

Problema nº1

Calcula el índice de refracción relativo del vidrio al aceite. Hallar la velocidad de propagación y la longitud de onda, en el aceite y en el vidrio de un rayo de color verde de 5400 Å.

Datos: índice de refracción del vidrio 1,55; índice de refracción del aceite 1,45

Solución

$$\text{Índice de refracción relativo: } n_{va} = \frac{n_v}{n_a} = \frac{1,55}{1,45} = 1,07$$

$$\text{Aceite: } v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,45} = 206\,896,5 \text{ km/s}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{5\,400 \text{ Å}}{1,45} = 3\,724,14 \text{ Å}$$

$$\text{Vidrio: } v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,55} = 193\,548,4 \text{ km/s}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{5\,400 \text{ Å}}{1,55} = 3\,483,4 \text{ Å}$$

Problema nº2

Sabiendo que la velocidad de la luz en el agua es de 225000 km/s y de 124481 km/s en el diamante:

- Hallar los índices de refracción absolutos en el agua y en el diamante.
- Hallar el índice de refracción relativo del agua respecto al diamante.

Solución

$$\text{a) Agua: } n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 1,33$$

$$\text{Diamante: } n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,24 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 2,42$$

$$\text{b) } n(\text{agua - diamante}) = \frac{1,33}{2,42} = 0,55 = \frac{v_d}{v_a}$$

Problema nº3

a) ¿Qué frecuencia tiene un rayo de luz que en el agua y en el vidrio tiene una longitud de onda de 3684 Å y 3161 Å, respectivamente? Hallar su velocidad de propagación en ambos medios, si sus índices de refracción son: 1,33 y 1,55.

b) ¿Qué longitud de onda presentará en el vacío? ¿Cuál será ahora su frecuencia?

Solución

$$\text{a) Agua: } v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,33} = 225\,000 \text{ km/s} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda} = \frac{2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3,684 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6,107 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{Vidrio: } v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,55} = 193\,548,38 \text{ km/s} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda} = \frac{1,93 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3,161 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6,105 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{b) Vacío: } \lambda_0 = \lambda_A \cdot n_A = 3,684 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 1,33 = 4\,900 \text{ Å} = 3,161 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 1,55 = \lambda_V \cdot n_V$$

La frecuencia será la misma en los dos medios, y en el vacío, no varía.

Problema nº4

Para la luz amarilla del sodio , cuya longitud de onda en el vacío es de 5890 \AA , los índices de refracción absolutos del alcohol y del benceno, son 1,36 y 1,50 respectivamente. Hallar la velocidad de propagación y la longitud de onda en ambos medios de la luz amarilla.

Solución

$$\text{alcohol: } \lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{1,36} = 4,331 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4331 \text{ \AA}$$

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,36} = 220\,588,2 \text{ km/s}$$

$$\text{benceno: } \lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{1,50} = 3,927 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 3927 \text{ \AA}$$

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,50} = 200\,000 \text{ km/s}$$

Problema nº5

- a) Un rayo de luz incide con 45° y pasa desde el aire al agua ($n = 4/3$). Calcular el ángulo de refracción.
- b) Un rayo de luz incide con 45° y pasa de un medio de índice de refracción de $n = 1,55$ a otro al agua (de $n = 4/3$). Calcular el ángulo de refracción.
- c) ¿Qué conclusiones puedes obtener de los resultados de los apartados anteriores?

Solución

Usando la fórmula:

$$n_1 \cdot \text{sen } \alpha_i = n_2 \cdot \text{sen } \alpha_r$$

$$\text{a) } \text{sen } \alpha_r = \frac{n_1 \cdot \text{sen } \alpha_i}{n_2} \rightarrow \text{sen } \alpha_r = \frac{1 \cdot \text{sen } 45^\circ}{4/3} = 0,53 \rightarrow \alpha_r = 32,03^\circ$$

$$\text{b) } \text{sen } \alpha_r = \frac{n_1 \cdot \text{sen } \alpha_i}{n_2} \rightarrow \text{sen } \alpha_r = \frac{1,55 \cdot \text{sen } 45^\circ}{4/3} = 0,82 \rightarrow \alpha_r = 55,29^\circ$$

- c) Que cuando la luz pasa a un medio de mayor índice de refracción se acerca a la normal, y al pasar a un medio de menos índice de refracción se aleja de la normal.

