacia la izquierda.

Madrid, Julio 2022 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta 4. Opción A

Se sitúa un objeto de altura h a la izquierda de una lente convergente de distancia focal f'. La imagen del objeto que se forma es real, invertida y de igual tamaño.

a) **Determine, en función de f', las posiciones del objeto y de la imagen con respecto a la lente.**

b) **Realice el correspondiente trazado de rayos para la formación de la imagen.**

Solución:

a) **Determine, en función de f', las posiciones del objeto y de la imagen con respecto a la lente.**

El aumento lateral (M_L) de una imagen es la relación entre el tamaño de la imagen (y') y el tamaño del objeto (y), y también se relaciona con las distancias desde la lente al objeto (s) y a la imagen (s'):

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

Como la imagen es real, invertida y del mismo tamaño que el objeto, entonces el aumento es $M_L = -1$. Así,

$$\frac{s'}{s} = -1 \quad \Rightarrow \quad s' = -s.$$

Utilizando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}.$$

Sustituyendo $s' = -s$ en la ecuación:

$$\frac{1}{-s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad -\frac{2}{s} = \frac{1}{f'}.$$

Despejando s:

$$s = -2f'.$$

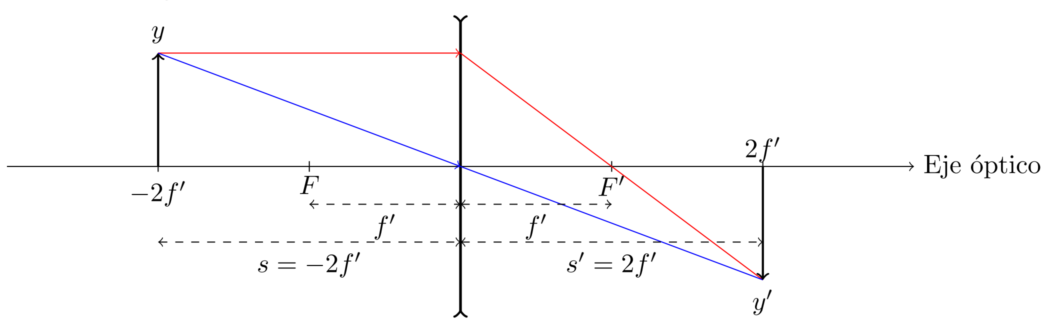
Y como $s' = -s$, entonces:

$$s' = -(-2f') = 2f'.$$

Por lo tanto, el objeto está situado a una distancia $s = -2f'$ (a la izquierda de la lente) y la imagen se forma a una distancia $s' = 2f'$ (a la derecha de la lente).

b) **Realice el correspondiente trazado de rayos para la formación de la imagen.**

A continuación, se presenta el diagrama que muestra el trazado de rayos para la formación de la imagen en una lente convergente:



Madrid, Junio 2021 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta 4. Opción A

Un objeto vertical de 2 mm de altura se encuentra situado 15 cm a la izquierda de una lente convergente de 40 dioptrías. Calcule:

a) **La posición y tamaño de la imagen que forma la lente.**
b) **La posición de una segunda lente convergente de 6 cm de distancia focal, situada a la derecha de la primera lente, para que el sistema óptico genere una imagen en el infinito.**

Solución:

a) **La posición y tamaño de la imagen que forma la lente.**

La potencia de una lente (P) está relacionada con su distancia focal (f') mediante:

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

Dado que $P = +40\,\text{dioptrías}$, tenemos:

$$f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{40\,\text{m}^{-1}} = 0{,}025\,\text{m} = 2{,}5\,\text{cm}.$$

Nótese que la distancia focal es positiva porque se trata de una lente convergente. Para calcular la posición de la imagen (s') usamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s},$$

donde s es la distancia del objeto a la lente ($s = -15\,\text{cm}$) y s' es la distancia de la imagen a la lente (a determinar). Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{2{,}5} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-15} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} = \frac{1}{3} \quad \Rightarrow \quad s' = 3\,\text{cm}.$$

El aumento lateral viene dado por:

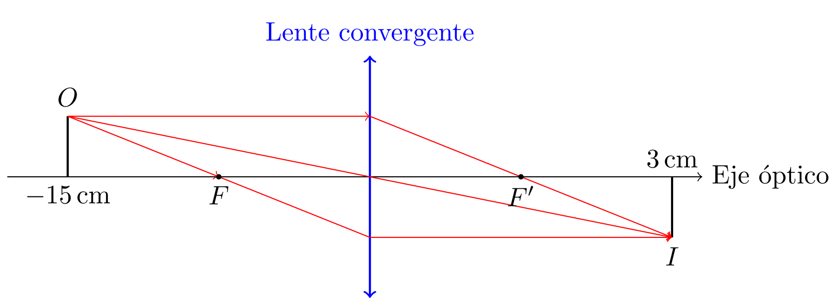
$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{3}{-15} = -0,2.$$

El tamaño de la imagen es:

$$y' = m \cdot y = (-0{,}2) \cdot 0{,}2\,\text{cm} = -0{,}04\,\text{cm},$$

donde el signo negativo indica que la imagen está invertida respecto al objeto.

Diagrama de rayos:



Por lo tanto, la imagen se forma a 3 cm a la derecha de la lente y su tamaño es de 0,04 cm invertida.

b) **La posición de una segunda lente convergente de 6 cm de distancia focal, situada a la derecha de la primera lente, para que el sistema óptico genere una imagen en el infinito.**

Para que el sistema óptico genere una imagen en el infinito, el objeto para la segunda lente debe estar en su foco objeto, es decir,

$$s_2 = -f_2' = -6\,\text{cm},$$

donde el signo negativo indica que el objeto está a la izquierda de la segunda lente. La imagen formada por la primera lente (I_1) actúa como objeto para la segunda lente (L_2). La posición de I_1 respecto a la primera lente es $s_1' = +3\,\text{cm}$ (a la derecha de L_1). La distancia entre las lentes es:

$$d = s_1' - s_2 = 3\,\text{cm} - (-6\,\text{cm}) = 9\,\text{cm}.$$

El signo negativo indica que la segunda lente debe colocarse 8,14 cm a la izquierda de la imagen I_1, es decir, 8,14 cm a la derecha de la primera lente.

Por lo tanto, la segunda lente debe situarse a 9 cm a la derecha de la primera lente para que el sistema forme una imagen en el infinito.

Madrid, Julio 2021 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta 4. Opción A

Sea un sistema óptico formado por dos lentes convergentes, una lente A de distancia focal f'_A y otra B, situada 80 cm a la derecha de A, de distancia focal $f'_B = 30$ cm. Un objeto de 5 cm de altura está situado 15 cm a la izquierda de la lente A.

a) **Si la imagen del objeto formada por el sistema de lentes aparece 75 cm a la derecha de la lente B, ¿cuánto vale la distancia focal de la lente A y el tamaño de la imagen formada por el sistema de lentes?**
b) **¿Dónde hay que situar el objeto a la izquierda de la lente A, para que el sistema de lentes forme la imagen en el infinito?**

Solución:

a) **Si la imagen del objeto formada por el sistema de lentes aparece 75 cm a la derecha de la lente B, ¿cuánto vale la distancia focal de la lente A y el tamaño de la imagen formada por el sistema de lentes?**

Sabemos que:

$$\frac{1}{f'_B} = \frac{1}{s'_B} - \frac{1}{s_B},$$

donde:
- $f'_B = 30$ cm es la distancia focal de la lente B,
- $s'_B = +75$ cm es la distancia de la imagen formada por el sistema de lentes desde la lente B (positivo a la derecha),
- s_B es la distancia del objeto para la lente B (que es la imagen formada por la lente A).

Despejamos s_B:

$$\frac{1}{s_B} = \frac{1}{s'_B} - \frac{1}{f'_B} = \frac{1}{75} - \frac{1}{30} = \frac{2-5}{150} = \frac{-3}{150} = -\frac{1}{50} \quad \Rightarrow \quad s_B = -50\,\text{cm}.$$

Nótese que el signo negativo indica que el objeto para la lente B es virtual y está a 50 cm a la izquierda de la lente B. A continuación, determinamos la distancia de la imagen formada por la lente A (s'_A). Dado que la distancia entre las lentes A y B es 80 cm, y el objeto para la lente B está a -50 cm desde la lente B, entonces:

$$s'_A = \text{Distancia entre las lentes} - \text{Distancia del objeto para B} = 80\,\text{cm} - 50\,\text{cm} = 30\,\text{cm}.$$

Utilizamos la ecuación de las lentes delgadas para la lente A:

$$\frac{1}{f'_A} = \frac{1}{s'_A} - \frac{1}{s_A}.$$

donde:
- $s_A = -15$ cm es la distancia del objeto a la lente A (negativo a la izquierda),
- $s'_A = +30$ cm es la distancia de la imagen formada por la lente A (positivo a la derecha).

Sustituyendo los valores:

$$\frac{1}{f'_A} = \frac{1}{30} - \frac{1}{-15} \quad \Rightarrow \quad f'_A = 10\,\text{cm}.$$

La amplificación total del sistema de lentes es el producto de las amplificaciones individuales:

$$m_{\text{total}} = m_A \cdot m_B,$$

donde:

$$m_A = \frac{s'_A}{s_A} = \frac{30}{-15} = -2,$$

$$m_B = \frac{s'_B}{s_B} = \frac{75}{-50} = -1{,}5.$$

Entonces,

$$m_{\text{total}} = -2 \cdot (-1,5) = 3.$$

El tamaño de la imagen (y') es:

$$y' = m_{\text{total}} \cdot y = 3 \cdot 5\,\text{cm} = 15\,\text{cm}.$$

Por lo tanto, la distancia focal de la lente A es 10 cm y el tamaño de la imagen formada por el sistema de lentes es de 15 cm.

b) **¿Dónde hay que situar el objeto a la izquierda de la lente A, para que el sistema de lentes forme la imagen en el infinito?**

Para que la imagen del sistema de lentes se forme en el infinito, la imagen intermedia formada por la lente A debe situarse en el foco de la lente B. Es decir:

$$s'_B = f'_B = 30\,\text{cm}.$$

La distancia entre las lentes es $d = 80\,\text{cm}$, por lo que la posición de la imagen intermedia respecto a la lente A debe ser:

$$s'_A = d - f'_B = 80\,\text{cm} - 30\,\text{cm} = 50\,\text{cm}.$$

Dado que el signo positivo indica que la imagen está a la derecha de la lente A, aplicamos la ecuación de las lentes delgadas para la lente A:

$$\frac{1}{f'_A} = \frac{1}{s'_A} - \frac{1}{s_A}.$$

Ya conocemos $f'_A = 10\,\text{cm}$ y $s'_A = 50\,\text{cm}$, despejamos s_A:

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{50} - \frac{1}{s_A} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s_A} = \frac{1}{50} - \frac{1}{10} = \frac{1-5}{50} = -\frac{4}{50} = -\frac{2}{25} \quad \Rightarrow \quad s_A = -\frac{25}{2} = -12{,}5\,\text{cm},$$

donde el signo negativo indica que el objeto debe situarse a 12,5 cm a la izquierda de la lente A.

Por lo tanto, el objeto debe situarse a 12,5 cm a la izquierda de la lente A para que el sistema de lentes forme la imagen en el infinito.

Madrid, Julio 2020 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta 4. Opción A

Un objeto está situado en una posición s_1 a la izquierda de una lente convergente de distancia focal 50 mm, de modo que forma una imagen real, invertida y de tamaño doble que el objeto. A continuación, el objeto se va moviendo hacia la lente hasta una posición s_2 en la que la imagen es virtual, derecha y de tamaño doble que la del objeto. Calcule:

a) **La posición s_1 inicial del objeto y la distancia inicial entre la imagen y la lente.**
b) **La posición s_2 final del objeto y la distancia final entre la imagen y la lente.**

Solución:

a) **La posición s_1 inicial del objeto y la distancia inicial entre la imagen y la lente.**

Para la primera situación, donde la imagen es real, invertida y de tamaño doble que el objeto, observamos que

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s_1'}{s_1} = -2 \quad \Rightarrow \quad s_1' = -2s_1.$$

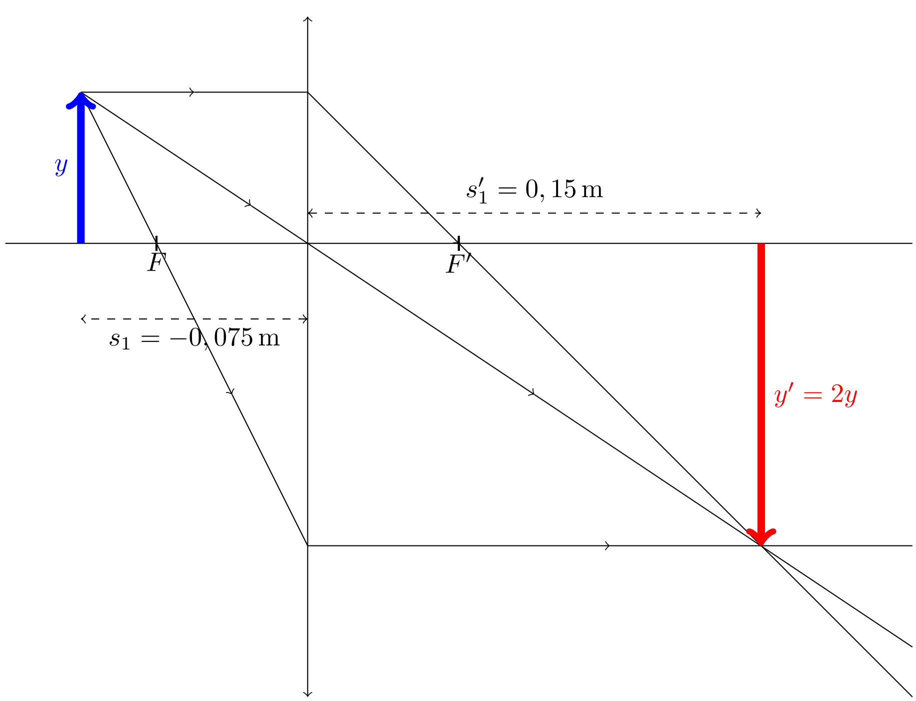
Utilizamos la ecuación de la lente delgada:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_1'} - \frac{1}{s_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{-2s_1} - \frac{1}{s_1} = \frac{-3}{2s_1} \quad \Rightarrow \quad s_1 = \frac{-3f}{2} = \frac{-3 \cdot 0,05\,\mathrm{m}}{2} = -0,075\,\mathrm{m}.$$

Así, la posición inicial del objeto es $s_1 = -0{,}075\,\mathrm{m}$. Finalmente, calculamos la distancia inicial entre la imagen y la lente:

$$s_1' = -2s_1 = -2 \cdot (-0{,}075) = 0{,}15\,\mathrm{m}.$$

El diagrama de rayos es:



Por lo tanto, la posición inicial del objeto es $s_1 = -0{,}075\,\mathrm{m}$ y la distancia inicial entre la imagen y la lente es $s_1' = 0{,}15\,\mathrm{m}$.

b) La posición s_2 final del objeto y la distancia final entre la imagen y la lente.

