

## EXAMEN FÍSICA 2º BACHILLERATO – TEMA 4: ÓPTICA

### INSTRUCCIONES GENERALES Y VALORACIÓN

La prueba consiste de dos opciones, A y B, y el alumno deberá optar por una de las opciones y resolver las tres cuestiones y los dos problemas planteados en ella, sin que pueda elegir cuestiones o problemas de diferentes opciones. Cada cuestión o problema puntuará sobre un máximo de dos puntos. No se contestará ninguna pregunta en este impreso.

#### OPCIÓN A

**Cuestión 1.-** Un objeto luminoso se encuentra delante de un espejo esférico cóncavo. Efectúe la construcción geométrica de la imagen e indique su naturaleza si el objeto está situado a una distancia igual, en valor absoluto, a:

- a) La mitad de la distancia focal del espejo
- b) El triple de la distancia focal del espejo

**Cuestión 2.-**

- a) Defina el concepto de ángulo límite y determine su expresión para el caso de dos medios de índices de refracción  $n_1$  y  $n_2$ , si  $n_1 > n_2$
- b) Sabiendo que el ángulo límite definido entre un medio material y el aire es de  $60^\circ$ , determine la velocidad de la luz en dicho medio.

*Dato: Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s*

**Cuestión 3.-** Un haz luminoso está constituido por dos rayos de luz superpuestos: uno azul de longitud de onda 450 nm y otro rojo de longitud de onda 650 nm. Si este haz incide desde el aire sobre la superficie plana de un vidrio con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ , calcule:

- a) El ángulo que forman entre sí los rayos azul y rojo reflejados.
- b) El ángulo que forman entre sí los rayos azul y rojo refractados.

Datos: Índice de refracción del vidrio para el rayo azul  $n_{AZUL} = 1,55$   
Índice de refracción del vidrio para el rayo rojo  $n_{ROJO} = 1,40$

**Problema 1.-** Un sistema óptico centrado está formado por dos lentes delgadas convergentes de igual distancia focal ( $f = 10$  cm) separadas 40 cm. Un objeto lineal de altura 1 cm se coloca delante de la primera lente a una distancia de 15 cm. Determine:

- a) La posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen formada por la primera lente
- b) La posición de la imagen final del sistema, efectuando su construcción óptica

**Problema 2.-** Una lente convergente forma, de un objeto real, una imagen también real, invertida y aumentada 4 veces. Al desplazar el objeto 3 cm hacia la lente, la imagen que se obtiene es virtual, derecha y con el mismo aumento en valor absoluto. Determine:

- a) La distancia focal imagen y la potencia de la lente.
- b) Las distancias del objeto a la lente en los dos casos citados.
- c) Las respectivas distancias imagen.
- d) Las construcciones geométricas correspondientes.

**EXAMEN FÍSICA 2º BACHILLERATO – TEMA 4: ÓPTICA**

**OPCIÓN B**

**Cuestión 1.-**

- a) ¿Qué tipo de imagen se obtiene con un espejo esférico cóncavo?
- b) ¿Y con una lente esférica divergente?

Efectúe las construcciones adecuadas para justificar las respuestas. El objeto se supone real en ambos casos.

**Cuestión 2.-** Una superficie plana separa dos medios de índices de refracción distintos  $n_1$  y  $n_2$ . Un rayo de luz incide desde el medio de índice  $n_1$ . Razone si son verdaderas o falsas las afirmaciones siguientes:

- a) El ángulo de incidencia es mayor que el ángulo de reflexión.
- b) Los ángulos de incidencia y de refracción son siempre iguales.
- c) El rayo incidente, el reflejado y el refractado están en el mismo plano.
- d) Si  $n_1 > n_2$  se produce reflexión total para cualquier ángulo de incidencia

**Cuestión 3.-**

- a) Explique qué son una lente convergente y una lente divergente. ¿Cómo están situados los focos objeto e imagen en cada una de ellas?
- b) ¿Qué es la potencia de una lente y en qué unidades se acostumbra a expresar?