Problema nº6

Una lámina de vidrio de caras planas y paralelas situada en el aire tiene un espesor de 12 cm y un índice de refracción de 1,5. Si un rayo de luz monocromática incide en la cara superior del vidrio con un ángulo de 30° . Hallar:

- a) El valor del ángulo en el interior de la lámina y el ángulo emergente.
- b) El desplazamiento lateral del rayo incidente al atravesar la lámina.
- c) Dibujar la marcha del rayo.

Solución

$$\text{a) } n_1 \cdot \text{sen } \alpha_i = n_2 \cdot \text{sen } \alpha_r$$

$$1 \cdot \text{sen } 30^\circ = 1,5 \cdot \text{sen } \alpha_r \rightarrow \text{sen } \alpha_r = \frac{0,5}{1,5} = 0,33... \rightarrow \alpha_r = 19,47^\circ$$

- b) Del triángulo AEB se calcula AB :

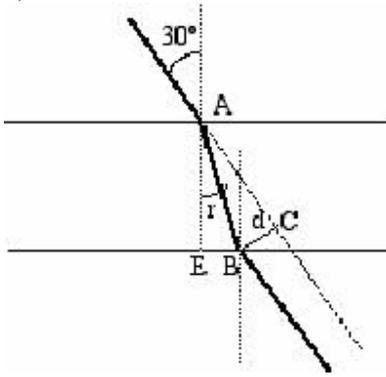
$$\cos \alpha_r = \frac{AE}{AB} \rightarrow AB = \frac{12}{\cos 19,47^\circ} = 12,73 \text{ cm}$$

Con este dato en el triángulo ABC calculamos el desplazamiento del rayo, d :

$$\text{El ángulo A será } = 30^\circ - 19,47^\circ = 10,53^\circ$$

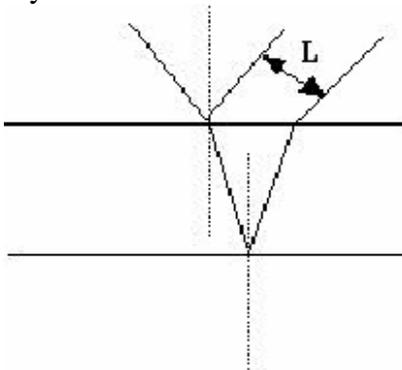
$$\text{sen } 10,53^\circ = \frac{d}{AB} \rightarrow d = AB \cdot \text{sen } 10,53^\circ = 12,73 \cdot \text{sen } 10,53^\circ = 2,33 \text{ cm}$$

c)

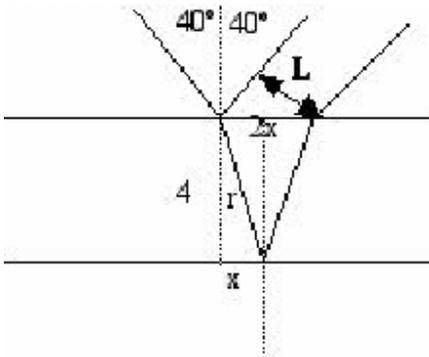


Problema nº7

Un rayo de luz incide oblicuamente sobre una placa de vidrio de 4 cm de espesor con un ángulo de incidencia de 40°. El índice de refracción del vidrio es 1,5. Las superficies superior e inferior del vidrio producen rayos reflejados casi de la misma intensidad. ¿Cuál es la distancia L entre los dos rayos?