En la segunda situación, la imagen es virtual, derecha y de tamaño doble que el objeto:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'_2}{s_2} = 2 \quad \Rightarrow \quad s'_2 = 2s_2.$$

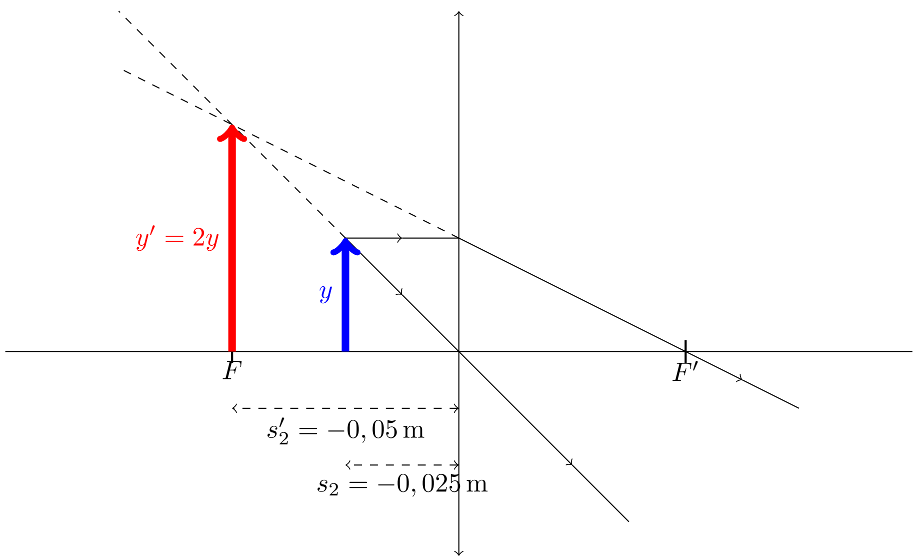
Nuevamente, aplicamos la ecuación de la lente delgada:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'_2} - \frac{1}{s_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{2s_2} - \frac{1}{s_2} = -\frac{1}{2s_2} \quad \Rightarrow \quad s_2 = -\frac{f}{2} = -\frac{0,05\,\mathrm{m}}{2} = -0,025\,\mathrm{m}.$$

Así, la posición final del objeto es $s_2 = -0{,}025\,\mathrm{m}$. Calculamos la distancia final entre la imagen y la lente:

$$s'_2 = 2s = 2 \cdot -(0{,}025) = -0{,}05\,\mathrm{m}.$$

El trazado de rayos es como sigue:



Por lo tanto, la posición final del objeto es $s_2 = -0{,}025\,\mathrm{m}$ y la distancia final entre la imagen y la lente es $s'_2 = -0{,}05\,\mathrm{m}$.

Madrid, Septiembre 2020 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta 4. Opción B

Determine las posiciones donde debe colocarse un objeto real situado a la izquierda de una lente convergente de potencia 2,5 dioptrías para que el tamaño de la imagen formada por la lente sea:

a) **Derecha y el doble que el tamaño del objeto.**
b) **Invertida y la mitad del tamaño del objeto.**

Indique, en cada caso, la naturaleza de la imagen y realice el trazado de rayos correspondiente.

Solución:

a) **Derecha y el doble que el tamaño del objeto.**

Para encontrar la posición del objeto que genera una imagen a la derecha de la lente y con el doble de tamaño, utilizaremos las siguientes ecuaciones de lentes delgadas y de magnificación lateral:

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

Donde:
- M es el aumento lateral,
- y' es la altura de la imagen,
- y es la altura del objeto,
- s' es la distancia imagen,
- s es la distancia objeto.

Dado que la imagen es el doble del tamaño del objeto, tenemos:

$$M = 2 = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad s' = 2s.$$

Además, la potencia de la lente (P) está relacionada con la distancia focal (f') mediante:

$$P = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{2,5} = 0{,}4\,\mathrm{m}.$$

Utilizando la ecuación de lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}.$$

Sustituyendo $s' = 2s$:

$$\frac{1}{2s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{0{,}4}.$$

Simplificando:

$$-\frac{1}{2s} = \frac{1}{0{,}4} \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{2s} = 2{,}5 \quad \Rightarrow \quad s = -\frac{1}{2 \cdot 2{,}5} = -0{,}2\,\mathrm{m}.$$

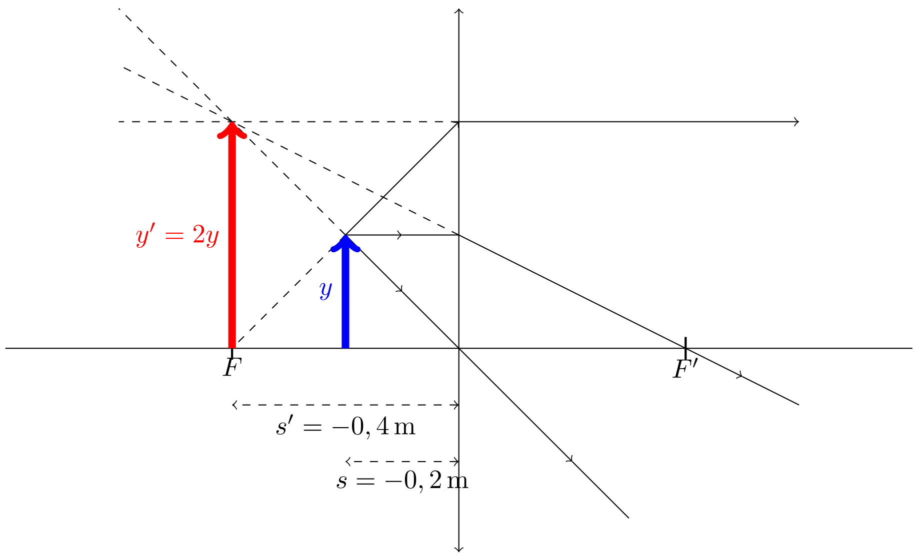
Entonces, la distancia imagen es:

$$s' = 2s = 2 \cdot (-0{,}2\,\mathrm{m}) = -0{,}4\,\mathrm{m}.$$

Naturaleza de la imagen:

- La imagen es real porque está formada en el lado opuesto de la lente respecto al objeto.
- La imagen es virtual si $s' < 0$ en convenciones estándar, pero en este caso, $s' = -0{,}4\,\mathrm{m}$ indica que la imagen está formada a una distancia positiva en el lado opuesto, confirmando que es real.

Trazado de Rayos:



Por lo tanto, el objeto debe colocarse a 0,2 m a la izquierda de la lente convergente.

b) Invertida y la mitad del tamaño del objeto.

Para determinar la posición del objeto que genera una imagen invertida y con la mitad del tamaño del objeto, aplicamos nuevamente las ecuaciones de lentes delgadas y de magnificación lateral:

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}.$$

En este caso, la imagen es invertida y de menor tamaño, por lo que:

$$M = -\frac{1}{2} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad s' = -\frac{1}{2}s.$$

Utilizando la ecuación de lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f}.$$

Sustituyendo $s' = -\frac{1}{2}s$:

$$\frac{1}{-\frac{1}{2}s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{0{,}4}.$$

Simplificando:

$$-\frac{2}{s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{0{,}4} \quad \Rightarrow \quad -\frac{3}{s} = 2{,}5 \quad \Rightarrow \quad s = -\frac{3}{2{,}5} = -1{,}2\,\mathrm{m}.$$

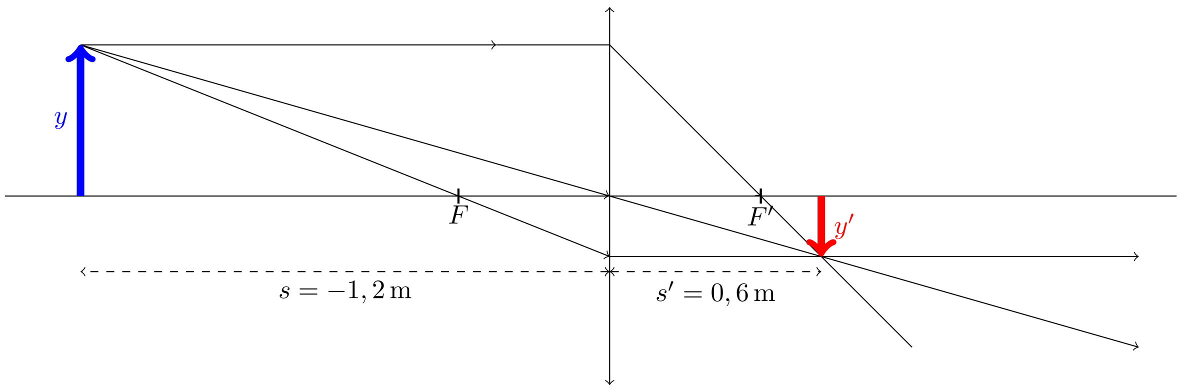
Entonces, la distancia imagen es:

$$s' = -\frac{1}{2}s = -\frac{1}{2} \cdot (-1{,}2\,\mathrm{m}) = 0{,}6\,\mathrm{m}.$$

Naturaleza de la imagen:

- La imagen es real ya que está formada en el lado opuesto de la lente.
- Es invertida y de menor tamaño comparada con el objeto.

Trazado de Rayos:



Por lo tanto, el objeto debe colocarse a 1,2 m a la izquierda de la lente convergente.

Andalucía, Julio 2024 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta C. Opción 1

a) **i. Construya la imagen formada en un espejo cóncavo para un objeto situado a una distancia del espejo mayor que su radio de curvatura, explicando el trazado de rayos correspondiente.**
ii. Indique y justifique las características de la imagen.

b) **Un objeto de 4 cm se sitúa a 36 cm de una lente delgada convergente de distancia focal 12 cm.**
i. Calcule la posición y el tamaño de la imagen, indicando el criterio de signos aplicado.
ii. Realice el trazado de rayos e indique las características de la imagen.

Solución:

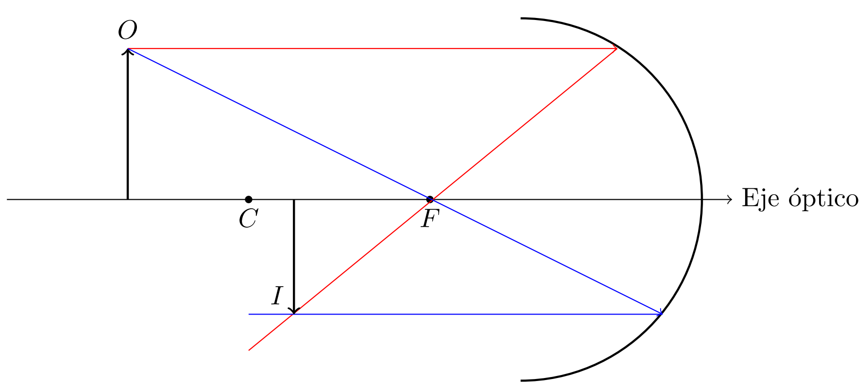
a) **i. Construya la imagen formada en un espejo cóncavo para un objeto situado a una distancia del espejo mayor que su radio de curvatura, explicando el trazado de rayos correspondiente.**

Cuando un objeto se coloca más allá del centro de curvatura (C) de un espejo cóncavo (es decir, a una distancia mayor que el radio de curvatura), la imagen formada es real, invertida y de tamaño menor que el objeto, y se ubica entre el foco (F) y el centro de curvatura (C).

Para construir la imagen, trazamos los siguientes tres rayos característicos:

* *Rayo paralelo al eje óptico*: Un rayo que sale del extremo superior del objeto y es paralelo al eje óptico. Después de reflejarse en el espejo, pasa por el foco (F).
* *Rayo que pasa por el foco*: Un rayo que sale del extremo superior del objeto y pasa por el foco antes de llegar al espejo. Después de reflejarse, se vuelve paralelo al eje óptico.

Diagrama:



Por lo tanto, mediante el trazado de los rayos característicos, obtenemos la posición y características de la imagen formada por el espejo cóncavo.

ii. Indique y justifique las características de la imagen.

Las características de la imagen formada son:

* *Posición:* La imagen se forma entre el foco (F) y el centro de curvatura (C), más cerca del centro de curvatura.
* *Naturaleza:* Real, porque los rayos reflejados convergen realmente en el punto donde se forma la imagen.
* *Orientación:* Invertida respecto al objeto.

* *Tamaño:* Menor que el objeto (imagen reducida).

Estas características se justifican por el trazado de rayos y las leyes de reflexión en espejos cóncavos cuando el objeto está situado más allá del centro de curvatura.

Por lo tanto, la imagen es real, invertida y de menor tamaño, ubicada entre F y C.

b) **Un objeto de 4 cm se sitúa a 36 cm de una lente delgada convergente de distancia focal 12 cm.**

i. **Calcule la posición y el tamaño de la imagen, indicando el criterio de signos aplicado.**

Recordemos el criterio de signos:

* *Distancia focal (f'):* Positiva para lentes convergentes.
* *Distancia del objeto (s):* Negativa si el objeto está situado a la izquierda de la lente.
* *Distancia de la imagen (s'):* Positiva si la imagen se forma a la derecha de la lente (imagen real), negativa si se forma a la izquierda (imagen virtual).
* *Altura del objeto (y):* Positiva si está por encima del eje óptico.
* *Altura de la imagen (y'):* Positiva si está por encima del eje óptico, negativa si está por debajo.

Datos:

$$f' = +12\,\text{cm}, \quad s = -36\,\text{cm}, \quad y = +4\,\text{cm}.$$

Usamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}.$$

Despejamos $\frac{1}{s'}$:

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

Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{12\,\text{cm}} + \frac{1}{-36\,\text{cm}} = \frac{3}{36\,\text{cm}} - \frac{1}{36\,\text{cm}} = \frac{2}{36\,\text{cm}}.$$

Simplificamos:

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{18\,\text{cm}} \quad \Rightarrow \quad s' = +18\,\text{cm}$$

La imagen se forma a 18 cm de la lente, en el lado opuesto al objeto. Calculamos el aumento lateral (m):

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{18\,\text{cm}}{-36\,\text{cm}} = -\frac{1}{2}$$

Entonces,

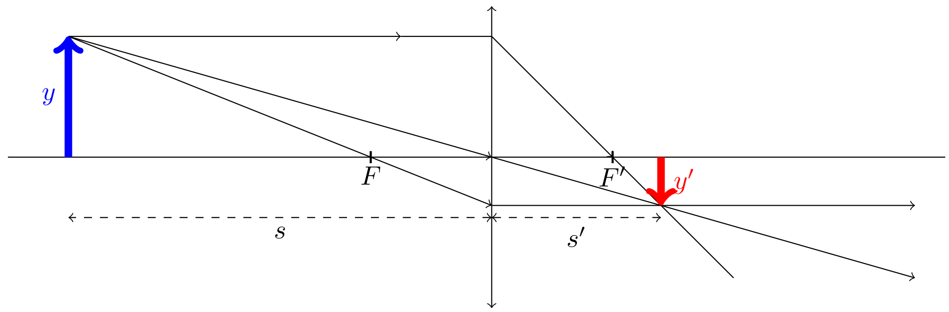
$$y' = m \cdot y = -\frac{1}{2} \cdot 4\,\text{cm} = -2\,\text{cm}$$

El signo negativo indica que la imagen está invertida respecto al objeto.

Por lo tanto, la imagen se forma a 18 cm de la lente, es real, invertida y mide 2 cm de altura.

ii. **Realice el trazado de rayos e indique las características de la imagen.**

El trazado de rayos pedidos es:



Por lo tanto, la imagen es real, invertida y más pequeña que el objeto, situada a 18 cm de la lente en el lado opuesto al objeto.

Andalucía, Junio 2023 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta C. Opción 1

a) **Con una lente delgada queremos obtener una imagen virtual mayor que el objeto. Realice razonadamente el trazado de rayos correspondiente, justifique qué tipo de lente debemos usar y dónde debe estar situado el objeto.**

b) **Sobre una pantalla se desea proyectar la imagen de un objeto que mide 5 cm de alto. Para ello contamos con una lente delgada convergente, de distancia focal 20 cm, y una pantalla situada a la derecha de la lente, a una distancia de 1 m.**

   i. **Indique el criterio de signos usado y determine a qué distancia de la lente debe colocarse el objeto para que la imagen se forme en la pantalla.**

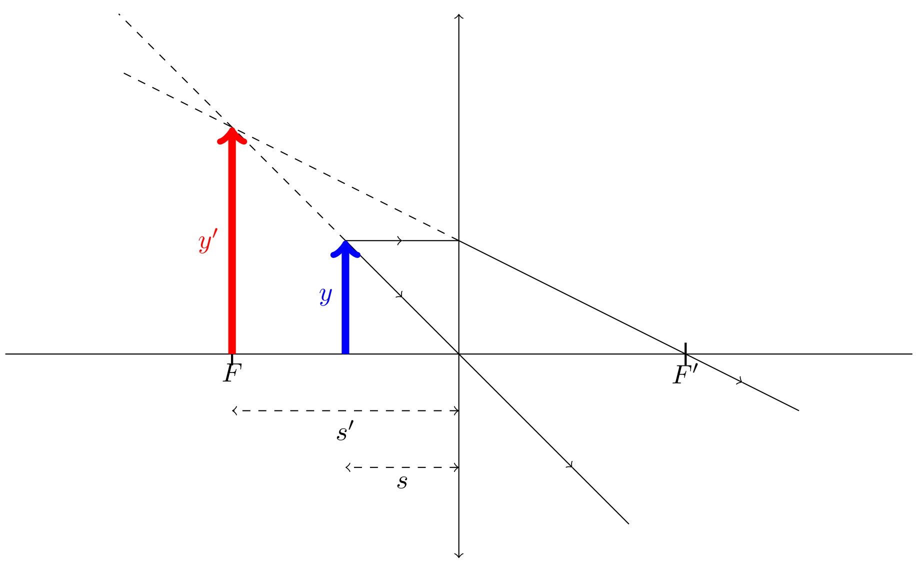
   ii. **Determine el tamaño de la imagen.**

   iii. **Construya gráficamente la imagen del objeto formado por la lente.**

Solución:

a) **Con una lente delgada queremos obtener una imagen virtual mayor que el objeto. Realice razonadamente el trazado de rayos correspondiente, justifique qué tipo de lente debemos usar y dónde debe estar situado el objeto.**

Para obtener una imagen virtual y mayor que el objeto usando una lente delgada, necesitamos una lente convergente. El objeto debe estar situado entre el foco principal objeto (F) y el centro óptico (O) de la lente. En esta posición, los rayos emergentes parecen provenir de una imagen virtual situada detrás del objeto, y dicha imagen es derecha y de mayor tamaño:



Por lo tanto, debemos usar una lente convergente y colocar el objeto entre el foco y la lente para obtener una imagen virtual, derecha y mayor que el objeto.

b) **Sobre una pantalla se desea proyectar la imagen de un objeto que mide 5 cm de alto. Para ello contamos con una lente delgada convergente, de distancia focal 20 cm, y una pantalla situada a la derecha de la lente, a una distancia de 1 m.**

   i. **Indique el criterio de signos usado y determine a qué distancia de la lente debe colocarse el objeto para que la imagen se forme en la pantalla.**

Sabemos que:

$$s' = +100\,\text{cm}, \quad f' = +20\,\text{cm}.$$

Aplicamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s'}.$$

Así,

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{f} = \frac{1}{100} - \frac{1}{20} = \frac{1-5}{100} = -\frac{4}{100} = -\frac{1}{25} \quad \Rightarrow \quad s = -25\,\text{cm}.$$

Por lo tanto, el objeto debe colocarse a 25 cm a la izquierda de la lente.

ii. Determine el tamaño de la imagen.