**Problema 1.-** Un objeto luminoso de 2 cm de altura está situado a 4 m de distancia de una pantalla. Entre el objeto y la pantalla se coloca una lente esférica delgada, de distancia focal desconocida, que produce sobre la pantalla una imagen tres veces mayor que el objeto. Determine:

- a) La posición del objeto respecto a la lente y la clase de lente necesaria
- b) La distancia focal de la lente y efectúe la construcción geométrica de la imagen

**Problema 2.-** Una lente convergente de 10 cm de distancia focal se utiliza para formar la imagen de un objeto luminoso lineal colocado perpendicularmente a su eje óptico y de tamaño  $y = 1$  cm.

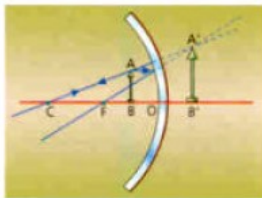
- a) ¿Dónde hay que colocar el objeto para que su imagen se forme 14 cm por detrás de la lente? ¿Cuál es la naturaleza y el tamaño de esa imagen?
- b) ¿Dónde hay que colocar el objeto para que su imagen se forme 8 cm por delante de la lente? ¿Cuál es la naturaleza y el tamaño de esa imagen?

Efectúe la construcción geométrica en ambos casos

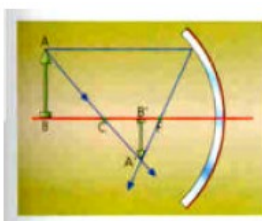
SOLUCIONES OPCIÓN A

Cuestión 1.-

- a) El objeto real está situado a la mitad de distancia que el foco del espejo. Como se puede ver en la figura, la imagen obtenida es virtual, derecha y de mayor tamaño que la real.



- b) En este caso, el objeto está situado al triple de la distancia focal del espejo, por lo que según el diagrama de rayos, la imagen obtenida es real, invertida y de menor tamaño que la real.



Cuestión 2.-

- a) Analizando la ley de la refracción de la luz se deduce que un rayo se acerca a la normal cuando pasa de un medio a otro con índice de refracción mayor, y que el rayo se aleja de la normal cuando pasa de un medio de mayor índice de refracción a otro de menor. En este último caso, debe existir una dirección para la que el rayo refractado forme un ángulo de 90° con la normal y los rayos que inciden con un ángulo superior a él, no pasará al segundo medio. Este ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90° se conoce como ángulo límite.

$$n_1 \cdot \sin \alpha_L = n_2 \cdot \sin 90 \rightarrow \sin \alpha_L = n_2/n_1 \rightarrow \alpha_L = \arcsen(n_2/n_1)$$

- b) Ahora que conocemos el ángulo límite calculamos el valor del índice de refracción en el medio material a partir de la misma expresión.

$$n_1 \cdot \sin \alpha_L = n_2 \cdot \sin 90 \rightarrow n_1 \cdot \sin 60 = 1 \rightarrow n_1 = 1,155$$

Como el índice de refracción es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio, calculamos su valor.

$$N = c/v \rightarrow v = c / n \rightarrow v = 3 \cdot 10^8 / 1,155 \rightarrow v = 2,6 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Cuestión 3.-

- a) Si ambos rayos llegan con un ángulo de incidencia de 30°, se reflejarán (según las leyes de la reflexión), saldrán reflejados exactamente con el mismo ángulo, por lo que no habrá separación entre ambos rayos después de reflejarse.
- b) Según la ley de Snell,  $n_i \cdot \sin \theta_i = n_r \cdot \sin \theta_r \rightarrow \sin \theta_r = n_i \cdot \sin \theta_i / n_r$ . Para ambos rayos,  $n_i = 2$ , pero  $n_r$  cambia (vale 1,55 para el rayo azul y 1,40 para el rayo rojo), por lo que el ángulo con el que salen refractados es diferente.