Solución



$$n_1 \cdot \text{sen } \alpha_i = n_2 \cdot \text{sen } \alpha_r$$

$$1 \cdot \text{sen } 40^\circ = 1,5 \cdot \text{sen } \alpha_r \rightarrow \text{sen } \alpha_r = \frac{0,64}{1,5} = 0,43 \rightarrow \alpha_r = 25,37^\circ$$

$$\tan \alpha_r = \frac{x}{4} \rightarrow x = 4 \cdot \tan 25,37^\circ = 1,90 \rightarrow 2x = 2 \cdot 1,90 = 3,8$$

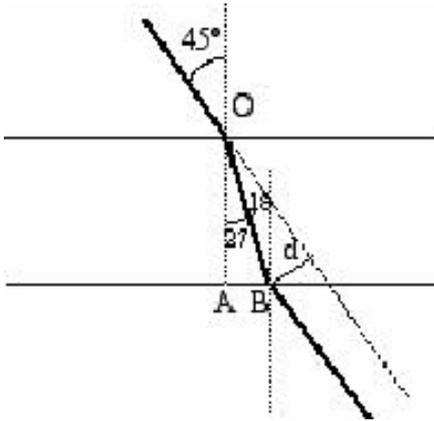
Si el ángulo reflejado inicial forma 40° con la normal \Rightarrow forma $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$ con la superficie :

$$\text{sen } 50^\circ = \frac{L}{3,8} \rightarrow L = 3,8 \cdot \text{sen } 50^\circ = 2,91 \text{ cm}$$

Problema nº8

La desviación lateral que experimenta un rayo que incide con un ángulo de 45° en la cara de una lámina es de 1,38 cm y el índice de refracción es de 1,56. Hallar el espesor de la lámina.

Solución



$$n_1 \cdot \text{sen } \alpha_i = n_2 \cdot \text{sen } \alpha_r$$

$$1 \cdot \text{sen } 45^\circ = 1,56 \cdot \text{sen } \alpha_r \rightarrow \text{sen } \alpha_r = \frac{0,71}{1,56} = 0,45 \rightarrow \alpha_r = 27^\circ$$

$$45^\circ - 27^\circ = 18^\circ$$

$$\text{sen } 18^\circ = \frac{d}{OB} \rightarrow OB = \frac{d}{\text{sen } 18^\circ} = \frac{1,38 \text{ cm}}{0,31} = 4,47 \text{ cm}$$

$$\cos 27^\circ = \frac{\text{espesor(OA)}}{OB} \rightarrow \text{espesor(OA)} = OB \cdot \cos 27^\circ = 4,47 \cdot 0,89 = 3,98 \text{ cm}$$

Problema n°9

Un joyero emplea una lupa de $f' = 8 \text{ cm}$ ajustada a su ojo. Si quiere un aumento de 4 veces, ¿a qué distancia de la lente debe estar el objeto?

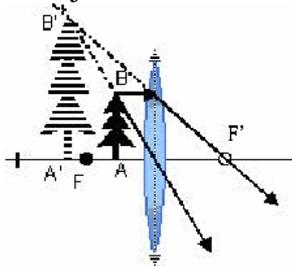
Solución

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = 4 \Rightarrow s' = 4s$$

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \frac{1}{4s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{8}$$

De donde sale: $s = -6 \text{ cm}$; $s' = -24 \text{ cm}$

El objeto debe estar a 6 cm.



Problema n°10

a) ¿A qué distancia debe fotografiarse una torre de 50 m de altura con una cámara con objetivo normal de $f' = 50 \text{ mm}$, para que la imagen en la película sea de 2 cm?

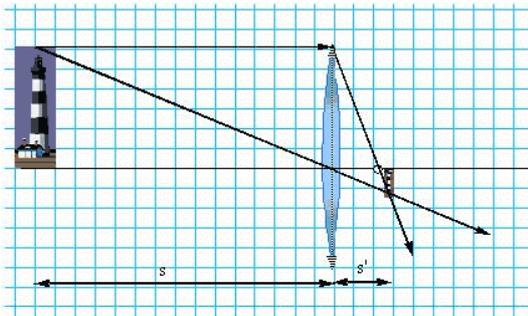
b) ¿Qué podríamos hacer para hacer la toma desde más cerca?