El aumento lateral (m) viene dado por:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}.$$

Sustituyendo los valores:

$$m = -\frac{100}{25} = -4.$$

Entonces, el tamaño de la imagen es:

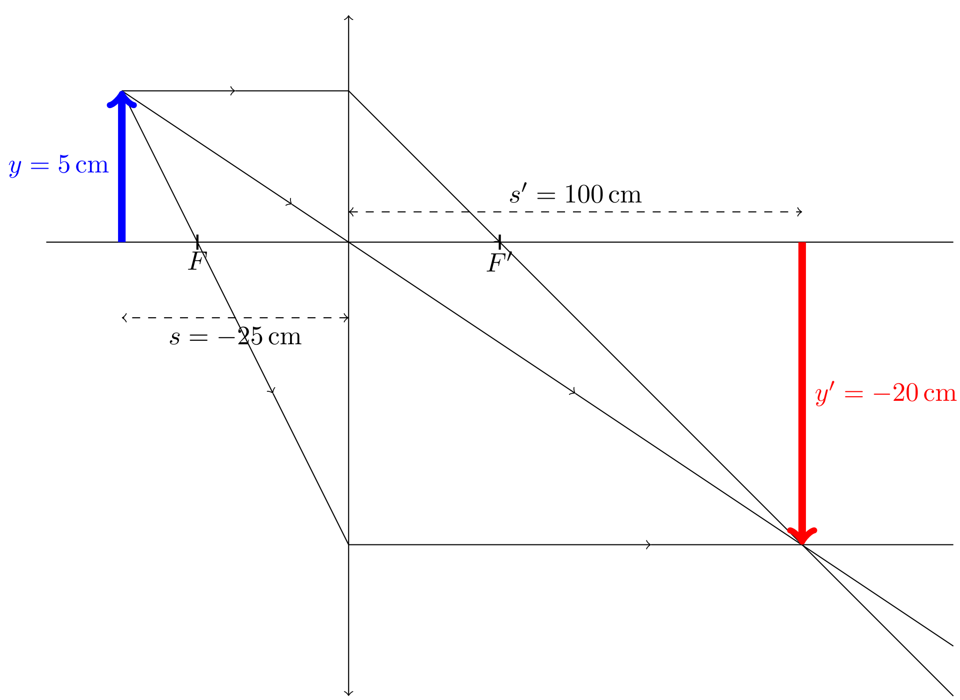
$$y' = m \cdot y = (-4) \cdot (5\,\text{cm}) = -20\,\text{cm}.$$

El signo negativo indica que la imagen está invertida.

Por lo tanto, el tamaño de la imagen es de 20 cm y está invertida.

iii. Construya gráficamente la imagen del objeto formado por la lente.

La construcción pedida es:



Andalucía, Julio 2023 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta C. Opción 2

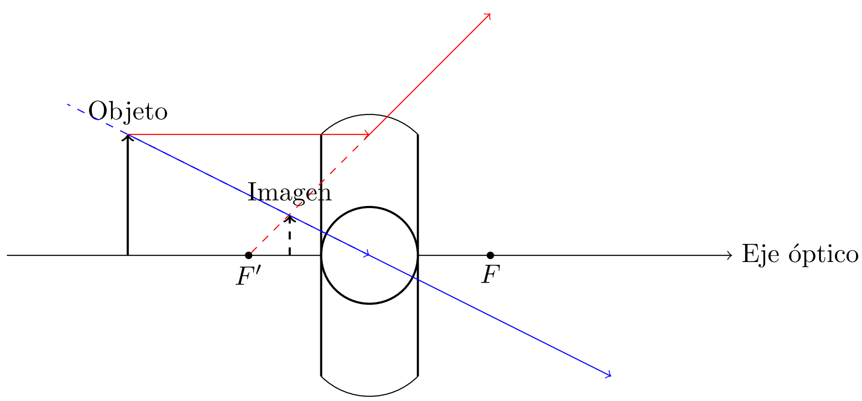
a) **i. Realice el trazado de rayos para un objeto situado a la izquierda del foco imagen de una lente delgada divergente.**
ii. Justifique las características de la imagen formada.

b) **Una lente delgada convergente, de 10 cm de distancia focal, forma una imagen de 4 cm de altura situada 10 cm a la izquierda de la lente.**
i. Calcule la posición y el tamaño del objeto, indicando el criterio de signos aplicado.
ii. Realice el trazado de rayos e indique las características de la imagen.

Solución:

a) **i. Realice el trazado de rayos para un objeto situado a la izquierda del foco imagen de una lente delgada divergente.**

Construcción del diagrama de rayos:



Por lo tanto, se obtiene el diagrama de rayos para un objeto situado a la izquierda del foco imagen de una lente divergente.

ii. Justifique las características de la imagen formada.

La imagen formada por una lente divergente en este caso es:

∗ Virtual: porque se forma por la intersección de las prolongaciones de los rayos divergentes.
∗ Derecha: ya que la imagen no está invertida respecto al objeto.
∗ De menor tamaño: la imagen es más pequeña que el objeto.
∗ Ubicada entre la lente y el foco imagen: se encuentra en el mismo lado que el objeto, entre la lente y el foco.

Por lo tanto, la imagen es virtual, derecha y de menor tamaño, ubicada entre la lente y el foco imagen.

b) **Una lente delgada convergente, de 10 cm de distancia focal, forma una imagen de 4 cm de altura situada 10 cm a la izquierda de la lente.**
i. Calcule la posición y el tamaño del objeto, indicando el criterio de signos aplicado.

Tenemos que:

$$f' = +10\,\text{cm}, \quad s' = -10\,\text{cm (imagen a la izquierda)}, \quad y' = +4\,\text{cm}.$$

Aplicamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Despejamos s:

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{10} = -\frac{2}{10} = -\frac{1}{5} \quad \Rightarrow \quad s = -5\,\text{cm}.$$

Calculamos la altura del objeto utilizando el aumento lateral:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}.$$

Despejamos y:

$$y = \frac{y'}{m}.$$

Calculamos el aumento:

$$m = \frac{s'}{s} = \frac{-10}{-5} = 2.$$

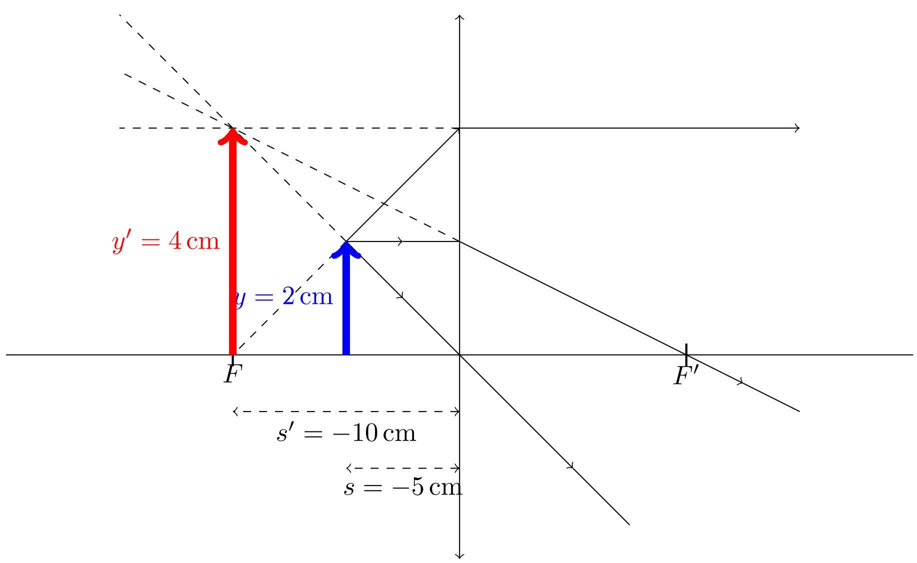
Entonces,

$$y = \frac{y'}{m} = \frac{4\,\text{cm}}{2} = 2\,\text{cm}.$$

Por lo tanto, el objeto está ubicado a 5 cm a la izquierda de la lente y tiene una altura de 2 cm.

ii. Realice el trazado de rayos e indique las características de la imagen.

Construcción del diagrama de rayos:



Por lo tanto, la imagen es virtual, derecha y de mayor tamaño, ubicada a 10 cm a la izquierda de la lente.

Andalucía, Junio 2022 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta C. Opción 2

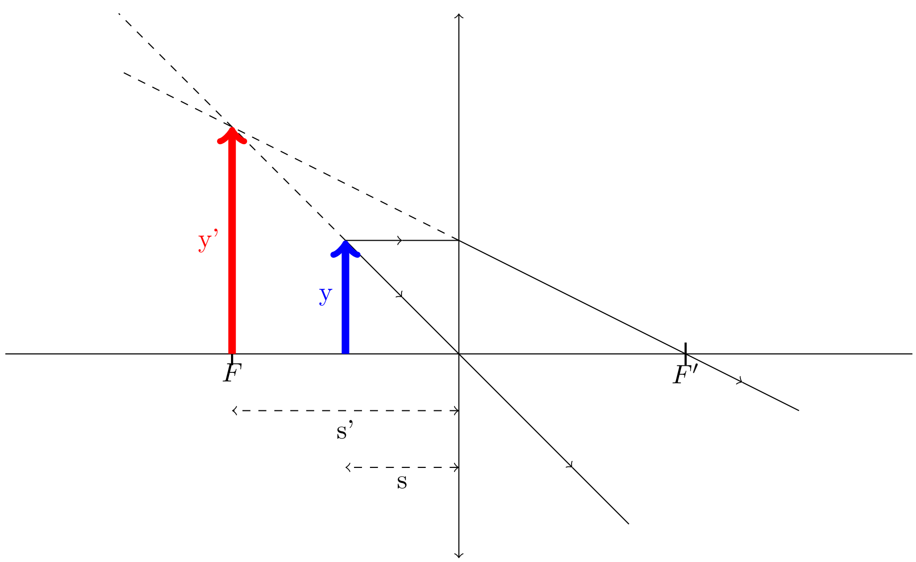
a) **Realice y explique el trazado de rayos para un objeto situado entre el foco objeto y una lente convergente. Justifique las características de la imagen. Justifique las características de la imagen formada.**

b) **Un objeto de 30 cm de altura se coloca a 2 m de distancia de una lente delgada divergente. La distancia focal de la lente es de 50 cm. Indicando el criterio de signos aplicado, calcule la posición y el tamaño de la imagen formada. Realice razonadamente el trazado de rayos y justifique la naturaleza de la imagen.**

Solución:

a) **Realice y explique el trazado de rayos para un objeto situado entre el foco objeto y una lente convergente. Justifique las características de la imagen. Justifique las características de la imagen formada.**

Para un objeto situado entre el foco objeto F y la lente convergente, los rayos principales se trazan de la siguiente manera:



- Tipo de Imagen: La imagen formada es *virtual* porque los rayos son divergentes.
- Orientación de la Imagen: La imagen es *derecha* respecto al objeto.
- Tamaño de la Imagen: La imagen es *mayor*.
- Posición de la Imagen: La imagen se forma en el mismo lado que el objeto.

Por lo tanto, para un objeto situado entre el foco objeto y una lente convergente, la imagen es virtual, derecha y aumentada.

b) **Un objeto de 30 cm de altura se coloca a 2 m de distancia de una lente delgada divergente. La distancia focal de la lente es de 50 cm. Indicando el criterio de signos aplicado, calcule la posición y el tamaño de la imagen formada. Realice razonadamente el trazado de rayos y justifique la naturaleza de la imagen.**

Tenemos que:

- Altura del objeto: $y = 30\,\text{cm} = 0{,}3\,\text{m}$.
- Distancia del objeto: $s = -2\,\text{m}$.
- Distancia focal de la lente divergente: $f' = -0{,}5\,\text{m}$ (negativa por ser divergente).

A partir de la ecuación de las lentes delgadas,

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s},$$

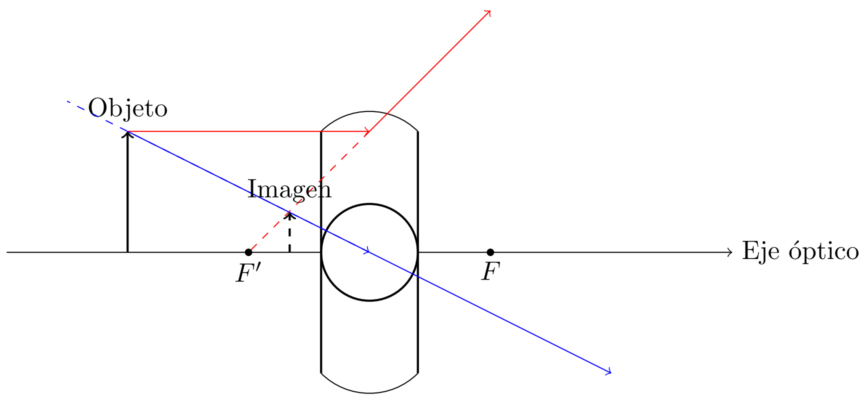
despejamos s':

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{-0{,}5} + \frac{1}{-2} = -\frac{5}{2} \quad \Rightarrow \quad s' = -0{,}4\,\text{m}.$$

El aumento lateral es:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{-0{,}4}{-2} = 0{,}2 \quad \Rightarrow \quad y' = m \cdot y = 0{,}2 \cdot 0{,}3\,\text{m} = 0{,}06\,\text{m} = 6\,\text{cm}.$$

El esquema de rayos es:



Por lo tanto, la imagen formada por una lente divergente es virtual, derecha, de menor tamaño y se encuentra del mismo lado de la lente que el objeto.