$$\text{Rayo azul: } \sin \theta_r = \frac{n_i \cdot \sin \theta_i}{n_r} = \frac{1 \cdot \sin 30}{1,55} = 0,3225806452 \rightarrow \theta_r (\text{azul}) = 18^\circ 49' 9''$$

$$\text{Rayo rojo: } \sin \theta_r = \frac{n_i \cdot \sin \theta_i}{n_r} = \frac{1 \cdot \sin 30}{1,40} = 0,3571428571 \rightarrow \theta_r (\text{rojo}) = 20^\circ 55' 29''$$

$$\Delta \theta = 2^\circ 6' 20''$$

Problema 1.-

SOLUCIONES OPCIÓN A

a) Se empieza resolviendo la lente de la izquierda. Aplicando la ecuación general de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'_1} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f'_1} \rightarrow \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{-15} + \frac{1}{10} = \frac{5}{150} \rightarrow s'_1 = 30 \text{ cm}$$

$$\frac{y'_1}{s'_1} = \frac{y_1}{s_1} \rightarrow y'_1 = y_1 \cdot \frac{s'_1}{s_1} = 1 \text{ cm} \cdot \frac{30}{-15} \rightarrow y'_1 = -2 \text{ cm}$$

La imagen es virtual, inversa y de mayor tamaño que la real. Ahora utilizamos la imagen generada por la primera lente, como entrada a la segunda lente:

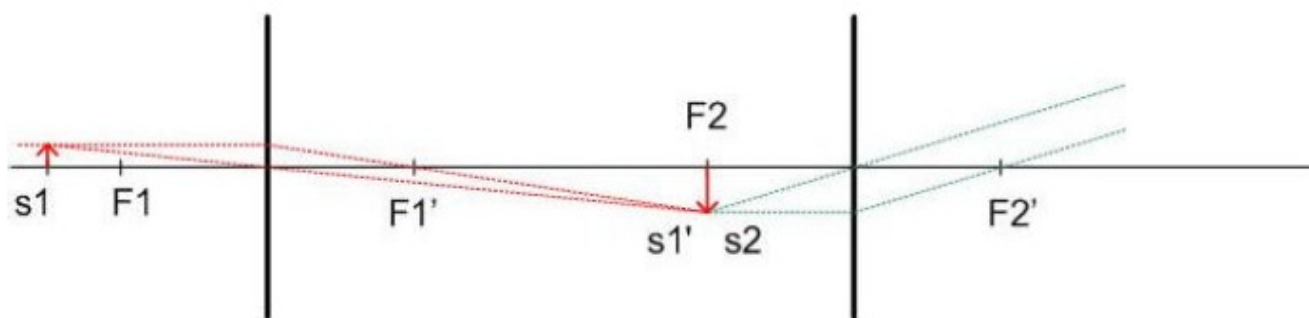
$$s_2 = 40 - s'_1 = 10 \text{ cm}$$

$$y_2 = y'_1 = -2 \text{ cm}$$

Con estos datos, haciendo el diagrama de rayos se puede observar que nunca se cruzan, lo que implica que no se obtendrá ninguna imagen. Si se utiliza la ecuación general de las lentes se obtiene el mismo resultado:

$$\frac{1}{s'_2} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f'_2} \rightarrow \frac{1}{s'_2} = \frac{1}{-10} + \frac{1}{10} = 0 \rightarrow s'_2 = \infty$$

b) Solución gráfica:



Problema 2.-

La lente es convergente, luego  $f > 0$ . Para el objeto en el primer caso,  $s_1 < 0$  y  $A = -4$  (imagen invertida), luego  $s'_1 = -4s_1$ . Por lo tanto:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'_1} - \frac{1}{s_1} \rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{1}{-4s_1} - \frac{1}{s_1} = \frac{-5}{4s_1}$$

En el segundo caso,  $s_2 < 0$  y  $A = +4$  (imagen derecha), luego  $s'_2 = 4s_2$ , por lo que