Solución

$$a) A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{-0,02}{50} \Rightarrow s' = 4 \cdot 10^{-4} s$$

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{4 \cdot 10^{-4} s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{0,05} \Rightarrow s = 124,95 \text{ m de distancia al objetivo}$$

b) Se puede usar un gran angular, por ejemplo $f' = 25 \text{ mm}$, con lo que sale justamente la mitad.



Problema nº11

Un objeto luminoso de 3 mm de altura está situado a 4 m de distancia de una pantalla. Entre el objeto y la pantalla se coloca una lente delgada L, de distancia focal desconocida, que produce sobre la pantalla una imagen de 9 mm.

- a) Determina la naturaleza de la lente y el tipo de imagen producida.
- b) Calcula los datos necesarios para hacer una construcción geométrica de la imagen.

Solución

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

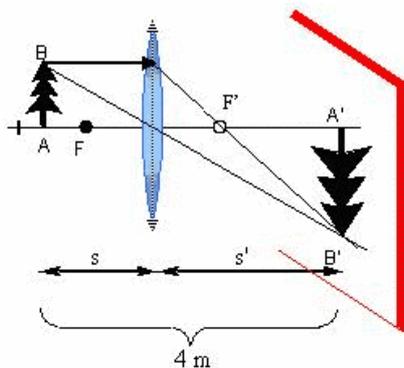
Puesto que en valor absoluto: $s + s' = 4\text{m} \Rightarrow s + 3s = 4\text{m} \Rightarrow s = 1\text{m}; s' = 3\text{m}.$

Que en notación DIN viene a ser: $s = -1\text{ m}; s' = 3\text{ m}.$

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

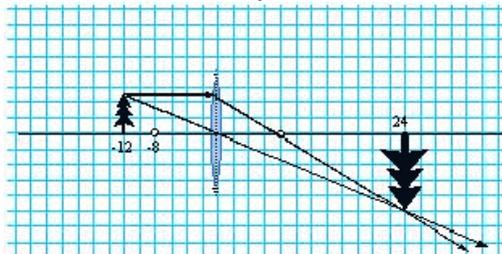
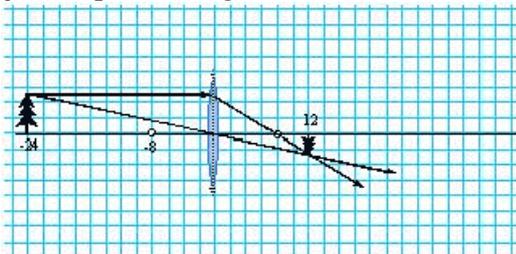
$$\frac{1}{f'} = P = \frac{4}{3} = 1,33\text{D}$$

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



Problema nº12

La distancia entre un objeto y la pantalla es de 36 cm y disponemos de una lente de 0,125 D. ¿Qué tipo de imagen se obtiene en las siguientes situaciones y cuál es su tamaño?



Solución

$$a) A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{12}{-34} \Rightarrow y' = \frac{-y}{2}$$

Imagen real, invertida, de tamaño mitad que el objeto.

$$b) A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{24}{-12} \Rightarrow y' = -2y$$

Imagen real, invertida, de tamaño doble que el objeto.

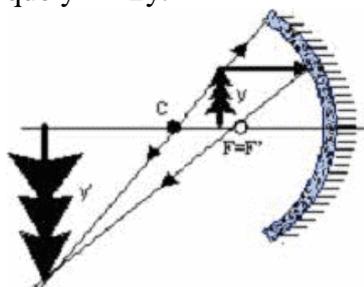
Problema nº13

Cierto espejo esférico forma una imagen real, invertida y de tamaño doble, siempre que los objetos se sitúan a 20 cm.

- ¿De qué tipo es el espejo? Dibujar la situación que se cita.
- Hallar el radio de curvatura y la posición de la imagen.

Solución

a) Será cóncavo y con el objeto entre el centro y el foco por lo que saldrá una imagen invertida tal que $y = -2y$.



$$b) A_L = \frac{-s'}{s} = \frac{y'}{y} = \frac{-2y}{y} \Rightarrow s' = 2s$$

Por tanto: $s = -20$ cm; $s' = -40$ cm.

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \Rightarrow \frac{1}{-40} + \frac{1}{-20} = \frac{2}{r} \Rightarrow r = -26,67 \text{ cm}$$

Problema nº14

Un objeto situado a 8 cm de un espejo esférico cóncavo produce una imagen virtual 10 cm detrás del espejo.

- Hallar el radio del espejo.
- ¿Cuáles serán las características de la imagen si se aleja el objeto otros 20 cm de donde está?

Solución

$$a) \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \Rightarrow \frac{1}{10} + \frac{1}{-8} = \frac{2}{r}$$

De donde sale: $r = -80$ cm

b) Si se aleja 20 cm más, queda a 28 cm, es decir entre el foco y el vértice, al igual que antes. Por tanto la imagen será virtual también.

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{-28} = \frac{2}{-80} \Rightarrow s' = 93,3 \text{ cm}$$

$$A_L = -\frac{93,3}{-28} = \frac{y'}{y} \Rightarrow y' = 3,33y$$

Imagen virtual, derecha y 3,33 veces mayor.

Problema nº15

Con un espejo cóncavo de 0,8 m de radio se quiere proyectar una imagen real de un objeto aumentada 9 veces. ¿A qué distancia del centro del espejo hay que colocar el objeto y dónde se obtendrá la imagen?

Dibujar el trazado de rayos correspondiente a la situación descrita.

Solución

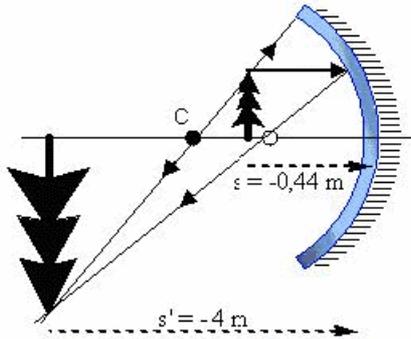
Para que se produzca un aumento, habrá que colocarla entre el centro y el foco, con lo que saldrá invertida:

$$A_L = \frac{-s'}{s} = \frac{y'}{y} \Rightarrow -\frac{9y}{y} \Rightarrow s' = 9s$$

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \Rightarrow \frac{1}{9s} + \frac{1}{s} = \frac{2}{-0,8} \Rightarrow 9s = -4$$

De donde sale: $s = -0,44$ m; $s' = -4$ m

s y s' son distancias desde el vértice, luego las distancias desde el centro serán: 0,36 m a la derecha y 3,2 m a la izquierda.



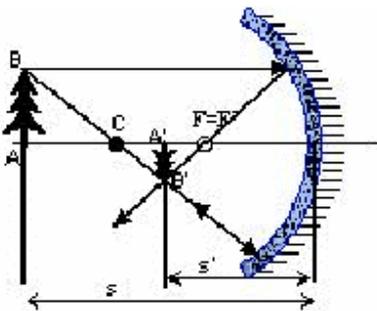
Problema nº16

La distancia focal de un espejo cóncavo vale 0,2 m. ¿Cuánto mide su radio de curvatura? Situamos un objeto a 1 m del espejo, ¿dónde se formará la imagen? Dibujar la situación.

Solución

a) $f = 0,2$ m; $r = -0,4$ m

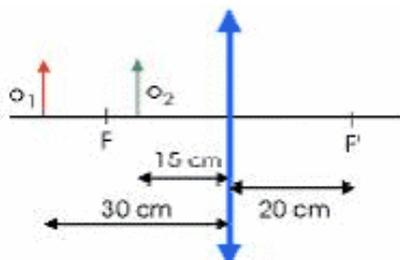
b) $\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \Rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{-1} = \frac{2}{-0,40} \Rightarrow s' = -0,25$ m



Problema nº17

a) Calcular las posiciones y tamaño de las imágenes dadas por la lente de la figura, para los objetos O_1 y O_2 , ambos de altura $y = 1$ cm.

b) Comprueba gráficamente tus resultados mediante trazado de rayos.