Andalucía, Julio 2022 (Convocatoria extraordinaria)

Pregunta C. Opción 2

a) **Realice y explique el trazado de rayos para un objeto situado entre el foco objeto y el doble de la distancia focal de una lente convergente. Determine, justificadamente, las características de la imagen.**

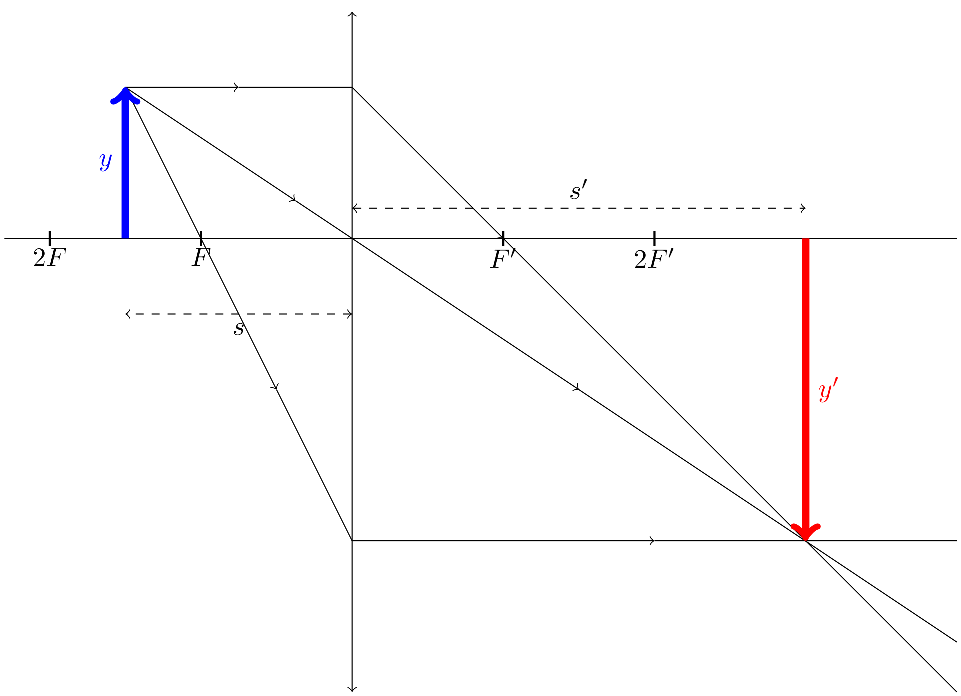
b) **Una lente delgada convergente de distancia focal 20 cm, forma una imagen situada a una distancia de 40 cm a su izquierda y 30 cm de altura. Calcule la posición y el tamaño del objeto, indicando el criterio de signos aplicado. Realice razonadamente el trazado de rayos y justifique la naturaleza de la imagen.**

Solución:

a) **Realice y explique el trazado de rayos para un objeto situado entre el foco objeto y el doble de la distancia focal de una lente convergente. Determine, justificadamente, las características de la imagen.**

Para un objeto colocado entre el foco F y el doble de la distancia focal $2f$ de una lente convergente, se siguen tres rayos principales para determinar la posición y características de la imagen:

1. *Rayo Paralelo:* Este rayo parte del objeto paralelo al eje óptico. Al atravesar la lente, se refracta pasando por el foco F' en el lado opuesto.
2. *Rayo a Través del Centro Óptico:* Este rayo pasa directamente por el centro óptico de la lente y no sufre desviación significativa.
3. *Rayo a Través del Foco:* Este rayo pasa por el foco F en el lado del objeto antes de llegar a la lente. Al atravesarla, se refracta y se mueve paralelo al eje óptico.



Por lo tanto, la imagen es real porque los rayos convergen en un punto, invertida porque se forma al otro lado de la lente, de mayor tamaño y se forma más allá del doble de la distancia focal en el lado opuesto de la lente.

b) **Una lente delgada convergente de distancia focal 20 cm, forma una imagen situada a una distancia de 40 cm a su izquierda y 30 cm de altura. Calcule la posición y el tamaño del objeto, indicando el criterio de signos aplicado. Realice razonadamente el trazado de rayos y justifique la naturaleza de la imagen.**

Tenemos que:
- Distancia focal de la lente: $0 < f' = 20\,\text{cm}$, por lo que la lente es convergente
- Distancia de la imagen: $s' = -40\,\text{cm}$ (negativa, ya que está a la izquierda de la lente).
- Altura de la imagen: $y' = 30\,\text{cm}$.

Utilizamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sustituyendo los valores conocidos:

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{-0,4} - \frac{1}{s} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s} = -\frac{1}{0,4} - \frac{1}{20} = -7,5 \quad \Rightarrow \quad s = -13,33\,\text{cm}.$$

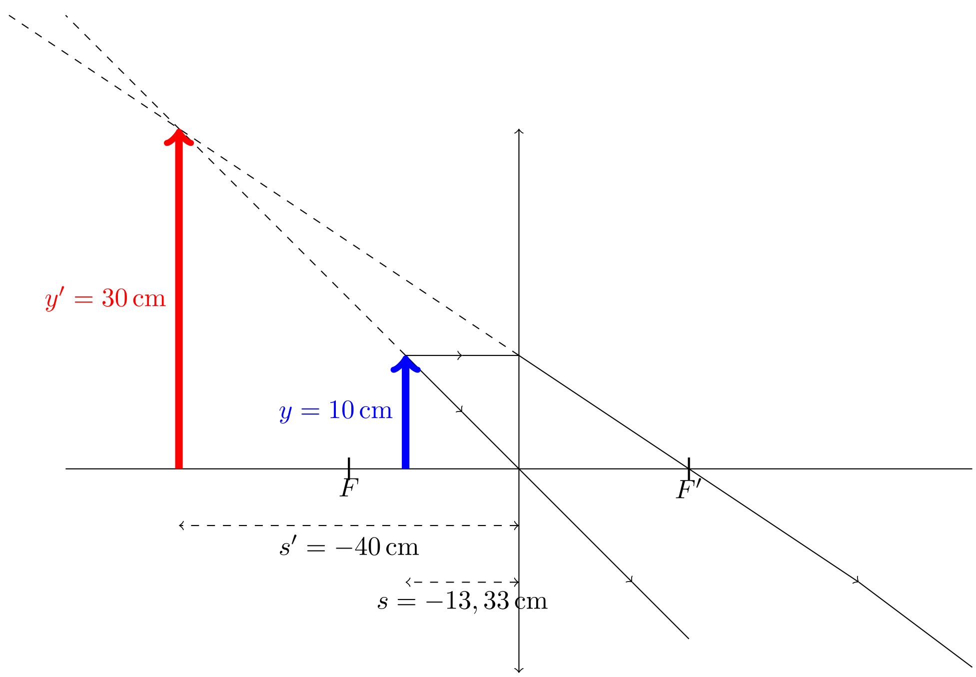
Utilizamos la relación de aumento lateral:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}.$$

Sustituyendo los valores conocidos:

$$\frac{30}{y} = \frac{-40}{-13,33} \quad \Rightarrow \quad y = 10\,\text{cm}.$$

El trazado de rayos es como sigue:



Por lo tanto, el objeto se encuentra a 13,33 cm a la izquierda de la lente, el tamaño del objeto es de 10 cm y la imagen es virtual, derecha, de tamaño mayor y situada a 40 cm de la lente en el lado izquierdo de la lente.

Andalucía, Junio 2021 (Convocatoria ordinaria)

Pregunta C. Opción 2

a) **Con una lente queremos obtener una imagen virtual mayor que el objeto. Razone, realizando además el trazado de rayos correspondiente, qué tipo de lente debemos usar y dónde debe estar situado el objeto.**

b) **Un objeto de 30 cm de alto se encuentra a 60 cm delante de una lente divergente de 40 cm de distancia focal.**
   i. **Calcule la posición de la imagen.**
   ii. **Calcule el tamaño de la imagen.**
   iii. **Explique, con ayuda de un diagrama de rayos, la naturaleza de la imagen formada. Justifique sus respuestas.**

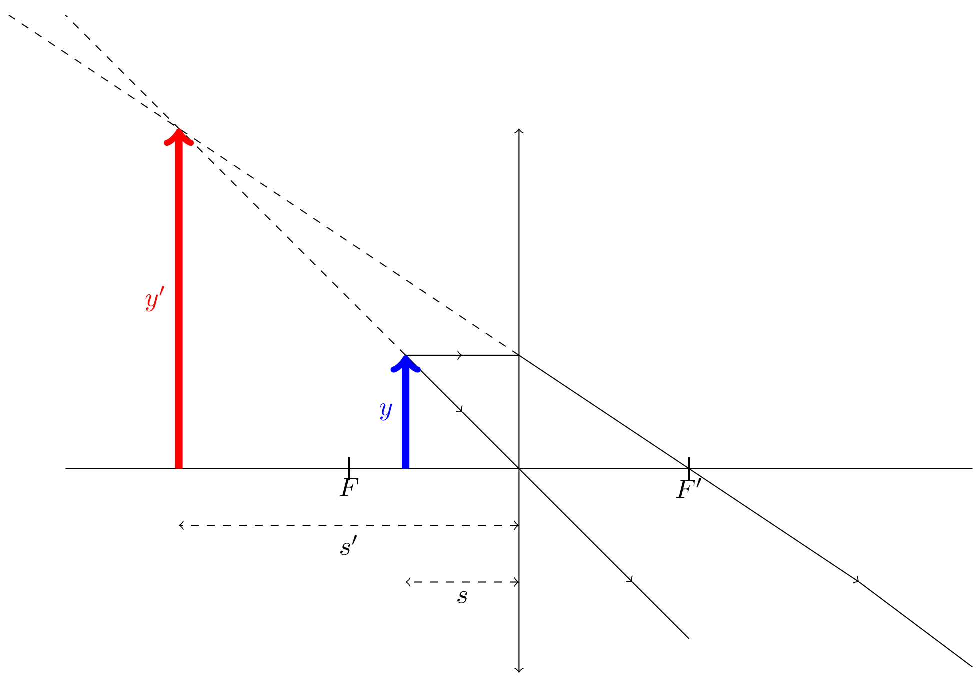
Solución:

a) **Con una lente queremos obtener una imagen virtual mayor que el objeto. Razone, realizando además el trazado de rayos correspondiente, qué tipo de lente debemos usar y dónde debe estar situado el objeto.**

Para obtener una imagen *virtual* y *mayor* que el objeto, debemos utilizar una *lente convergente* (también conocida como lente convexa). Además, el objeto debe estar situado *entre el foco y la lente*, es decir, a una distancia menor que la distancia focal de la lente.

Una lente convergente tiene la capacidad de refractar los rayos de luz de manera que, si el objeto está dentro de su distancia focal, los rayos refractados divergen. Al prolongar estos rayos, se intersectan en el mismo lado que el objeto, formando una imagen *virtual*, *derecha* y *aumentada*.

Esquema del trazado de rayos:



Por lo tanto, debemos usar una lente convergente con el objeto situado entre el foco y la lente para obtener una imagen virtual mayor que el objeto.

b) **Un objeto de 30 cm de alto se encuentra a 60 cm delante de una lente divergente de 40 cm de distancia focal.**

i. **Calcule la posición de la imagen.**

Utilizamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s},$$

donde:

* $f' = -40\,\text{cm}$ es la distancia focal de la lente,
* $s = -60\,\text{cm}$ es la distancia del objeto a la lente,
* s' es la distancia de la imagen a la lente.

Sustituyendo en la fórmula de la lente:

$$\frac{1}{-40} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-60} \quad \Rightarrow \quad s' = -24\,\text{cm}.$$

Por lo tanto, la posición de la imagen es $\boldsymbol{s' = -24\,\text{cm}}$.

ii. **Calcule el tamaño de la imagen.**

Utilizamos la relación de magnificación:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s},$$

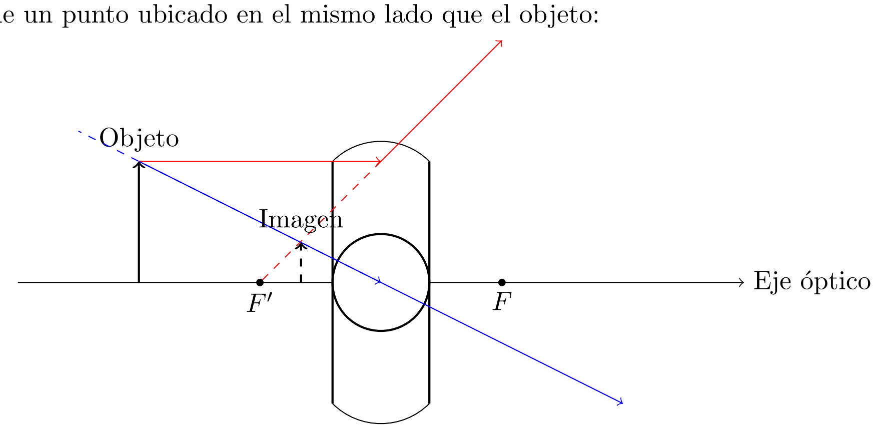
donde y es la altura del objeto e y' es la altura de la imagen. Sustituyendo los valores:

$$m = \frac{-24}{-60} = 0{,}4 \quad \Rightarrow \quad y' = m \cdot y = 0{,}4 \cdot 30\,\text{cm} = 12\,\text{cm}.$$

Por lo tanto, el tamaño de la imagen es $\boldsymbol{y' = 12\,\text{cm}}$.

iii. **Explique, con ayuda de un diagrama de rayos, la naturaleza de la imagen formada. Justifique sus respuestas.**

La imagen formada por una *lente divergente* es *virtual*, *derecha* y **reducida** respecto al objeto. Esto se debe a que los rayos refractados divergen al pasar por la lente, y al prolongarlos, parecen provenir de un punto ubicado en el mismo lado que el objeto:



Por lo tanto, la imagen formada es virtual, derecha y reducida, ubicada en el mismo lado que el objeto.

Andalucía, Junio 2020 (Convocatoria ordinaria)

Ejercicio 3

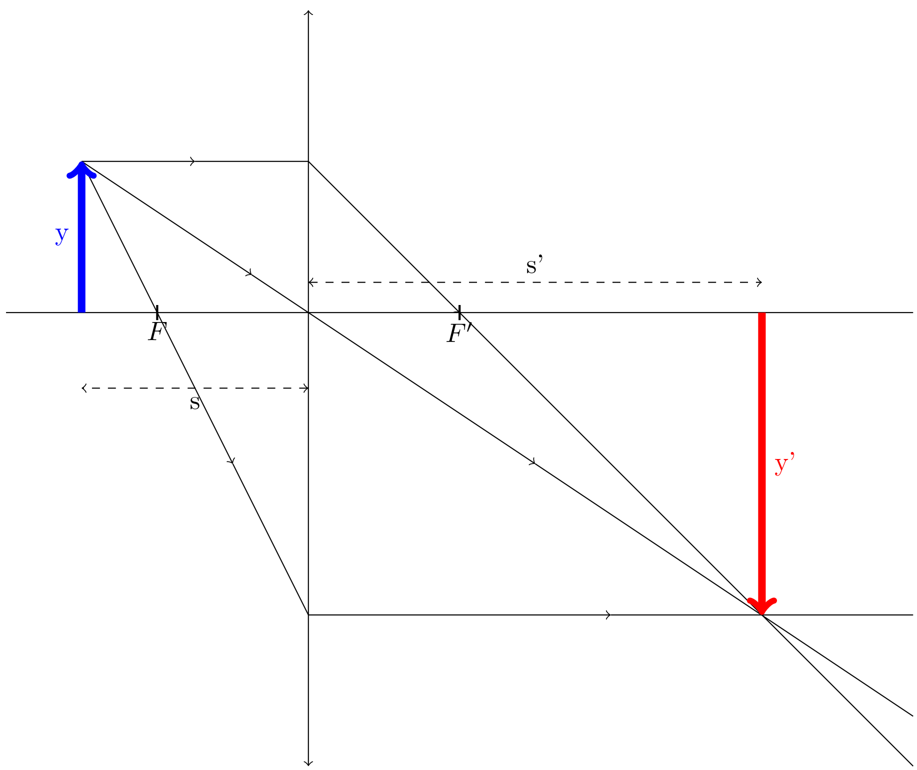
a) **Determine, mediante trazado de rayos, la imagen que se produce en una lente convergente para un objeto situado a una distancia de la lente:**
   i. **Entre una y dos veces la distancia focal.**
   ii. **A más de dos veces la distancia focal.**
   Indique, razonadamente, la naturaleza de la imagen en ambos casos.

b) **Situamos un objeto de 0,4 m de altura a 0,2 m de una lente convergente de 0,6 m de distancia focal.**
   i. **Realice la construcción geométrica del trazado de rayos.**
   ii. **Calcule de forma razonada: la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen formada.**

Solución:

a) **Determine, mediante trazado de rayos, la imagen que se produce en una lente convergente para un objeto situado a una distancia de la lente:**
   i. **Entre una y dos veces la distancia focal.**