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'_2} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{4s_2} - \frac{1}{s_2} = \frac{-3}{4s_2}$$

Teniendo en cuenta que el objeto estaba en  $s_1$  y lo hemos movido hacia la derecha,  $s_2 = s_1 + 3$ , por lo que la última ecuación queda:

$$\frac{1}{f'} = \frac{-3}{4s_2} = \frac{-3}{4 \cdot (s_1 + 3)} = \frac{-3}{4 \cdot s_1 + 12}$$

Igualando, obtenemos

$$\text{que } \frac{1}{f'} = \frac{-5}{4s_1} = \frac{-3}{4 \cdot s_1 + 12} \rightarrow s_1 = -7,5 \text{ cm}$$

a)  $\frac{1}{f'} = \frac{-5}{4s_1} = \frac{-5}{4 \cdot -7,5} \rightarrow f' = 6 \text{ cm} \rightarrow P = 1/f' = 1/0,06 \text{ m} = 16,67 \text{ D}$

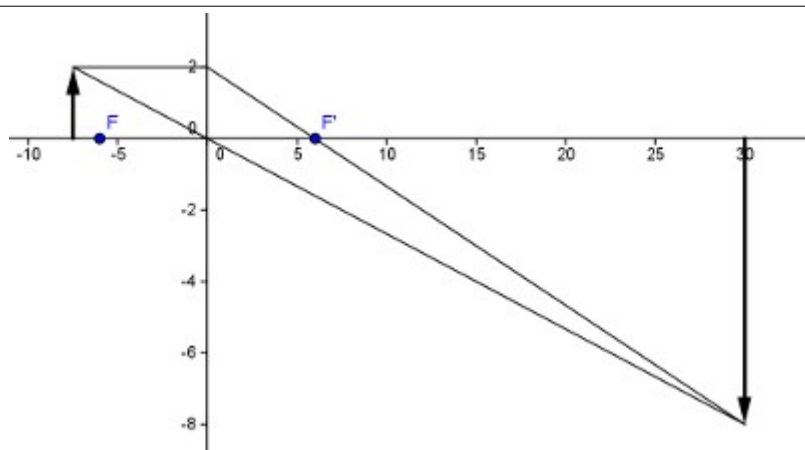
b) Distancia del objeto a la lente en cada caso:  $s_1 = -7,5 \text{ cm}$ ;  $s_2 = s_1 + 3 = -4,5 \text{ cm}$

c)  $s'_1 = -4s_1 \rightarrow s'_1 = 30 \text{ cm}$ ;  $s'_2 = 4s_2 \rightarrow s'_2 = -18 \text{ cm}$

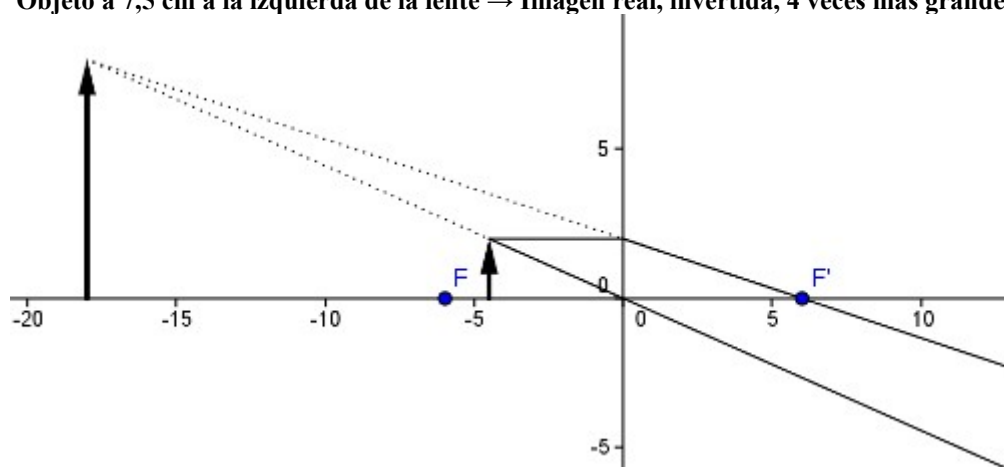
d) Los trazados de rayos son:

EXAMEN FÍSICA 2º BACHILLERATO – TEMA 4: ÓPTICA

SOLUCIONES OPCIÓN A



Objeto a 7,5 cm a la izquierda de la lente → Imagen real, invertida, 4 veces más grande



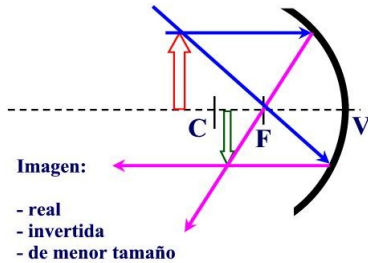
Movemos el objeto 3 cm a la derecha (se sitúa a 4,5 cm a la izquierda de la lente) → Imagen virtual, derecha, 4 veces más grande

SOLUCIONES OPCIÓN B

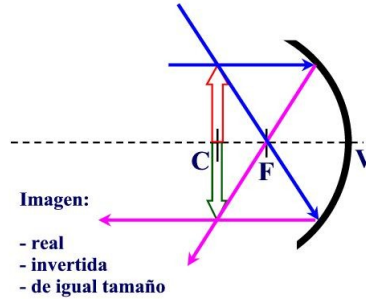
Cuestión 1.-

a) Formación de imágenes en un espejo cóncavo. El tipo de imagen depende de dónde pongamos el objeto:

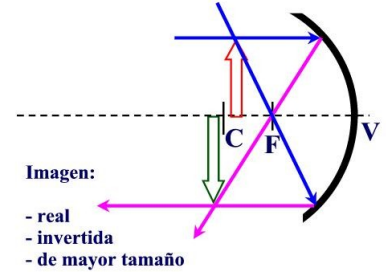
**Objeto más atrás del centro de curvatura C**



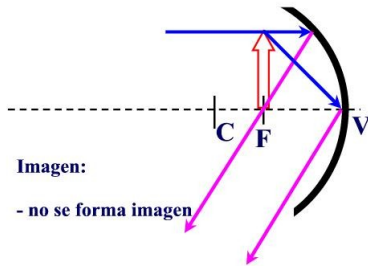
**Objeto en el centro de curvatura C**



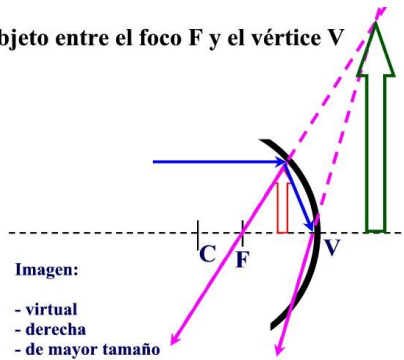
**Objeto entre el centro de curvatura C y el foco F**



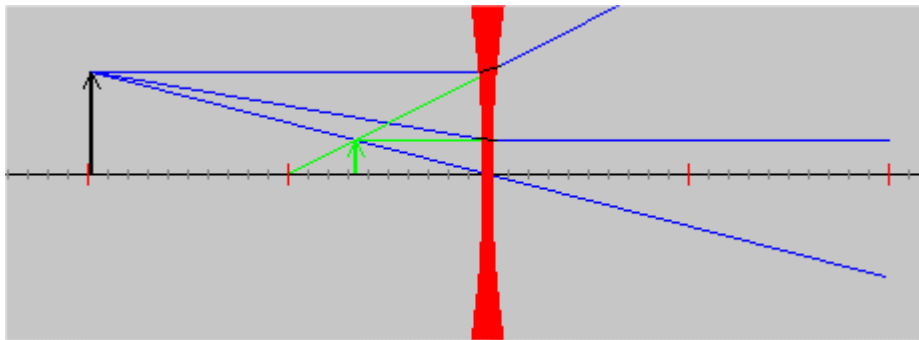
**Objeto en el foco F**



**Objeto entre el foco F y el vértice V**



b) Formación de imágenes con una lente divergente: sea cual sea la posición del objeto, obtenemos una imagen derecha, virtual y de menor tamaño.