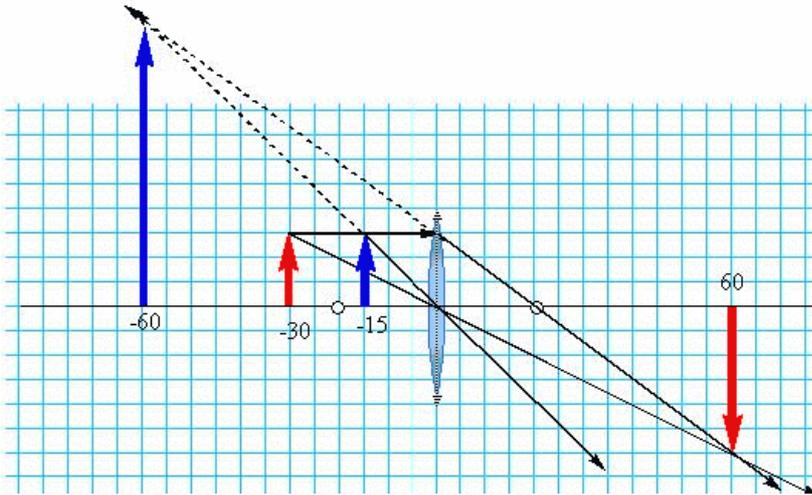
Solución

$$O_1 : \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-30} = \frac{1}{20} \Rightarrow s' = 60\text{cm}$$

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow y' = 2y = -2\text{cm}$$

} Imagen real, invertida y de doble tamaño.

tamaño.



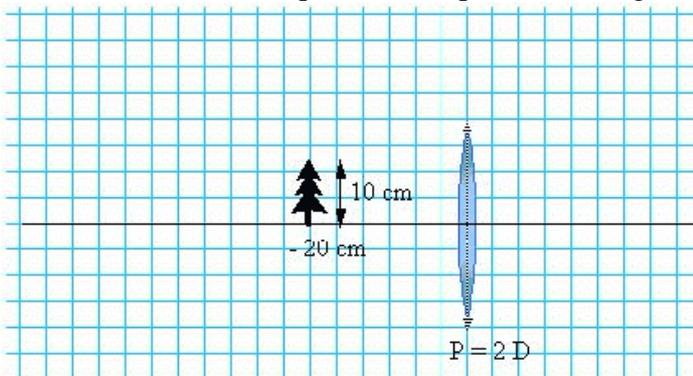
$$O_2 : \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-15} = \frac{1}{20} \Rightarrow s' = -60\text{cm}$$

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow y' = 4y = -4\text{cm}$$

} Imagen virtual, derecha y cuatro veces mayor.

Problema nº18

Escribir un enunciado que se corresponda con el gráfico siguiente y resolverlo.



Solución

Un posible enunciado es el siguiente:

Se coloca un objeto de 10 cm de altura a 20 cm de una lente biconvexa de potencia 2 D. Calcular analítica y gráficamente la posición, tipo y tamaño de la imagen formada.

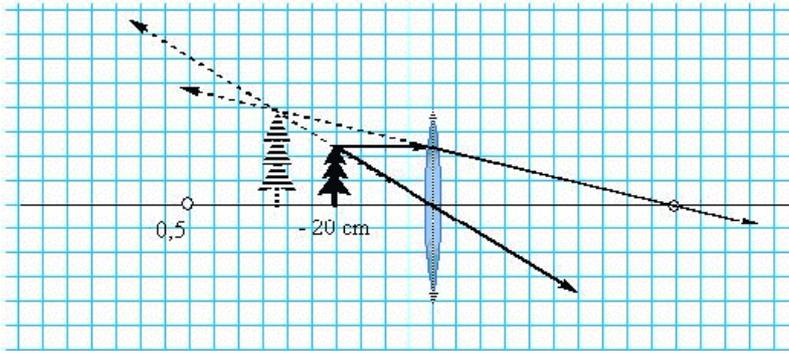
$$1/f' = 2; f' = 0,5 \text{ m}$$

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-0,20} = 2$$

De donde sale: $s' = -1/3 \text{ m}$.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{-1/3}{-0,20} = 1,67 \Rightarrow y' = 1,67y \Rightarrow y' = 16,7\text{cm}$$

La imagen es virtual, derecha y de mayor tamaño



Problema nº19

Cierto instrumento óptico está formado por dos lentes convergentes de distancias focales +2 cm y +5 cm respectivamente, separadas 14 cm. Se sitúa un objeto a 3 cm por delante de la primera lente. Calcula la posición y el aumento de la imagen final formada por ambas.

Solución

$$1^{\text{a}} \text{ lente: } \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-3} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{s'} = \frac{1}{6\text{cm}} \Rightarrow s' = 6\text{cm}$$

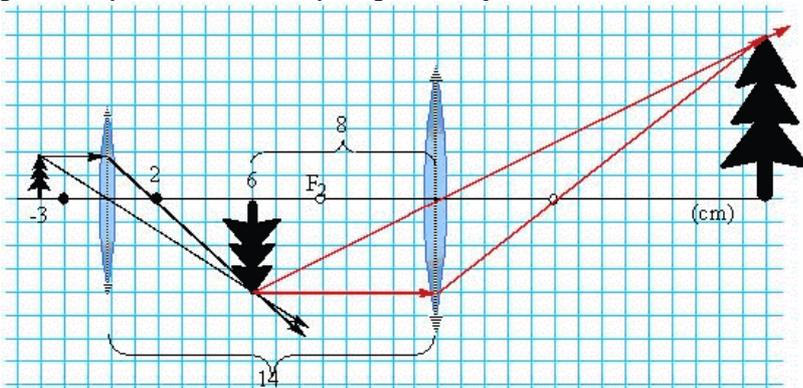
$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow y' = -2y$$

$$2^{\text{a}} \text{ lente: } \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-(14-6)} = \frac{1}{5} \Rightarrow s' = 13,33\text{cm}$$

$$A_L = \frac{y''}{y'} = \frac{s''}{s'} \Rightarrow y'' = -1,67y' = -2 \cdot (-1,67y) = 3,34y$$

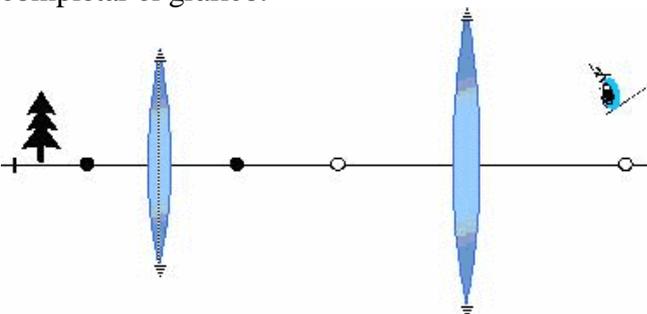
La primera imagen es invertida y de doble tamaño.

La segunda es invertida y 1,67 veces mayor que la anterior con lo que sale derecha respecto a la primera y 3,34 veces mayor que el objeto.



Problema nº20

¿Para qué sirve el microscopio y qué lentes lo forman? Hacer el trazado de rayos de la figura y completar el gráfico.



Solución

Sirve para observar objetos cercanos de muy poco tamaño. Está formado por dos lentes convergentes:

El objetivo es la más próxima al objeto y tiene distancia focal pequeña.

El ocular es la más próxima al ojo y tiene mayor distancia focal.

Cuando se tiene un sistema formado por dos lentes, se forma una imagen y' del objeto inicial, que a su vez hace de objeto para la segunda produciéndose una imagen final y'' .