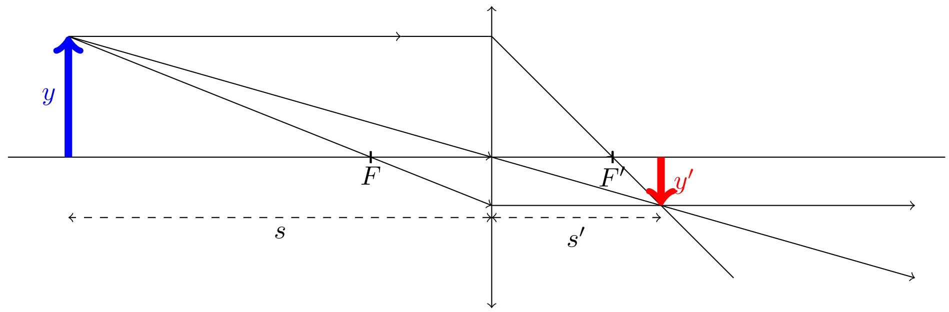
El trazado de rayos es:



Por lo tanto, la imagen es real, mayor e invertida.

   ii. **A más de dos veces la distancia focal.**

El trazado de rayos es:

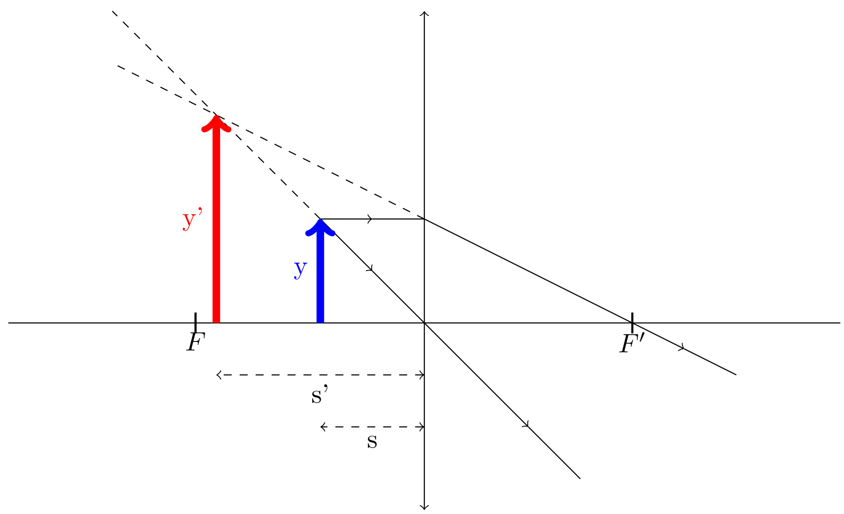


Por lo tanto, la imagen es real, menor e invertida.

b) **Situamos un objeto de 0,4 m de altura a 0,2 m de una lente convergente de 0,6 m de distancia focal.**

i. **Realice la construcción geométrica del trazado de rayos.**

El trazado de rayos es:



Por lo tanto, la construcción geométrica muestra la formación de una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño ya que se cruzan las prolongaciones de los rayos.

ii. **Calcule de forma razonada: la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen formada.**

Tenemos que $f' = 0{,}6\,\text{m}$, $s = -0{,}2\,\text{m}$ e $y = 0{,}4\,\text{m}$. Usamos la ecuación de Gauss para lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} = \frac{1}{0,6} - \frac{1}{0,2} \quad \Rightarrow \quad s' = -\frac{3}{10} = -0{,}3\,\text{m}.$$

Para obtener el tamaño de la imagen (y'), tenemos en cuenta que

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = -\frac{y \cdot s'}{s} = \frac{0{,}4\,\text{m} \cdot (-0{,}3\,\text{m})}{-0{,}2\,\text{m}} = 0{,}6\,\text{m}.$$

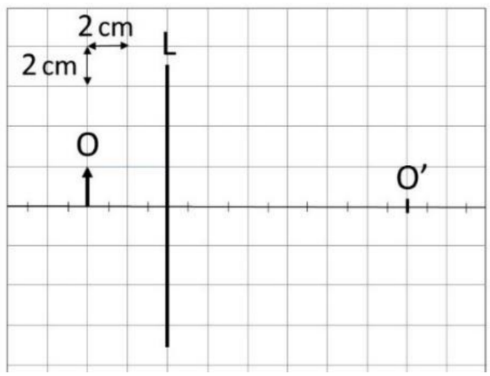
Por lo tanto, la imagen se forma a 0,3 m a la izquierda de la lente, es virtual, derecha y tiene una altura de 0,6 m.

Comunidad Valenciana, Junio 2024 (Convocatoria ordinaria)

Problema 3

En la figura se representa una lente delgada L, un objeto O y la posición de la imagen O' que se produce.

a) **Calcula la potencia de la lente, la distancia focal y razona si la lente es convergente o divergente.**
b) **Realiza un trazado de rayos y razona las características de la imagen. Calcula numéricamente su tamaño.**



Solución:

a) **Calcula la potencia de la lente, la distancia focal y razona si la lente es convergente o divergente.**

En la figura se ve:
- Distancia del objeto a la lente: $s = -4$ cm.
- Distancia de la imagen a la lente: $s' = 12$ cm.
- Altura del objeto: $y = 2$ cm.

Utilizamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{12 \text{ cm}} - \frac{1}{-4 \text{ cm}} = \frac{1}{3 \text{ cm}} \quad \Rightarrow \quad f' = 3 \text{ cm}.$$

La potencia de la lente es:

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,03 \text{ m}} = 33,33 \text{ dioptrías}.$$

Por lo tanto, la distancia focal de la lente es $f' = 3$ cm y su potencia es $P = -16.67$ dioptrías. Al tener una distancia focal positiva, la lente es convergente.

b) **Realiza un trazado de rayos y razona las características de la imagen. Calcula numéricamente su tamaño.**

Calculamos el aumento lateral (magnificación):

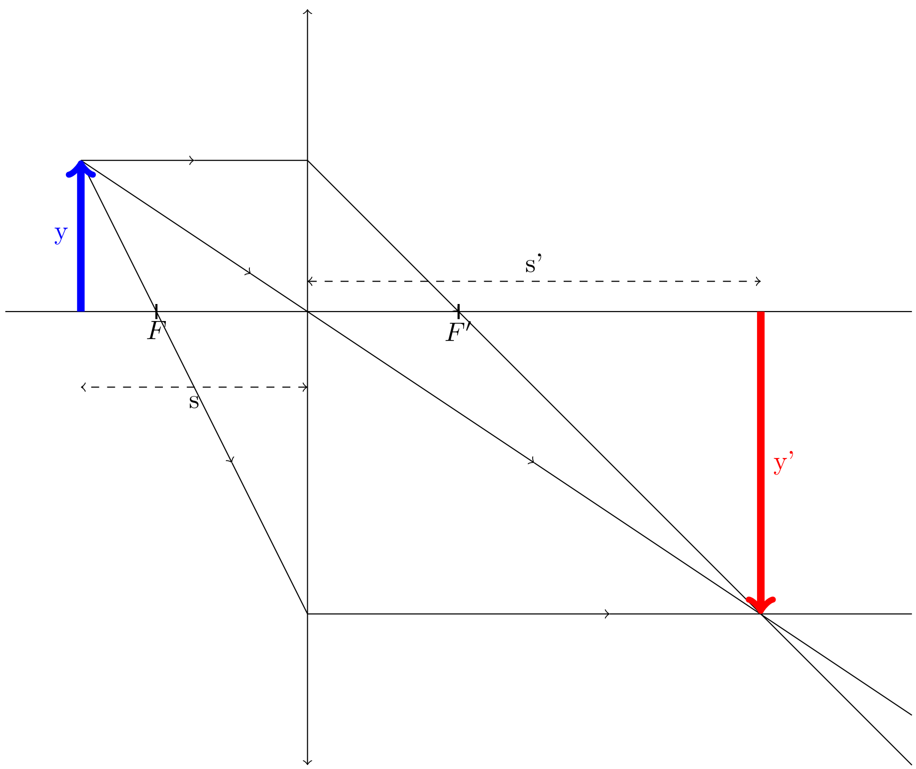
$$m = \frac{s'}{s} = \frac{12 \text{ cm}}{-4 \text{ cm}} = -3.$$

Esto significa que la imagen es:
- *Real*, porque s' es positivo.
- *Invertida*, porque m es negativo.
- *Ampliada*, porque $|m| > 1$.

Calculamos la altura de la imagen y':

$$y' = m \cdot y = -3 \cdot 2 \text{ cm} = -6 \text{ cm}.$$

La imagen mide 6 cm de altura y está invertida. Entonces, el trazado de rayos es:



Por lo tanto, la imagen es real, invertida y más grande que el objeto, con una altura de 6 cm.

Comunidad Valenciana, Julio 2024 (Convocatoria extraordinaria)

Cuestión 5

Un objeto de 10 cm de altura está situado a 1 m del vértice de un espejo esférico convexo de 1 m de distancia focal. Calcula la posición y el tamaño de la imagen que se forma. Indica las características de la imagen con la ayuda de un esquema de rayos.

Solución:

Se tiene que:

- Altura del objeto: $y = 10\,\text{cm}$.
- Distancia del objeto al espejo: $s = -1\,\text{m}$ (negativa por convención en espejos).
- Distancia focal del espejo convexo: $f = 1\,\text{m}$ (positivo para espejos convexos).

Usamos la ecuación de los espejos esféricos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s}.$$

Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{1\,\text{m}} - \frac{1}{-1\,\text{m}} = 2\,\text{m}^{-1}.$$

Entonces,

$$s' = 0,5\,\text{m}.$$

Nótese que en espejos convexos, la imagen siempre se forma entre el espejo y el foco. En espejos convexos, independientemente de la posición del objeto, la imagen es:

- Virtual (se forma detrás del espejo).
- Derecha (no invertida).
- Reducida (de menor tamaño que el objeto).

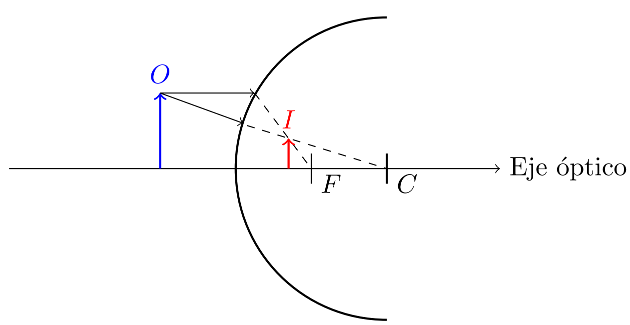
El aumento lateral es:

$$m = -\frac{s'}{s} = -\frac{0,5}{-1} = 0,5.$$

Entonces,

$$y' = m \cdot y = 0,5 \cdot 10\,\text{cm} = 5\,\text{cm}.$$

El esquema de rayos es:

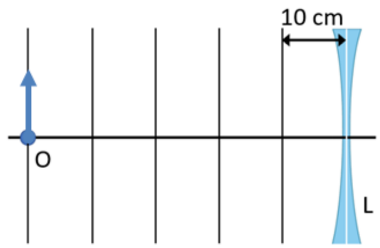


Por lo tanto, la imagen es virtual, derecha, reducida y se forma detrás del espejo y su tamaño es 5 cm.

Comunidad Valenciana, Junio 2023 (Convocatoria ordinaria)

Cuestión 6

En la figura se muestra una lente, L, y la posición de un objeto, O. La imagen es virtual y se encuentra a 10 cm de la lente. Determina la distancia focal imagen de la lente, la potencia de la lente en dioptrías y el tamaño de la imagen si el objeto mide 5 cm.



Solución:

Para calcular la distancia focal (f') utilizamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s},$$

donde $s = -50$ cm (distancia del objeto, negativa porque está a la izquierda de la lente) y $s' = -10$ cm (distancia de la imagen, negativa porque es virtual y está a la misma izquierda de la lente). Sustituimos:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{-50} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{50} = -\frac{5}{50} + \frac{1}{50} = -\frac{4}{50} = -\frac{2}{25} \quad \Rightarrow \quad f' = -\frac{25}{2} = -12{,}5 \text{ cm}.$$

La potencia en dioptrías es:

$$P = \frac{1}{f \text{ (en metros)}} = \frac{1}{-0{,}125} = -8 \text{ dioptrías}.$$

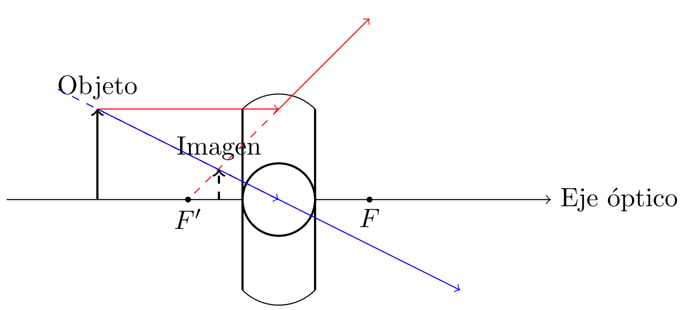
El aumento lateral (m) es:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{-10}{-50} = \frac{10}{50} = \frac{1}{5}.$$

Entonces,

$$y' = my = \frac{1}{5} \cdot 5 \text{ cm} = 1 \text{ cm}.$$

El signo negativo indica que la imagen está derecha respecto al objeto:



Por lo tanto, la distancia focal de la lente es $f' = -12{,}5$ cm, su potencia es -8 dioptrías y el tamaño de la imagen es $y' = 1$ cm.

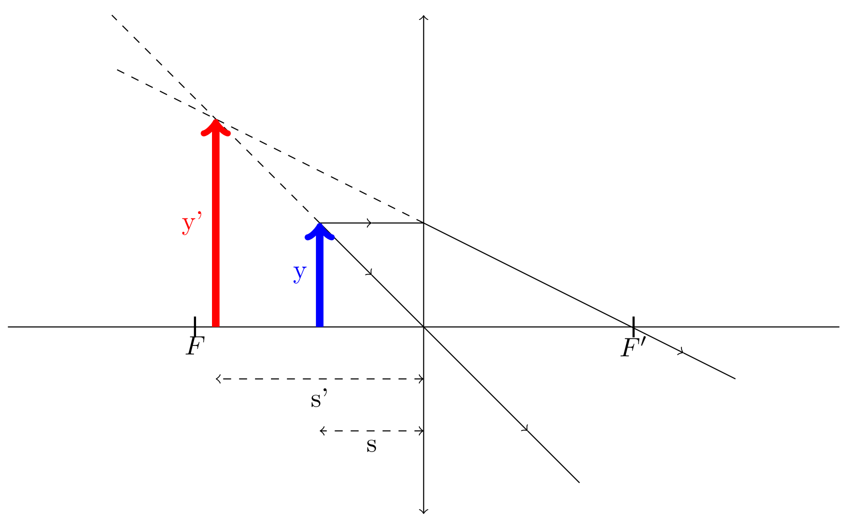
Comunidad Valenciana, Julio 2023 (Convocatoria extraordinaria)

Cuestión 7

Demuestra que una lupa produce imágenes derechas de objetos reales si estos se encuentran entre la lupa y su foco objeto. ¿Estas imágenes son reales o virtuales? ¿Dónde debería situarse un objeto real si se desea obtener una imagen invertida? ¿Qué ocurre si situamos el objeto justo en el foco objeto de la lupa? Para responder usa en cada caso un trazado de rayos.

Solución:

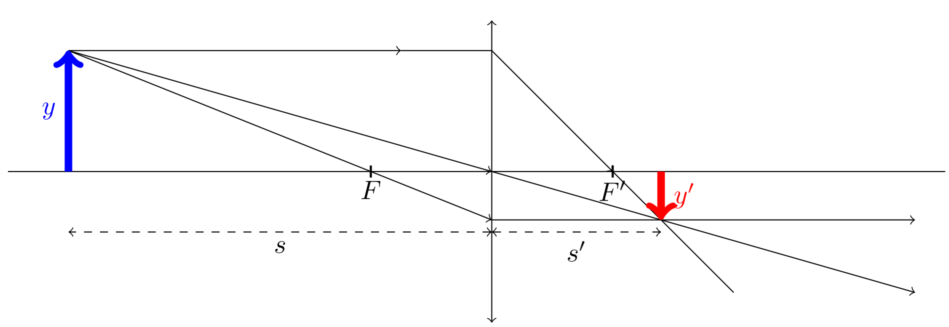
Sabemos que una lupa es una lente convergente ($f' > 0$) en la que se coloca el objeto entre la lente y su foco objeto F para obtener imágenes mayores:



Así, cuando un objeto real se coloca entre la lente convergente (lupa) y su foco objeto (f), la imagen formada es:

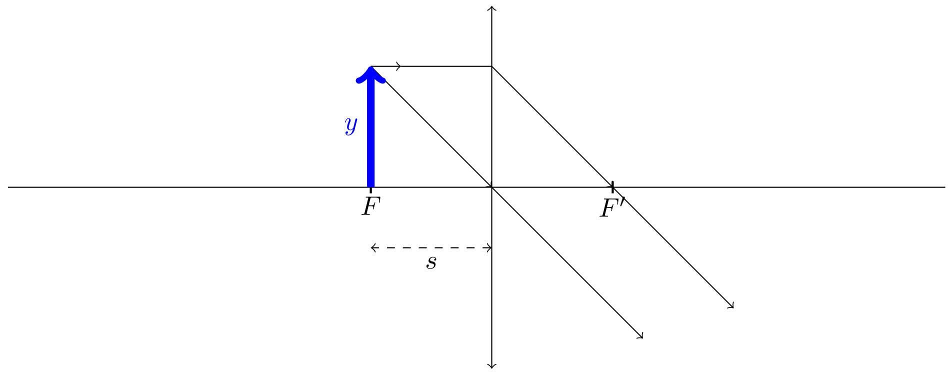
- *Virtual*: no puede proyectarse en una pantalla.
- *Derecha*: mantiene el mismo sentido que el objeto.
- *Aumentada*: de mayor tamaño que el objeto.

Para obtener una imagen *real* e *invertida*, el objeto debe situarse a una distancia mayor que la distancia focal ($s > f$):



Así, cuando el objeto está más allá del foco objeto, la lente forma una imagen real, invertida y del otro lado de la lente.

Si el objeto se sitúa justo en el foco objeto ($s = f$), los rayos emergentes son paralelos y la imagen se forma en el infinito:



Por lo tanto, una lupa produce imágenes virtuales, derechas y aumentadas de objetos reales situados entre la lente y su foco objeto. Para obtener una imagen invertida, el objeto debe estar más allá del foco objeto. Si el objeto se sitúa en el foco, la imagen se forma en el infinito y no se observa.

Problema 3

Una lente delgada en aire tiene una distancia focal imagen de -10 cm. A 5 cm de la lente se sitúa un objeto de 2 cm de altura.

a) **Calcula la posición y tamaño de la imagen. Razona si la lente es convergente o divergente.**
b) **Obtén razonadamente la posición de un objeto para que la imagen sea derecha y tenga un tamaño que sea la mitad que el del objeto. Justifica mediante un trazado de rayos la formación de la imagen.**

Solución:

a) **Calcula la posición y tamaño de la imagen. Razona si la lente es convergente o divergente.**

Datos:
- Distancia focal: $f' = -10$ cm (negativa, por lo que es una lente divergente).
- Distancia objeto: $s = -5$ cm (negativa porque el objeto está a la izquierda de la lente).
- Altura del objeto: $y = 2$ cm.

Usamos la ecuación de las lentes:

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

Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{-10} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-5}$$

Simplificamos:

$$\frac{1}{-10} = \frac{1}{s'} + \frac{1}{5} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{5} = -\frac{1}{10} - \frac{2}{10} = -\frac{3}{10} \quad \Rightarrow \quad s' = -\frac{10}{3} \text{ cm} = -3,33 \text{ cm}.$$

El signo negativo indica que la imagen se forma en el mismo lado que el objeto (lente divergente). El aumento lateral es:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{-10/3}{-5} = \frac{10/3}{5} = \frac{2}{3}.$$

Entonces,

$$y' = my = \frac{2}{3} \cdot 2 \text{ cm} = \frac{4}{3} \text{ cm} = 1,33 \text{ cm}.$$

El signo negativo en y' indica que la imagen es derecha (no invertida) respecto al objeto.

Por lo tanto, la imagen se forma a $-3,33$ cm de la lente, es virtual, derecha y de tamaño $1,33$ cm. La lente es divergente.

b) **Obtén razonadamente la posición de un objeto para que la imagen sea derecha y tenga un tamaño que sea la mitad que el del objeto. Justifica mediante un trazado de rayos la formación de la imagen.**

Queremos que el aumento lateral sea:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{1}{2}.$$

Sabemos que:

$$m = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} = \frac{s'}{s} \implies s' = \frac{s}{2}.$$

Usamos la ecuación de las lentes de nuevo:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

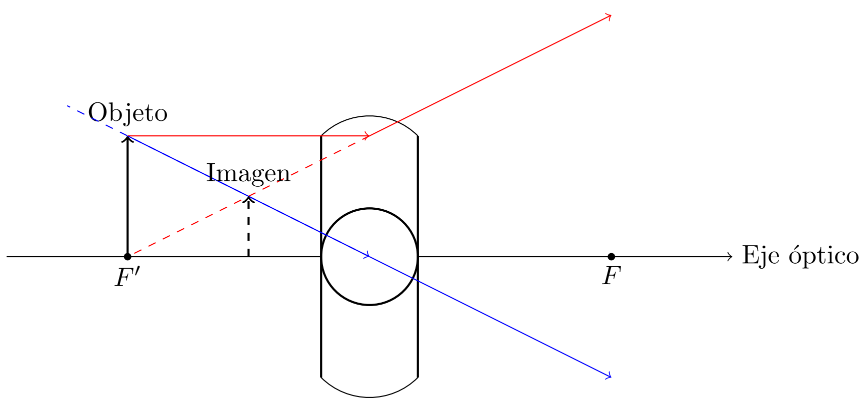
Sustituimos $s' = -\frac{s}{2}$ y $f' = -10$ cm:

$$\frac{1}{-10} = \frac{1}{s/2} - \frac{1}{s} \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{10} = \frac{2}{s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{s} \quad \Rightarrow \quad s == f' = -10 \text{ cm}.$$

La imagen estará en:

$$s' = \frac{s}{2} = \frac{-10}{2} = -55 \text{ cm}.$$

El trazado de rayos es:

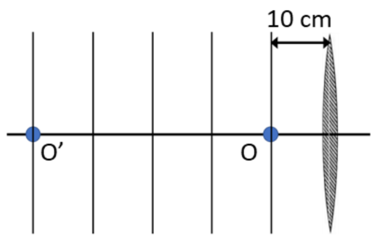


Por lo tanto, para obtener una imagen derecha y de tamaño la mitad que el objeto, este debe situarse a 10 cm a la izquierda de la lente divergente.

Comunidad Valenciana, Junio 2022 (Convocatoria ordinaria)

Cuestión 6

En la figura se muestra una lente, la posición de un objeto, O, y la de la imagen, O', que la lente genera de dicho objeto. Determina la distancia focal de la lente, la potencia de la lente en dioptrías y el tamaño de la imagen si el objeto mide 2 cm.



Solución:

Tomamos datos de la figura y utilizamos el criterio de signos DIN (Directo-Inverso-Normal):

- La posición del objeto respecto a la lente es $s = -10$ cm (objeto real a la izquierda de la lente).
- La posición de la imagen respecto a la lente es $s' = -50$ cm (imagen real a la derecha de la lente).
- La altura del objeto es $y = 2$ cm.

La ecuación de las lentes delgadas nos permite calcular la distancia focal f' de esta lente convergente:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}.$$

Sustituyendo los valores:

$$\frac{1}{-50 \text{ cm}} - \frac{1}{-10 \text{ cm}} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{2}{25} \text{ cm}^{-1} = \frac{1}{f'}.$$

Despejamos f':

$$f' = \frac{25}{2} \text{ cm} = 12.5 \text{ cm}.$$

La potencia de la lente P es la inversa de la distancia focal expresada en metros:

$$P = \frac{1}{f'(\text{m})} = \frac{1}{0.125 \text{ m}} = 8 \text{ dioptrías}.$$

Para calcular el tamaño de la imagen y', utilizamos la ecuación de la ampliación lateral:

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}.$$

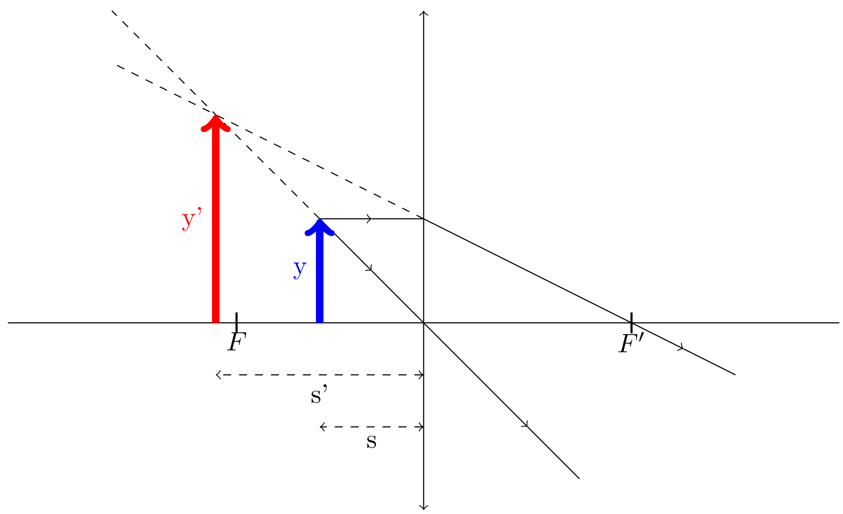
Despejamos y':

$$\frac{y'}{2 \text{ cm}} = \frac{-50 \text{ cm}}{-10 \text{ cm}}.$$

Calculamos:

$$\frac{y'}{2 \text{ cm}} = 5 \quad \Rightarrow \quad y' = 5 \cdot 2 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

El diagrama de rayos es de la forma siguiente:



Por lo tanto, la distancia focal de la lente es 12.5 cm, la potencia es 8 dioptrías y el tamaño de la imagen es 10 cm.

Comunidad Valenciana, Julio 2022 (Convocatoria extraordinaria)

Cuestión 7

Una persona usa habitualmente gafas con lentes y no sabe si éstas son convergentes o divergentes. Se quita las gafas y situándolas a 30 cm de un objeto obtiene sobre una pared una imagen enfocada a $2,7$ m de la gafa. ¿Qué potencia posee la lente? ¿La lente es convergente o divergente? Razona si la persona es miope o hipermétrope.

Solución:

Tenemos que:

- Distancia del objeto a la lente: $s = -30$ cm (negativa porque el objeto está frente a la lente).
- Distancia de la imagen a la lente: $s' = 2,7$ m $= 270$ cm (positiva porque la imagen está del otro lado de la lente).

Utilizamos la ecuación de las lentes delgadas para relacionar las distancias del objeto y la imagen con la distancia focal f:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f'} = \frac{1}{270 \text{ cm}} - \frac{1}{-30 \text{ cm}} = \frac{1}{27} \quad \Rightarrow \quad f' = 27 \text{ cm} = 0,27 \text{ m}.$$

Ahora, calculamos la potencia P de la lente utilizando la relación:

$$P = \frac{1}{f'} \quad \text{(donde } f' \text{ está en metros)} \quad \Rightarrow \quad P = \frac{1}{0,27 \text{ m}} 3,704 \text{ dioptrías.}$$

Por lo tanto, la potencia de la lente es $P = 3,706$ D, que es positiva, por lo que se trata de una lente convergente. Una persona que utiliza lentes convergentes ($P > 0$) generalmente es hipermétrope.

Problema 3

A partir de un objeto de 15 cm se desea obtener una imagen invertida de tamaño $0,75$ m sobre una pantalla. Para ello se dispone de una lente convergente de 4 dioptrías.

a) **¿Dónde hay que colocar el objeto respecto a la lente? ¿Dónde hay que colocar la pantalla? Realiza un trazado de rayos esquemático que represente lo calculado.**
b) **Supongamos que se rompe la lente anterior y la cambiamos por otra cuya distancia focal imagen es la mitad que la del apartado a). ¿Cuál es la potencia de la nueva lente? Si la distancia entre el objeto y la pantalla es $1,0$ m, determina la menor distancia a la que hay que situar la lente del objeto para obtener una imagen enfocada en la pantalla.**

Solución:

a) **¿Dónde hay que colocar el objeto respecto a la lente? ¿Dónde hay que colocar la pantalla? Realiza un trazado de rayos esquemático que represente lo calculado.**

Datos proporcionados:
- Altura del objeto: $y = +15$ cm.
- Altura de la imagen: $y' = -75$ cm (negativa por ser invertida).
- Potencia de la lente: $P = +4$ D (dioptrías).

Calculamos la distancia focal (f') de la lente:

$$f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{4\ \text{D}} = 0,25\ \text{m} = 25\ \text{cm}.$$

Calculamos el aumento lateral (m):

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{-75\ \text{cm}}{15\ \text{cm}} = -5.$$

La relación entre las distancias y el aumento lateral es:

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

Despejamos s':

$$s' = m \cdot s = -5 \cdot s.$$

Aplicamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}.$$

Sustituimos s':

$$\frac{1}{-5s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{5s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad -\frac{6}{5s} = \frac{1}{f'}.$$

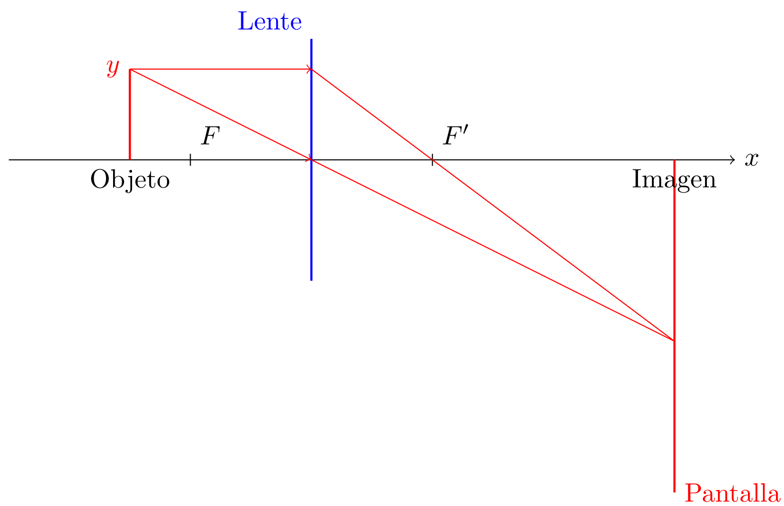
Despejamos s:

$$s = -\frac{6}{5}f' = -\frac{6}{5} \cdot 25\ \text{cm} = -30\ \text{cm}.$$

Hallamos s':

$$s' = -5s = -5 \cdot (-30\ \text{cm}) = 150\ \text{cm}.$$

La construcción del diagrama de rayos es:



Por lo tanto, el objeto se debe colocar a 30 cm a la izquierda de la lente y la pantalla se debe colocar a 150 cm a la derecha de la lente.

b) **Supongamos que se rompe la lente anterior y la cambiamos por otra cuya distancia focal imagen es la mitad que la del apartado a). ¿Cuál es la potencia de la nueva lente? Si la distancia entre el objeto y la pantalla es 1, 0 m, determina la menor distancia a la que hay que situar la lente del objeto para obtener una imagen enfocada en la pantalla.**

Calculamos la nueva distancia focal (f'_{nueva}):

$$f'_{\text{nueva}} = \frac{f'}{2} = \frac{25 \text{ cm}}{2} = 12,5 \text{ cm}.$$

Calculamos la potencia de la nueva lente (P_{nueva}):

$$P_{\text{nueva}} = \frac{1}{f'_{\text{nueva}}} = \frac{1}{0,125 \text{ m}} = 8 \text{ D}.$$

Datos para el cálculo de las posiciones:
- Distancia entre el objeto y la pantalla: $D = 1,0 \text{ m} = 100 \text{ cm}$.
- Relación entre las distancias: $s' - s = D$.

Aplicamos la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'_{\text{nueva}}}.$$

Sustituimos $s' = D + s$:

$$\frac{1}{D+s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'_{\text{nueva}}}$$

Simplificamos:

$$\frac{1}{D+s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'_{\text{nueva}}} \quad \Rightarrow \quad \frac{-D}{s(s+D)} = \frac{1}{f'_{\text{nueva}}} \quad \Rightarrow \quad \frac{D}{s(s+D)} = -\frac{1}{f'_{\text{nueva}}}.$$

Sustituimos los valores numéricos:

$$\frac{100 \text{ cm}}{s(s+100 \text{ cm})} = -\frac{1}{12,5 \text{ cm}} \quad \Rightarrow \quad s^2 + 100s + 1250 = 0.$$

Resolvemos la ecuación cuadrática:

$$s = \frac{-100 \pm 70,71}{2}.$$

Primera solución:

$$s = \frac{-100 + 70,71}{2} = \frac{-29,29}{2} = -14,64 \text{ cm}.$$

Segunda solución:

$$s = \frac{-100 - 70,71}{2} = \frac{-170,71}{2} = -85,36 \text{ cm}.$$

Por lo tanto, la potencia de la nueva lente es $P_{\text{nueva}} = +8$ Dy la menor distancia del objeto a la lente es $14,64$ cm.

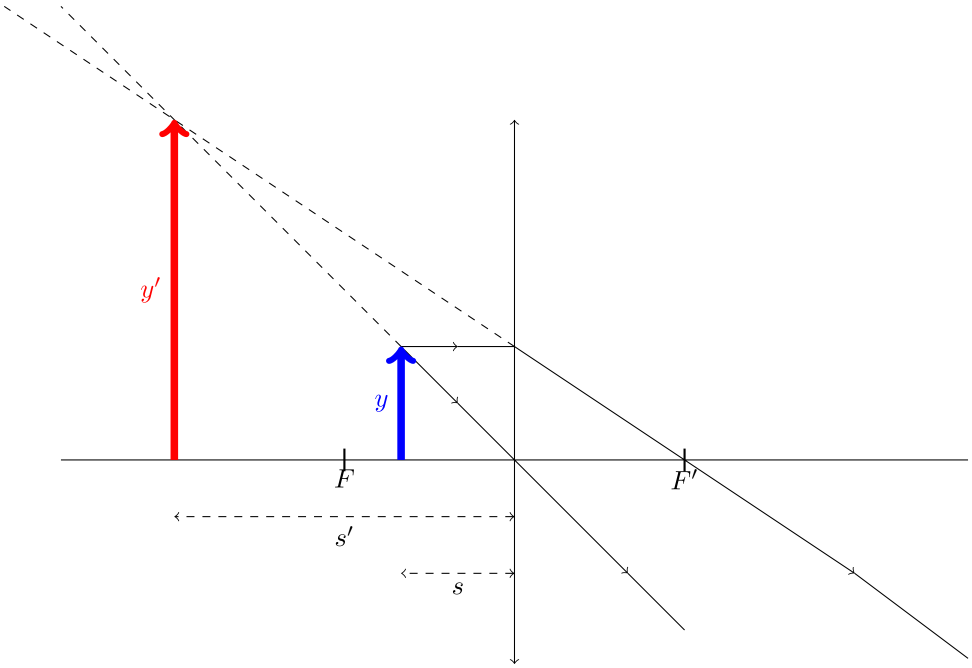
Comunidad Valenciana, Junio 2021 (Convocatoria ordinaria)

Cuestión 6

La figura muestra un objeto y su imagen a través de una cierta lente interpuesta entre el objeto y el observador. Especifica las características de la imagen que se aprecian en la figura, en relación con el objeto. Indica qué tipo de lente es y realiza un trazado de rayos que explique lo que se muestra en la figura.

Solución:

Observando la figura, se aprecia que las letras del objeto aumentan de tamaño al pasar por la lente. Esto indica que la lente está actuando como una lupa, lo que sugiere que es una lente convergente. Además, la imagen obtenida es derecha, lo que implica que es una imagen virtual. Según las características de las lentes, una imagen virtual y derecha se forma cuando el objeto se encuentra situado dentro de la distancia focal de una lente convergente. A continuación, se presenta un trazado de rayos que explica la formación de la imagen observada:



Por lo tanto, la lente es convergente, y la imagen formada es virtual, derecha y ampliada, lo que confirma que el objeto está situado dentro de la distancia focal de la lente.

Problema 3

Un objeto se sitúa 10 cm a la izquierda de una lente de −5 dioptrías.

a) **Calcula la posición de la imagen. Dibuja un trazado de rayos, con la posición del objeto, la lente, los puntos focales y la imagen. Explica el tipo de imagen que se forma.**
b) **¿Qué distancia y hacia dónde habría que mover el objeto para que la imagen tenga 1/3 del tamaño del objeto y a derechas?**

Solución:

a) **Calcula la posición de la imagen. Dibuja un trazado de rayos, con la posición del objeto, la lente, los puntos focales y la imagen. Explica el tipo de imagen que se forma.**

Primero, calculamos la distancia focal (f') de la lente a partir de su potencia (P):

$$f' = \frac{1}{D}.$$

Dado que la potencia es $P = -5$ dioptrías, tenemos:

$$f' = \frac{1}{-5 \text{ dioptrías}} = -0,20 \text{ m} = -20 \text{ cm}.$$

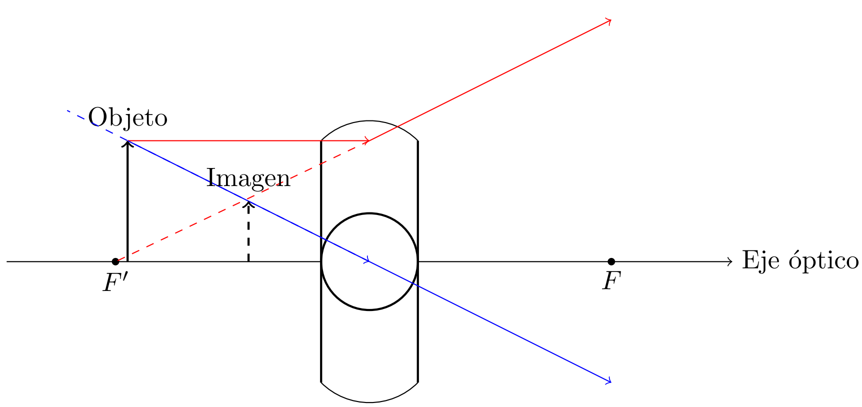
La distancia focal negativa indica que la lente es *divergente*. Ahora, utilizamos la ecuación de las lentes delgadas para calcular la posición de la imagen (s'):

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s},$$

donde $f' = -20$ cm es la distancia focaly $s = -10$ cm es la distancia desde el objeto a la lente (negativa porque el objeto está a la izquierda de la lente). Sustituyendo los valores:

$$\frac{1}{-20 \text{ cm}} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10 \text{ cm}} \quad \Rightarrow \quad s' = -\frac{20}{3} \text{ cm} = -6,67 \text{ cm}.$$

La imagen se forma a $6,67$ cm a la izquierda de la lente (el signo negativo indica que está en el mismo lado que el objeto). El trazado de rayos es:



Nótese que la imagen es *virtual* (porque s' es negativa), es *derecha* (no está invertida) y es *reducida* (el tamaño es menor que el del objeto).

Por lo tanto, la imagen se forma a $6,67$ cm a la izquierda de la lente

b) ¿Qué distancia y hacia dónde habría que mover el objeto para que la imagen tenga 1/3 del tamaño del objeto y a derechas?

El aumento lateral (A_L) está dado por:

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}.$$

Según el enunciado, queremos que:

$$A_L = \frac{1}{3}.$$

Entonces,

$$\frac{s'}{s} = \frac{1}{3} \quad \Rightarrow \quad s' = \frac{s}{3}.$$

Usando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sustituimos $s' = \frac{s}{3}$ y $f' = -20$ cm:

$$\frac{1}{-20} = \frac{1}{\frac{s}{3}} - \frac{1}{s} = \frac{3}{s} - \frac{1}{s} = \frac{2}{s} \quad \Rightarrow \quad s = -40 \text{ cm}.$$

El objeto debe estar a $s = -40$ cm (a la izquierda de la lente). Dado que inicialmente estaba a $s_0 = -10$ cm, debemos mover el objeto:

$$\Delta s = s - s_0 = (-40 \text{ cm}) - (-10 \text{ cm}) = -30 \text{ cm}.$$

Es decir, el objeto debe moverse 30 cm hacia la izquierda.

Por lo tanto, para obtener una imagen derecha y de tamaño 1/3 del objeto, debemos mover el objeto 30 cm hacia la izquierda, colocándolo a 40 cm a la izquierda de la lente.

Comunidad Valenciana, Julio 2021 (Convocatoria extraordinaria)

Cuestión 6

Deduce la relación entre la distancia objeto, s, y la distancia focal imagen, f', de una lente para que la imagen sea invertida y de doble tamaño que el objeto.

Solución:

Para resolver este ejercicio, utilizamos las ecuaciones fundamentales de las lentes delgadas y la relación de aumento lateral. La ecuación de las lentes delgadas es:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'},$$

donde:

- s es la distancia objeto (en metros, m),
- s' es la distancia imagen (en metros, m),
- f' es la distancia focal de la imagen (en metros, m).

La relación de aumento lateral es:

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s},$$

donde:

- A_L es el aumento lateral,
- y' es la altura de la imagen,
- y es la altura del objeto.

Según el enunciado, la imagen es invertida y de doble tamaño que el objeto, lo que implica que el aumento lateral es:

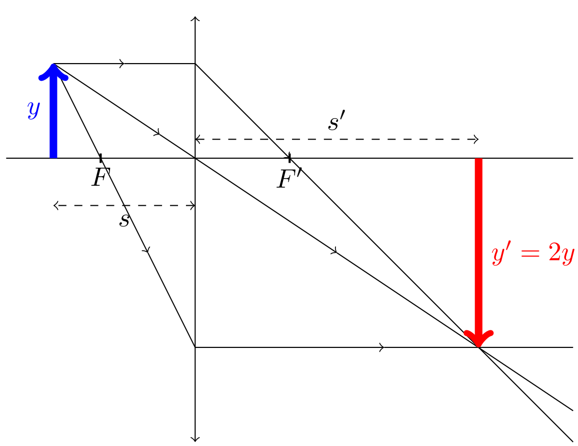
$$A_L = -2.$$

Sustituyendo en la relación de aumento:

$$-2 = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad s' = -2 \cdot s.$$

Ahora, sustituimos s' en la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{-2s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad f' = \frac{-2 \cdot s}{3}.$$



Por lo tanto, la relación entre la distancia objeto s y la distancia focal imagen f' es $f' = -2s/3$ y la lente es convergente.

Cuestión 7

Describe en qué consiste la hipermetropía. Explica razonadamente el fenómeno con ayuda de un trazado de rayos. ¿Con qué tipo de lente debe corregirse y por qué?

Solución:

La *hipermetropía* es un defecto de la visión que se caracteriza por la dificultad para enfocar claramente objetos cercanos, mientras que la visión a distancia permanece relativamente nítida. Esto se debe a que la imagen de los objetos próximos se forma detrás de la retina en lugar de sobre ella.

El ojo humano funciona como un sistema óptico compuesto principalmente por la córnea y el cristalino. Estos elementos refractan los rayos de luz que ingresan al ojo, enfocándolos en la retina para formar imágenes claras. En condiciones normales, la longitud del globo ocular y la curvatura de las lentes permiten que los rayos de luz se enfoquen precisamente en la retina.

En el caso de la hipermetropía, existen dos posibles causas principales:

- *Longitud axial del ojo reducida:* El globo ocular es más corto de lo normal, lo que hace que los rayos de luz converjan más allá de la retina.
- *Poder convergente insuficiente:* El cristalino o la córnea no refractan los rayos de luz con la suficiente fuerza para enfocarlos correctamente en la retina.

Debido a estas condiciones, los rayos de luz provenientes de objetos cercanos no se enfocan adecuadamente en la retina, lo que resulta en una visión borrosa para dichos objetos.

Para corregir la hipermetropía, se utilizan *lentes convergentes* (positivas). Estas lentes tienen la capacidad de refractar los rayos de luz de manera que los mismos se desvíen hacia el eje óptico, aumentando el poder convergente del sistema óptico del ojo. Al hacer esto, los rayos de luz son enfocados directamente en la retina, compensando la deficiencia del ojo hipermétrope.

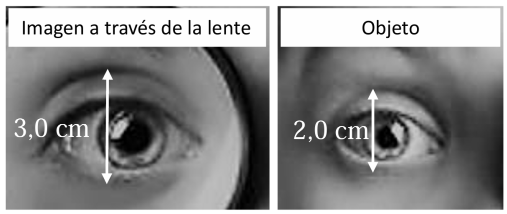
Las lentes convergentes actúan añadiendo poder focal al sistema óptico del ojo. Al colocarse delante del ojo, estas lentes ajustan la trayectoria de los rayos de luz entrantes de manera que se enfocan correctamente en la retina. Esto permite que las personas con hipermetropía puedan ver objetos cercanos con claridad, eliminando la visión borrosa asociada a este defecto.

Por lo tanto, la hipermetropía consiste en la dificultad para enfocar objetos cercanos debido a que la imagen se forma detrás de la retina. Este defecto se corrige utilizando lentes convergentes que aumentan el poder convergente del ojo, permitiendo que los rayos de luz se enfoquen correctamente en la retina.

Problema 3

A través de una lente delgada se observa el ojo de una persona. Sabiendo que la lente se sitúa a 4 cm del ojo y teniendo en cuenta los datos de la figura, determina:

a) **La posición de la imagen, la distancia focal de la lente y su potencia en dioptrías. Realiza un trazado de rayos que presente la situación mostrada.**
b) **¿La lente es convergente o divergente? ¿La imagen es real o virtual? ¿De qué tamaño se verá el ojo si alejamos la lente del ojo 1,5 cm más?**



Solución:

a) **La posición de la imagen, la distancia focal de la lente y su potencia en dioptrías. Realiza un trazado de rayos que presente la situación mostrada.**

Primero, tomamos los datos proporcionados:
- Distancia del objeto (ojo) a la lente: $s = -4$ cm (negativa porque el objeto está a la izquierda de la lente).
- Altura del objeto: $y = 2$ cm.
- Altura de la imagen: $y' = 3$ cm.

Calculamos el aumento lateral (A_L):

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{3\text{ cm}}{2\text{ cm}} = \frac{3}{2} = 1,5.$$

El aumento lateral también se relaciona con las distancias:

$$A_L = \frac{s'}{s}.$$

Despejamos s':

$$-\frac{s'}{s} = A_L \quad \Rightarrow \quad s' = A_L \cdot s.$$

Sustituimos los valores:

$$s' = 1,5 \cdot (-4\text{ cm}) = -6\text{ cm}.$$

Ahora, aplicamos la ecuación de las lentes delgadas para calcular la distancia focal (f'):

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

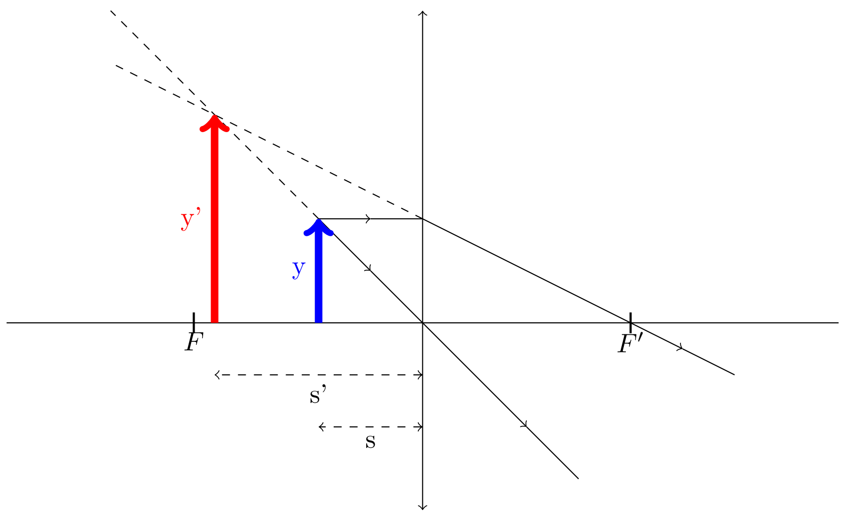
Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{-6\text{ cm}} - \frac{1}{-4\text{ cm}} \quad \Rightarrow \quad f' = 12\text{ cm}.$$

La potencia de la lente (P) en dioptrías es:

$$P = \frac{1}{f'\text{ (en metros)}} = \frac{1}{0,12\text{ m}} = 8,33\text{ dioptrías}.$$

El trazado de rayos es:



Por lo tanto, la imagen se forma a 6 cm a la izquierda de la lente, la distancia focal es $f' = 12$ cm y la potencia de la lente es $P = 8,33$ dioptrías.

b) **¿La lente es convergente o divergente? ¿La imagen es real o virtual? ¿De qué tamaño se verá el ojo si alejamos la lente del ojo 1,5 cm más?**

Tipo de lente e imagen:
- La distancia focal es positiva ($f' > 0$), por lo que la lente es *convergente*.
- La imagen tiene $s' < 0$, lo que indica que la imagen se forma en el mismo lado que el objeto y es *virtual*. demás, es derecha y aumentada.

Calculemos el nuevo tamaño de la imagen al alejar la lente 1,5 cm. La nueva posición del objeto es:

$$s_{\text{nuevo}} = s - 1,5 \text{ cm} = -4 \text{ cm} - 1,5 \text{ cm} = -5,5 \text{ cm}.$$

Aplicamos la ecuación de las lentes delgadas para encontrar la nueva posición de la imagen (s'_{nuevo}):

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'_{\text{nuevo}}} - \frac{1}{s_{\text{nuevo}}}.$$

Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{12 \text{ cm}} = \frac{1}{s'_{\text{nuevo}}} - \frac{1}{-5,5 \text{ cm}} \quad \Rightarrow \quad s'_{\text{nuevo}} = -10,15 \text{ cm}.$$

El nuevo aumento lateral es:

$$A_{L_{\text{nuevo}}} = \frac{s'_{\text{nuevo}}}{s_{\text{nuevo}}} = \frac{-10,15 \text{ cm}}{-5,5 \text{ cm}} = 1,85.$$

El nuevo tamaño de la imagen es:

$$y'_{\text{nuevo}} = A_{L_{\text{nuevo}}} \cdot y = 1,85 \cdot 2 \text{ cm} = 3,69 \text{ cm}.$$

Por lo tanto, la lente es convergente, la imagen es virtual y, al alejar la lente 1,5 cm más, el tamaño del ojo se verá como $y'_{\text{nuevo}} = 3,69$ cm.

Comunidad Valenciana, Julio 2020 (Convocatoria ordinaria)

Cuestión 6

Deduce la relación entre la distancia objeto, s, y la distancia focal, f', de una lente convergente para que la imagen sea invertida y con un tamaño tres veces mayor que el del objeto.

Solución:

Para determinar la relación entre la distancia objeto s y la distancia focal f' de una lente convergente que produce una imagen invertida y tres veces mayor que el objeto, utilizamos las siguientes fórmulas de óptica geométrica. El aumento lateral viene dado por:

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s},$$

donde:

- A_L es la magnificancia o aumento lateral,
- y' es la altura de la imagen,
- y es la altura del objeto,
- s' es la distancia imagen,
- s es la distancia objeto.

Dado que la imagen es invertida y tres veces mayor que el objeto, tenemos:

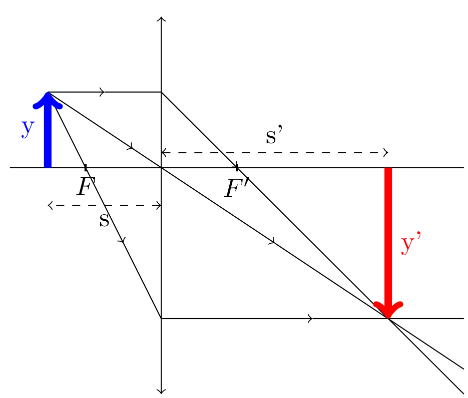
$$A_L = -3 = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad s' = -3s.$$

La ecuación de las lentes delgadas es:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sustituyendo $s' = -3s$ en la ecuación:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{-3s} - \frac{1}{s} = \frac{1+3}{-3s} = \frac{4}{-3s} \quad \Rightarrow \quad f' = \frac{-3s}{4}.$$



Por lo tanto, la relación entre la distancia objeto s y la distancia focal f' de una lente convergente que produce una imagen invertida y tres veces mayor que el objeto es:

$$\boldsymbol{f' = -\frac{3}{4} \cdot s.}$$

Cuestión 7

En una revisión optométrica indican a una persona que, para ver bien objetos lejanos, debería ponerse una gafa de lentes de 1,5 dioptrías. Razona si tiene miopía o hipermetropía y por qué se corrige con dicho tipo de lente. Explica razonadamente el fenómeno y su corrección con ayuda de un trazado de rayos.

Solución:

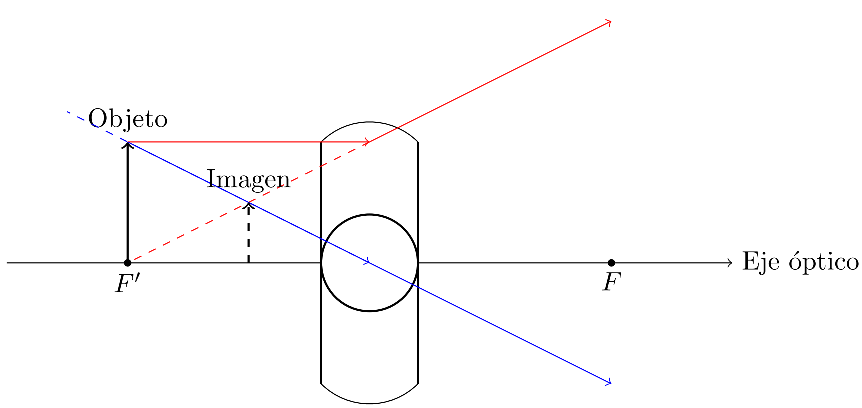
La persona mencionada presenta dificultades para ver objetos lejanos claramente, lo que indica que tiene *miopía*. La miopía es un defecto de la visión donde los rayos de luz provenientes de objetos lejanos se enfocan antes de alcanzar la retina, causando una imagen borrosa de los objetos distantes. Sin embargo, los objetos cercanos se enfocan correctamente sobre la retina, lo que permite verlos con claridad. Para corregir la miopía, se utilizan *lentes divergentes* (lentes cóncavas) que tienen una potencia negativa. En este caso, se indica que la persona debe usar lentes de $-1,5$ dioptrías. Las lentes divergentes tienen la capacidad de *dispersar* los rayos de luz antes de que entren en el ojo, lo que efectivamente **aumenta la distancia focal** del sistema óptico del ojo. Esto hace que los rayos de luz se enfoquen directamente sobre la retina, corrigiendo la visión borrosa de objetos lejanos.Recordemos que la fórmula de la potencia de la lente es:

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

donde P es la potencia de la lente en dioptrías (dpt) y f' es la distancia focal de la lente en metros.. Sustituyendo los valores:

$$-1,5 = \frac{1}{f'} \implies f' = \frac{1}{-1,5} = -0,666 \text{ m}.$$

La distancia focal negativa confirma que la lente es *divergente*. A continuación, se presenta un diagrama que ilustra cómo una lente divergente corrige la miopía:



Por lo tanto, la persona presenta miopía, ya que tiene dificultad para ver objetos lejanos. Este defecto se corrige mediante el uso de lentes divergentes de potencia $-1,5$ dioptrías. Las lentes divergentes dispersan los rayos de luz, permitiendo que se enfoquen correctamente sobre la retina y, por lo tanto, mejorando la visión de objetos distantes.

Comunidad Valenciana, Septiembre 2020 (Convocatoria extraordinaria)

Cuestión 6

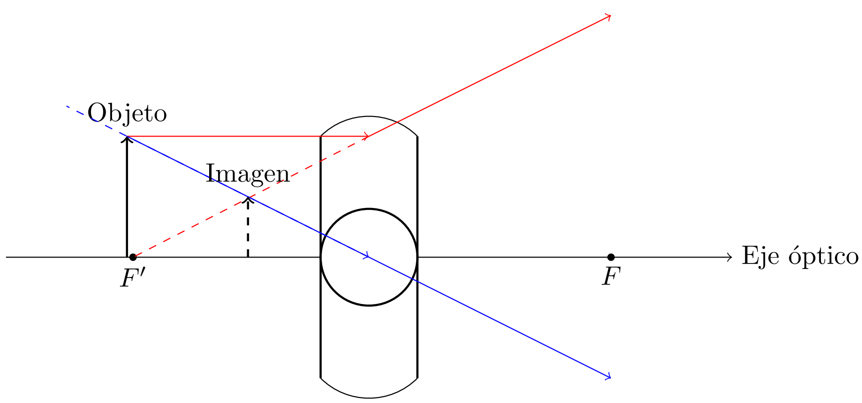
La imagen de un objeto real, dada por una lente delgada divergente, es siempre virtual, derecha y más pequeña que el objeto. Justifícalo mediante trazado de rayos y explica el porqué de dicho trazado. ¿Qué significa imagen virtual?

Solución:

Para demostrar que la imagen de un objeto real formada por una lente delgada divergente es siempre virtual, derecha y más pequeña que el objeto, utilizaremos el método de trazado de rayos y aplicaremos las leyes de la óptica geométrica. Las características de una lente divergente son:

- *Índice de refracción:* Menor que el medio circundante.
- *Foco:* Virtual, situado en el mismo lado que el objeto.
- *Focalidad:* Negativa, es decir, $f' < 0$.

Consideremos una lente divergente con un objeto real colocado a una distancia s del vértice de la lente:



- *Virtual:* La imagen es virtual porque se forma por la intersección de las prolongaciones de los rayos refractados, y no por la convergencia real de los rayos. No puede ser proyectada sobre una pantalla.
- *Derecha:* La imagen mantiene la orientación del objeto porque la magnificación es positiva.
- *Más Pequeña que el Objeto:* La magnificación (m) es menor que uno en valor absoluto, lo que indica que la imagen es reducida en comparación con el objeto.

Una *imagen virtual* es aquella que se forma cuando los rayos de luz refractados divergen y sus prolongaciones parecen converger en un punto detrás de la lente. A diferencia de una imagen real, una imagen virtual no puede ser capturada en una pantalla, ya que no existe una convergencia real de los rayos en el espacio.

Mediante el trazado de rayos en una lente delgada divergente, hemos demostrado que la imagen de un objeto real es siempre:

- **Virtual: Formada por la intersección de las prolongaciones de los rayos refractados.**
- **Derecha: Conserva la orientación del objeto.**
- **Más Pequeña que el Objeto: Presenta una magnificación menor a uno.**

Por lo tanto, la imagen emergente de una lente divergente cumple con las características mencionadas, confirmando que es virtual, derecha y más pequeña que el objeto.

Cuestión 7

Explica en qué consiste la miopía utilizando los conceptos de la Óptica. ¿Qué tipo de lente hay que usar para corregirla? Si una persona miope se va acercando un objeto al ojo, existe una posición en la que ve bien, ¿por qué?

Solución:

La *miopía* es un defecto refractivo del ojo en el cual los objetos lejanos se ven borrosos porque los rayos de luz paralelos provenientes de ellos se enfocan *antes* de llegar a la retina. Ópticamente, esto ocurre debido a un *exceso de convergencia* del sistema óptico del ojo (córnea y cristalino), o porque el globo ocular es más largo de lo normal.

Para corregir la miopía, se utilizan *lentes divergentes* (cóncavas). Estas lentes tienen distancia focal negativa y hacen que los rayos de luz divergentes se enfoquen más atrás, permitiendo que la imagen se forme directamente sobre la retina.

Si una persona miope se acerca un objeto al ojo, existe una posición en la que ve bien porque los objetos cercanos emiten rayos divergentes que compensan el exceso de convergencia del ojo. Al disminuir la distancia al objeto, los rayos entran al ojo con mayor divergencia, lo que permite que se enfoquen correctamente sobre la retina sin necesidad de lentes correctivas.

Por lo tanto, la solución es explicar que la miopía es un exceso de convergencia del ojo que se corrige con lentes divergentes, y que al acercar un objeto al ojo, la divergencia de los rayos incidentes permite al ojo miope enfocar correctamente.

Cataluña, Junio 2024 (Convocatoria ordinaria)

Problema 5

Un ull hipermetrop no és capaç d'enfocar objectes propers a la retina, sinó que els enfoca darrere d'aquesta, i per això els veu borrosos. L'Anna no és capaç d'enfocar bé els objectes que són més a prop de 70 cm i necessita unes ulleres amb lents convergents per a llegir.

a) **L'Anna normalment situa el llibre a 35 cm i la imatge creada per la lent ha de ser a 70 cm perquè la pugui enfocar correctament. Calculeu la distància focal de la lent correctora i la seva potència.**

b) **Calculeu on es formarà la imatge d'un objecte de 10 cm d'alçària situat a 25 cm davant d'una lent convergent de 20 cm de distància focal. Calculeu, també, la mida de la imatge i esmenteu les seves característiques (més gran o més petita, real o virtual, dreta o invertida). Dibuixeu a la quadrícula de sota el diagrama de raigs amb la lent, l'objecte i la imatge.**

Solución:

a) **L'Anna normalment situa el llibre a 35 cm i la imatge creada per la lent ha de ser a 70 cm perquè la pugui enfocar correctament. Calculeu la distància focal de la lent correctora i la seva potència.**

Utilizamos la ecuación de la lente delgada:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Según el criterio de signos (convención DIN):
- La distancia del objeto es negativa: $s = -35$ cm.
- La distancia de la imagen es negativa (imagen virtual): $s' = -70$ cm.

Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{-70\text{ cm}} - \frac{1}{-35\text{ cm}} = -\frac{1}{70\text{ cm}} + \frac{1}{35\text{ cm}} = \frac{1}{70\text{ cm}}.$$

Por lo tanto, la distancia focal es:

$$f' = 70\text{ cm}.$$

Calculamos la potencia de la lente (en dioptrías), recordando que f' debe estar en metros:

$$f' = 0,70\text{ m} \quad \Rightarrow \quad P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,70\text{ m}} = 1,43\text{ dioptrías}.$$

Por lo tanto, la distancia focal de la lente correctora es $\boldsymbol{f' = 70}$ cm y su potencia es $\boldsymbol{P = 1,43}$ dioptrías.

b) **Calculeu on es formarà la imatge d'un objecte de 10 cm d'alçària situat a 25 cm davant d'una lent convergent de 20 cm de distància focal. Calculeu, també, la mida de la imatge i esmenteu les seves característiques (més gran o més petita, real o virtual, dreta o invertida). Dibuixeu a la quadrícula de sota el diagrama de raigs amb la lent, l'objecte i la imatge.**

Los datos del problema son:
- Altura del objeto: $y = 10$ cm.

– Distancia del objeto: $s = -25$ cm.
– Distancia focal de la lente: $f' = +20$ cm (lente convergente).

Aplicamos la ecuación de la lente delgada:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}.$$

Sustituimos los valores:

$$\frac{1}{20 \text{ cm}} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-25 \text{ cm}} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} = \frac{1}{20 \text{ cm}} - \frac{1}{25 \text{ cm}}.$$

Calculamos:

$$\frac{1}{s'} = \frac{5}{100 \text{ cm}} - \frac{4}{100 \text{ cm}} = \frac{1}{100 \text{ cm}}.$$

Entonces,

$$s' = +100 \text{ cm}.$$

La imagen se forma a $100\,\text{cm}$ detrás de la lente. Calculamos el aumento lateral (m):

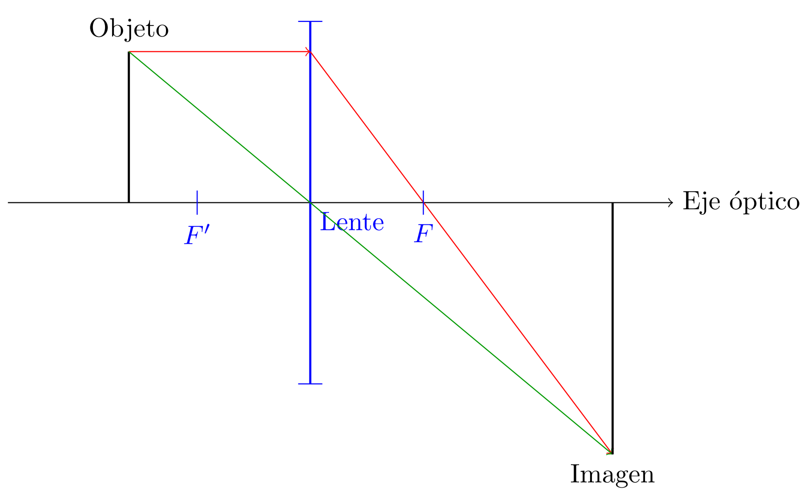
$$m = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{+100 \text{ cm}}{-25 \text{ cm}} = -4.$$

Así, la altura de la imagen es:

$$y' = m \cdot y = (-4) \cdot 10 \text{ cm} = -40 \text{ cm}.$$

Características de la imagen:
– *Más grande* que el objeto ($|m| > 1$).
– *Real* (s' positiva).
– *Invertida* (y' negativa).

El diagrama de rayos es:



Por lo tanto, la imagen se forma a $100\,\text{cm}$ detrás de la lente, es de mayor tamaño, real e invertida.