Cuestión 2.-

- Falso. Por la ley de la reflexión el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son siempre iguales
- Falso. Sólo son iguales cuando el rayo incidente forma un ángulo de  $0^\circ$  con la normal. Para cualquier otro ángulo se cumple la ley de Snell:  $n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2$
- Verdadero. De acuerdo con la primera ley de la reflexión y de la refracción, el rayo incidente, la recta normal a la superficie en el punto de incidencia, el rayo reflejado y el rayo refractado están en el mismo plano.
- Falso. Para que haya reflexión total es condición necesaria que  $n_1 > n_2$ , pero sólo habrá reflexión total cuando el ángulo de incidencia sea mayor que el ángulo límite  $\theta_L$  ( $\sin \theta_L = n_2 / n_1$ )

Cuestión 3.-

- Una lente es un objeto transparente delimitado por dos caras curvas, o una plana y una curva, que son capaces de desviar los rayos que llegan a él. Si el foco imagen está situado a la derecha de la lente, los rayos que lleguen a la lente desde la izquierda y de forma paralela al eje óptico se desviarán pasando por dicho foco, y la lente será convergente. El foco objeto estará situado a la misma distancia de la lente que el foco imagen, pero a la izquierda. Si el foco imagen

SOLUCIONES OPCIÓN B

está situado a la izquierda de la lente, los rayos que lleguen a la lente desde la izquierda y de forma paralela al eje óptico se desviarán de tal manera que serán las prolongaciones de los rayos desviados las que pasen por dicho foco, y la lente será divergente. El foco objeto estará situado a la misma distancia de la lente que el foco imagen, pero a la derecha.

- b) Se denomina potencia de una lente a la inversa de la distancia focal, de tal manera que cuanto menor sea la distancia focal, más potente es la lente. Si la distancia focal se mide en metros, la potencia se expresa en m<sup>-1</sup>, que acostumbra a recibir el nombre de dioptría.

Problema 1.-

- a) Situamos el objeto a la izquierda de la lente ( $s < 0$ ), y la imagen debe formarse detrás de la lente, a la derecha ( $s' > 0$ ). Además, para proyectarse en una pantalla la imagen debe ser real. Para obtener una imagen real más grande debemos tener una lente de tipo convergente ( $f' > 0$ ), y el objeto ha de colocarse por detrás del foco objeto.

La distancia entre la imagen y el objeto debe ser de 400 cm, por lo que:

$$-s + s' = 400$$

Además, el aumento debe ser igual en valor absoluto igual a 3, por lo que  $|s' / s| = 3$ . Pero como  $s$  es negativo y  $s'$  positivo,  $A = s' / s = -3$

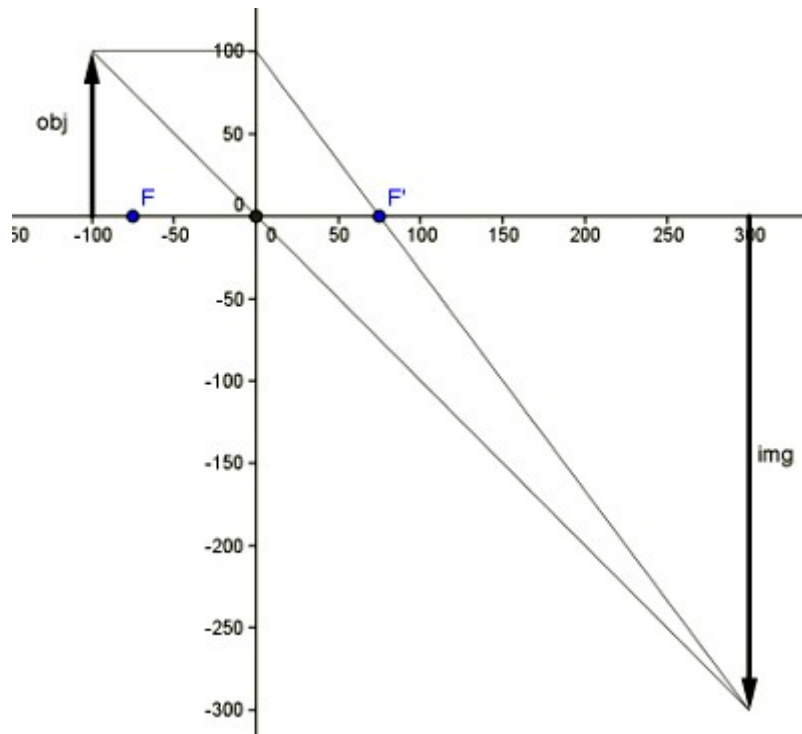
$$s' = -3s$$

Si resolvemos el sistema de ecuaciones, nos queda:

$$\begin{aligned} s' &= 300 \text{ cm} \\ s &= -100 \text{ cm} \end{aligned}$$

- b) La distancia focal se puede calcular con la ecuación de las lentes:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{300} - \frac{1}{-100} = \frac{1}{75 \text{ cm}} \rightarrow f' = 75 \text{ cm}$$



SOLUCIONES OPCIÓN B

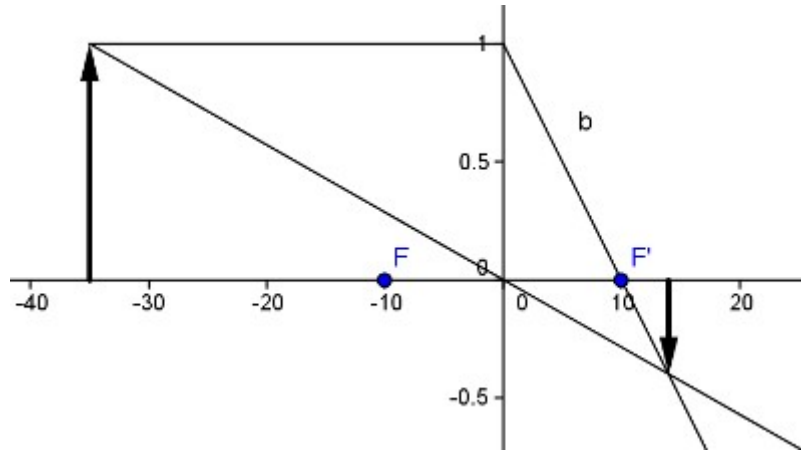
Problema 2.

En ambos casos  $y = 1 \text{ cm}$  y  $f' = 10 \text{ cm}$ .

a)  $S' = 14 \text{ cm}$ . Aplicando la ecuación de la lente  $\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{14} - \frac{1}{10} = \frac{-1}{35} \rightarrow s = -35 \text{ cm}$

$A = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y} \rightarrow y' = y \cdot \frac{s'}{s} = 1 \text{ cm} \cdot \frac{14}{-35} = -0,4 \text{ cm}$  La imagen es invertida y de menor tamaño.

Efectuando el trazado de rayos, comprobamos que la imagen es real:



b)  $S' = -8 \text{ cm}$ . Aplicando la ecuación de la lente  $\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{-8} - \frac{1}{10} = \frac{-9}{40} \rightarrow s = -4,44 \text{ cm}$

$A = \frac{s'}{s} = \frac{y'}{y} \rightarrow y' = y \cdot \frac{s'}{s} = 1 \text{ cm} \cdot \frac{-8}{-40} = 1,8 \text{ cm}$  La imagen es derecha y de mayor tamaño. Efectuando

el trazado de rayos, comprobamos que la imagen es virtual:

