UNIDAD 8: Óptica geométrica

CUESTIONES INICIALES-PÁG. 211

1. Una gran parte de la información que recibimos del mundo exterior la percibimos por medio del sentido de la vista. ¿Puedes dar una explicación del mecanismo que tiene lugar en el acto de ver un objeto iluminado?
Un objeto iluminado refleja parte de la luz que le llega, dirigiéndola en todas direcciones. El ojo se comporta como una lente convergente, que concentra y dirige la luz que recibe del objeto hacia la retina. El nervio óptico envía las señales luminosas desde la retina hasta el cerebro, donde se interpreta la información recibida y se completa el mecanismo de la visión.

2. ¿Por qué un lápiz sumergido parcialmente en un vaso con agua parece estar doblado?
El lápiz parece quebrado debido al fenómeno de la refracción.

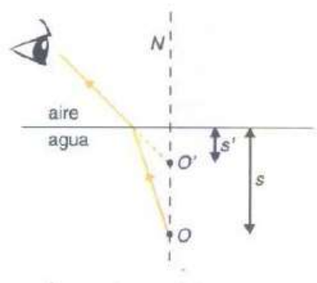
Los rayos luminosos que pasan del agua al aire se alejan de la recta normal y sus prolongaciones se cortan en un punto por encima de la posición del objeto. Así se forma una imagen que hace parecer que disminuye la sensación de profundidad y el lápiz está aparentemente quebrado.

3. ¿Qué diferencias, aparte de su tamaño, hay entre el espejo colocados en los cuartos de baño de las viviendas y los que se sitúan a la salida de los garajes con poca visibilidad?
En los cuartos de baño se colocan espejos planos y a la salida de los garajes se sitúan espejos convexos. Ello se debe a que los espejos convexos amplían el campo de visión.
Ambos proporcionan imágenes virtuales de los objetos, pero mientras que en los espejos planos, las imágenes son del mismo tamaño que el objeto en los espejos convexos son siempre más pequeñas que el objeto.

ACTIVIDADES FINALES-PÁG. 238

1. Deduce si la profundidad aparente de un río es mayor, menor o igual a su profundidad real, sabiendo que el índice de refracción del agua es mayor que el del aire.
Como el índice de refracción del agua es mayor que el del aire, los rayos que proceden de un objeto sumergido se alejan de la normal y el observador aprecia una imagen virtual situada a una profundidad aparente, s=, menor que la profundidad real, s.
En efecto, aplicando la ecuación del dioptrio plano :

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s} \Rightarrow s' = s\,\frac{n'}{n}$$

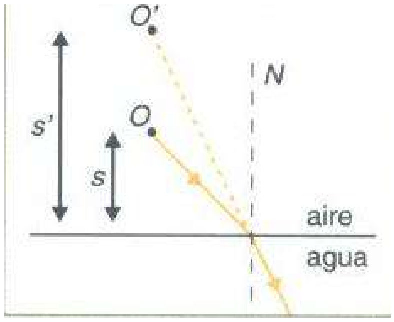


Para el caso de un objeto visto desde el aire: $n = n_{agua}$ y n= = n_{aire}, por tanto:

$$\text{profundidad aparente} = \text{profundidad real}\ \frac{n_{aire}}{n_{agua}}$$

Como $n_{aire} < n_{agua}$, entonces la profundidad aparente es menor que la real.

2. Un buzo observa un avión que vuela a una altura de 400 m sobre la superficie del agua. Si el índice de refracción del agua es 4/3, justifica si la altura aparente a la persona ve al avión sobre la superficie del agua es mayor, menor o igual a los 400 m. Construye el correspondiente diagrama de rayos que justifique la conclusión.



Los rayos luminosos que acceden desde el aire al agua se desvían de su trayectoria y se acercan a la recta normal. Como consecuencia de ello, un observador colocado dentro del agua aprecia una imagen virtual del objeto situada a una altura mayor que la altura real.

Al aplicar para el buzo la ecuación del dioptrio plano, resulta que los datos son:

s = 400 cm; n = n_{aire} y n= = n_{agua}

El buzo percibe una imagen virtual del avión situada a una distancia por encima de la superficie del agua de:

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s} \Rightarrow s' = 400\ \text{cm}\,\frac{4/3}{1} = 533\,\text{m}$$

3. Las distancias focal objeto de un dioptrio esférico es f = – 20 cm y la distancia focal imagen f’ = 40 cm. Calcula el radio de curvatura del dioptrio es indica si es cóncavo o convexo. Determina la posición de un objeto que está situado a 10 cm del vértice del dioptrio.

Aplicando la relación entre el radio y las distancias focales: r = f + f’ = - 20 cm + 40 cm = + 20 cm

Por lo que el dioptrio es cóncavo.

Aplicando la ecuación de Gauss para un dioptrio y como s = - 10 cm, resulta que:

$$\frac{f'}{s'} + \frac{f}{s} = 1;\ \frac{40\,\text{cm}}{s'} + \frac{-20\,\text{cm}}{-10\,\text{cm}} = 1 \Rightarrow s' = -40\ \text{cm}$$

La imagen se forma delante del dioptrio.

4. Un dioptrio esférico cóncavo tiene un radio de curvatura de 10 cm y separa dos medios de índices de refracción n_1 = 1 y n_2 = 4/3. Calcula las distancias focales del dioptrio. ¿Qué relación hay entre las distancias focales del dioptrio y su radio de curvatura?

Como el dioptrio es cóncavo: r = - 10 cm

La ecuación fundamental de un dioptrio es: $\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{r}$

Las distancias focales objeto, f, e imagen, f’, son:

$$f = -\frac{n\cdot r}{n'-n} = -\frac{1\cdot(-10\,\text{cm})}{\frac{4}{3}-1} = 30\,\text{cm}\ ;\ f' = \frac{n'\cdot r}{n'-n} = \frac{\frac{4}{3}\cdot(-10\,\text{cm})}{\frac{4}{3}-1} = -40\,\text{cm}$$

La suma de las distancias focales es igual al radio del dioptrio.

f + f’ = 30 cm + (- 40 cm) = - 10 cm = r

5. Una varilla cilíndrica de vidrio, de índice de refracción 1,5, está limitada por una superficie convexa de 2 cm de radio. Un objeto de 3 mm de altura se coloca perpendicularmente al eje de la varilla y a una distancia de 10 cm, a la izquierda de ella. Calcula la posición y el tamaño de la imagen cuando la varilla se encuentra en el aire.

En un dioptrio convexo r = + 2 cm y las distancias s = - 10 cm e y = 3 mm. Además los índices de refracción son: n = 1 y n’ = 1,5.

Aplicando la ecuación fundamental del dioptrio esférico:

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n'-n}{r};\ \frac{1{,}5}{s'} - \frac{1}{-10\,\text{cm}} = \frac{1{,}5-1}{2\,\text{cm}} \Rightarrow s' = 10\ \text{cm}$$

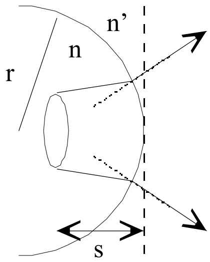
Imagen situada a la derecha del dioptrio y es una imagen es real.

Aplicando la relación del aumento lateral:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{n \cdot s'}{n' \cdot s}; \frac{y'}{3\ \text{mm}} = \frac{1 \cdot 10\,\text{cm}}{1{,}5 \cdot (-10\,\text{cm})} \Rightarrow y = = -2\ \text{cm}$$

El signo menos indica que la imagen está invertida respecto del objeto.

6. Una moneda, de 2 cm de diámetro, está situada en el interior de una bola de cristal maciza de 15 cm de radio y cuyo índice de refracción es: n_{vidrio} = 1,5. Si la moneda está situada a 10 cm de la superficie de bola, calcula la posición de la imagen. La imagen que se observa, ¿será más grande, más pequeña o de igual tamaño que el objeto?



Como la luz se propaga de izquierda a derecha, de la figura se deduce que la superficie de la esfera en un dioptrio cóncavo, r = - 15 cm y que primer medio es el vidrio n = 1,5 y que el segundo medio es el aire n' = 1.

Los rayos luminosos al pasar del vidrio al aire se alejan de la recta normal, por lo que divergen y sus prolongaciones se cortan dentro de la esfera y por tanto la imagen es virtual y más pequeña que el objeto.

Aplicando la ecuación del dioptrio esférico, con s = - 10 cm, resulta que:

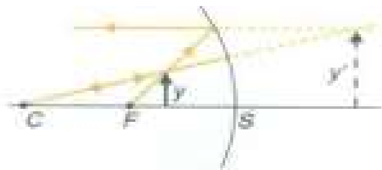
$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{r}; \frac{1}{s'} - \frac{1{,}5}{-10\,\text{cm}} = \frac{1 - 1{,}5}{-15\,\text{cm}} \Rightarrow s' = -8{,}57\ \text{cm}$$

Imagen situada a la izquierda del dioptrio y es una imagen virtual.

Aplicando la relación del aumento lateral: $\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{n \cdot s'}{n' \cdot s}; \frac{y'}{2\ \text{cm}} = \frac{1{,}5 \cdot (-8{,}57\,\text{cm})}{1 \cdot (-10\,\text{cm})} \Rightarrow y = = 1{,}29\ \text{cm}$

La imagen es más pequeña y está directa.

7. Si se desea observar la imagen ampliada de un objeto, ¿qué tipo de espejo hay que utilizar? Explica con un esquema las características de la imagen formada.

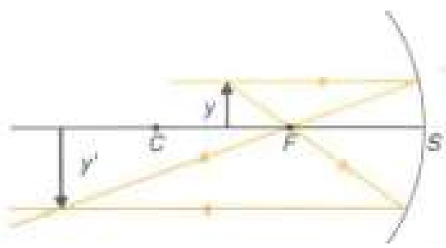


El único espejo con el que se puede observar la imagen ampliada de un objeto es con un espejo cóncavo. Para ello hay que situar el objeto entre el foco y el espejo y la imagen formada es virtual, directa y de mayor tamaño que el objeto.

8. Un objeto de 5 cm de altura está situado a 75 cm de un espejo cóncavo de 1 m de radio. Calcula la posición y el tamaño de la imagen. Dibuja la trayectoria de los rayos.

Aplicando la ecuación fundamental de los espejos esféricos y como r = - 100 cm, s = - 75 cm, resulta que:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \Rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{-75\,\text{cm}} = \frac{2}{-100\ \text{cm}} \Rightarrow s' = -150\ \text{cm}$$



Aplicando la relación del aumento lateral:

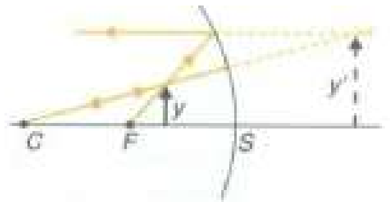
$$\beta' = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}; \frac{y'}{5\,\text{cm}} = -\frac{-150\,\text{cm}}{-75\,\text{cm}} \Rightarrow y' = -10\ \text{cm}$$

Como la distancia focal es f = $\frac{r}{2}$ = - 50 cm, el objeto está situado entre el centro de curvatura y el foco y la imagen es real, más grande que el objeto y está invertida.

9. Un objeto de 5 cm de altura está situado a 25 cm de un espejo cóncavo de 1 m de radio. Calcula la posición y el tamaño de la imagen. Dibuja la trayectoria de los rayos.

Aplicando la ecuación fundamental de los espejos esféricos y como r = - 100 cm, s = - 25 cm, resulta que:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r} \Rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{-\ 25\,\text{cm}} = \frac{2}{-\ 100\ \text{cm}} \Rightarrow s' = +\,50\ \text{cm}$$



Aplicando la relación del aumento lateral:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s};\ \frac{y'}{5\,\text{cm}} = -\frac{50\,\text{cm}}{-25\,\text{cm}} \Rightarrow y' = +\ 10\ \text{cm}$$

Como la distancia focal es $f = \frac{r}{2} = -\ 50$ cm, el objeto está situado entre el foco y el espejo y la imagen es virtual, directa y es más grande que el objeto.

10. Un espejo esférico forma una imagen virtual, derecha y de tamaño doble que el del objeto cuando está situado verticalmente sobre el eje óptico y a 10 cm del espejo. Calcula la posición de la imagen y el radio de curvatura del espejo. Dibuja las trayectorias de los rayos.

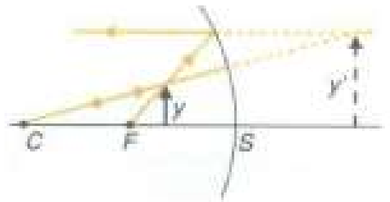
Aplicando la relación del aumento lateral y como s = - 10 cm e y' = 2 · y, resulta que:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s};\ \frac{2\cdot y}{y} = -\frac{s'}{s} \Rightarrow s' = -\,2\cdot s = -\ 2\cdot(-\ 10\ \text{cm}) = \ 20\ \text{cm}$$

La imagen está situada a la derecha del espejo.

Aplicando la ecuación fundamental de los espejos esféricos se tiene que:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r};\ \frac{1}{20\,\text{cm}} + \frac{1}{-10\,\text{cm}} = \frac{2}{r} \Rightarrow r = -\ 40\ \text{cm}$$



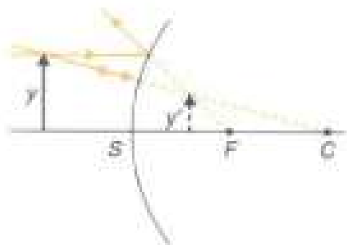
Es un espejo cóncavo.

La distancia focal es: r = 2 · f; - 40 cm = 2 · f $\Rightarrow$ f = - 20 cm.

El objeto está situado entre el foco y el espejo y por ello proporciona una imagen virtual, directa y más grande que el objeto.

11. En los almacenes utilizan espejos convexos, para conseguir un amplio margen de observación y vigilancia con un espejo de tamaño razonable. Uno de los espejos, que tiene un radio de curvatura de 1,2 m, permite al dependiente, situado a 5 m del mismo, inspeccionar el local entero. Si un cliente está a 10 m del espejo, ¿a qué distancia de la superficie del espejo está su imagen? ¿Está detrás o delante del espejo? Si el cliente mide 2 m, ¿qué altura tendrá su imagen?

Para cualquier posición de un objeto los espejos convexos proporcionan imágenes virtuales, situadas detrás del espejo, directas y más pequeñas que el objeto.



Aplicando la ecuación fundamental de los espejos esféricos, como r = + 1,2 m y s = - 10 m, resulta que:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{r};\ \frac{1}{s'} + \frac{1}{-\ 10\,\text{m}} = \frac{2}{1{,}2\,\text{m}}\ \Psi\ s\!= = 0{,}57\ \text{cm}$$

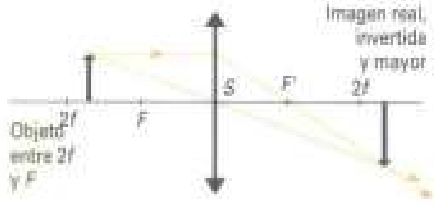
Es una imagen virtual, formada a la derecha del espejo convexo.

Aplicando la relación del aumento lateral: $\beta' = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s};\ \frac{y'}{2\,\text{m}} = -\frac{0{,}57\,\text{m}}{-10\,\text{m}} \Rightarrow y' = 0{,}114$ m

Imagen directa y más pequeña que el objeto.

12. ¿Qué tipo de lente utiliza un proyector de diapositivas? ¿Dónde y cómo hay que colocar la diapositiva? Representa en un diagrama la trayectoria de los rayos luminosos.

El proyector de diapositivas se construye con una lente convergente. La diapositiva hay que colocarla a una distancia de la lente entre dos veces la distancia focal y el foco objeto.

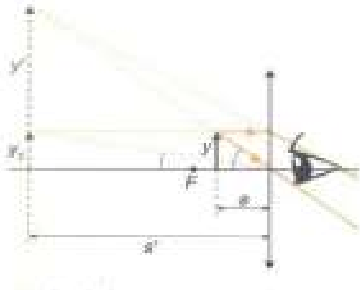


Cuanto más cerca esté el objeto de la lente, más grande es la imagen y más lejos hay que colocar la pantalla.

Como la imagen formada está invertida respecto del objeto, la diapositiva ha que colocarla invertida para que la imagen aparezca directa.

13. Una lupa se emplea para observar con detalle objetos de pequeño tamaño. Explica su funcionamiento óptico indicando el tipo de lente, la colocación del objeto y el tipo de imagen que se forma. Dibuja un trazado de los rayos que explique el proceso de la formación de la imagen.

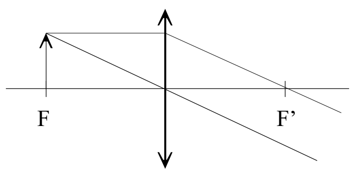
La lupa es una lente convergente que permite observar a los objetos con un tamaño mayor que su tamaño natural.



Al utilizar la lupa se sitúa el objeto entre el foco objeto y la lente, para que se forme una imagen virtual, más grande que el objeto y directa.

14. Calcula la potencia de una lente convergente sabiendo que no se forma ninguna imagen cuando se coloca un objeto a 20 cm de la lente. Dibuja la trayectoria de los rayos.

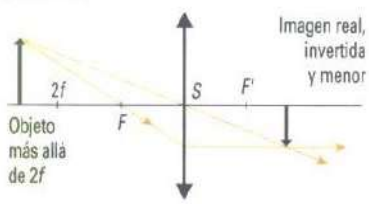
Al no observarse ninguna imagen significa que el objeto está colocado en el foco objeto de la lente. Como la lente es convergente, su distancia focal imagen es: f' = + 20 cm.



Aplicando la definición de potencia: $P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0{,}20\,m} = 5\,\text{dioptrías}$

15. Un objeto de 3 cm de alto se coloca a 75 cm de una lente convergente de 25 de distancia focal. Calcula la posición y el tamaño de la imagen. Construye un diagrama con la trayectoria de los rayos.

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes y como f' = + 25 cm, y = 3 cm y s = - 75 cm, resulta que:



$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{-75\ cm} = \frac{1}{25\ cm} \Rightarrow s' = +37{,}5\ cm$$

Aplicando la ecuación del aumento lateral de una lente, se tiene que:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s};\ \frac{y'}{3\ cm} = \frac{37{,}5\ cm}{-75\ cm}\ \Psi\ y = = -1{,}5\ cm$$

El objeto está colocado más allá de dos veces la distancia focal y la imagen es real, se puede proyectar en una pantalla, está invertida, es de menor tamaño que el objeto.

16. Un objeto se coloca a 10 cm de una lente convergente de 5 dioptrías. Calcula la posición de la imagen y el aumento lateral. Dibuja la trayectoria de los rayos luminosos.

Como la lente es convergente, la distancia focal imagen es:

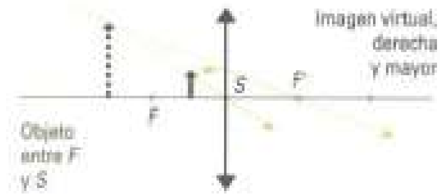
$$P = \frac{1}{f'};\ 5\,\text{dioptrías} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = 0{,}2\ m = 20\ cm$$

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes y como f’ = + 20 cm y s = - 10 cm, resulta que:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10\ \text{cm}} = \frac{1}{20\ \text{cm}} \Rightarrow s' = -20\ \text{cm}$$

Aplicando la ecuación del aumento lateral de una lente, se tiene que:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s};\ \frac{y'}{y} = \frac{-20\ \text{cm}}{-10\ \text{cm}} = 2$$

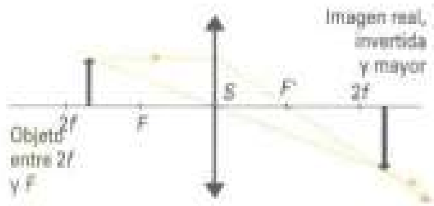


El objeto está colocado entre la distancia focal y la lente. La lente actúa como una lupa y la imagen es virtual, directa y más grande que el objeto.

17. Mediante una lente delgada de distancia focal f’ = 10 cm se quiere obtener una imagen de tamaño doble que el objeto. Calcula la posición del objeto en el caso de que la imagen se pueda proyectar en una pantalla. Comprueba gráficamente los resultados mediante el trazado de rayos.

Aplicando la ecuación del aumento lateral de una lente, y como las imágenes reales proporcionadas por las lentes convergentes siempre están invertidas respecto del objeto, se tiene que:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s};\ \frac{-2 \cdot y}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow s' = -2 \cdot s$$



Aplicando la ecuación fundamental de las lentes y como f’ = + 10 cm resulta que:

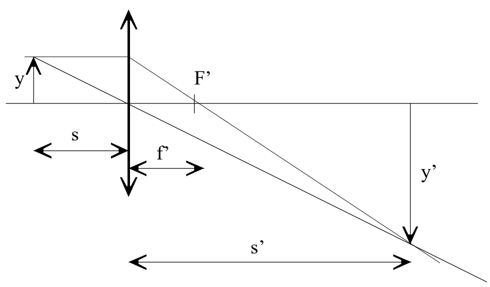
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{-2 \cdot s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{10\ \text{cm}} \Rightarrow s = -15\ \text{cm}$$

El objeto está colocado a 15 cm de la lente, a motad de camino entre la distancia focal y dos veces la distancia focal.

18. Un objeto luminoso está situado a una distancia de 4 m de una pantalla. Entre el objeto y la pantalla se coloca una lente esférica delgada, de distancia focal desconocida, que proporciona una imagen nítida de tamaño tres veces mayor que el del objeto. Determina la naturaleza de la lente y su posición respecto del objeto y de la pantalla. Calcula la distancia focal de la lente, su potencia óptica y efectúa la construcción geométrica de la imagen.

Si la imagen es real, se proyecta en una pantalla, la lente tiene que ser convergente con el objeto situado en entre dos veces la distancia focal y la distancia focal.

La distancia entre el objeto y la pantalla es igual a la suma de la distancia objeto, de signo negativo, y la distancia imagen. Además la imagen está invertida respecto del objeto.



$$\left.\begin{array}{l} -s + s' = 4\,\text{m} \\ \dfrac{y'}{y} = \dfrac{s'}{s} = -3 \end{array}\right\};\ \left.\begin{array}{l} -s + s' = 4\,\text{m} \\ s' = -3 \cdot s \end{array}\right\};\ -4 \cdot s = 4\ \text{m}$$

La posición del objeto es: s = - 1 m

Y la de la imagen es: s’ = 4 + s = 4 m + (- 1 m) = 3 m

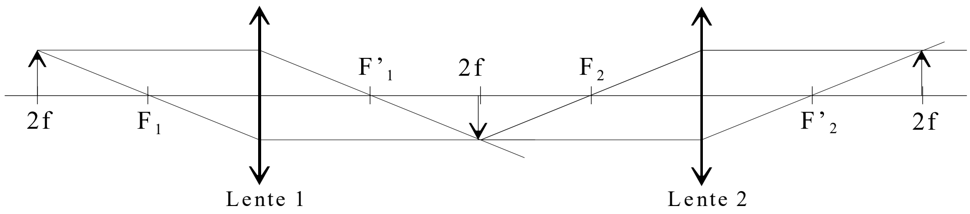
El objeto está a 1 m a la izquierda de la lente y la pantalla a 3 m a la derecha de la lente.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas, resulta que la distancia focal de la lente es:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{3\text{m}} - \frac{1}{-1\text{m}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{3}{4}\text{m} \quad \text{Y la potencia óptica: } P = \frac{1}{f'} = \frac{4}{3}\text{dioptrías}$$

19. Un sistema óptico está formado por dos lentes convergentes idénticas, de distancia focal f' = 10 cm y separadas por una distancia de 40 cm. Si a 20 cm de la primera lente se coloca un objeto de 3 cm de altura, calcula la posición y el tamaño de la imagen formada por el sistema de lentes. Construye el correspondiente diagrama de rayos que justifique la respuesta.

El objeto está situado a dos veces la distancia focal, 20 cm, de la primera lente, por lo que se forma una imagen real, invertida, del mismo tamaño que el objeto y situada a 2 · f = 20 cm de esta primera lente.

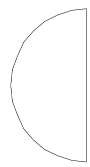


Esta imagen hace de objeto de la segunda lente, situado a una distancia de ella igual a dos veces su distancia focal, 20 cm, la imagen que se forma es real y situada a una distancia de 2 · f = 20 cm de esta segunda lente.

Por tanto, el efecto de las dos lentes es una imagen real, directa y del mismo tamaño que el objeto.

20. Una lente de 5 dioptrías de potencia está construida con un vidrio de índice de refracción iguala 1,5. Si una de las caras tiene un radio de curvatura de 10 cm, calcula el radio de curvatura de la otra cara y dibuja la forma de la lente.

La lente es una lente convergente ya que su potencia es positiva. Suponiendo que el radio de la primera cara es r_1 = + 0,10 m y aplicando la ecuación del constructor de lentes, resulta que:

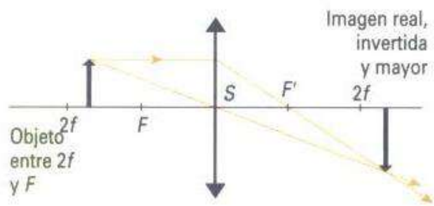


$$P = \frac{1}{f'} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right);\ 5\,\text{dioptrías} = (1{,}5 - 1) \cdot \left(\frac{1}{0{,}10\,\text{m}} - \frac{1}{r_2}\right) \Rightarrow \frac{1}{r_2} = 0 \Rightarrow r_2 = \infty$$

Luego la lente es plano convexa.

21. Una lente convergente está limitada por dos caras con radios de curvatura iguales y tiene una distancia focal de 50 cm. Con la lente se proyecta sobre una pantalla la imagen de un objeto de tamaño 5 cm. Calcula la distancia de la pantalla a la lente para que la imagen tenga un tamaño de 40 cm y determina el radio de curvatura de las caras.

Para que una lente convergente produzca una imagen real y mayor que el objeto, este hay que colocarlo a una distancia entre dos veces la distancia focal y el foco objeto de la lente.



Aplicando la ecuación del aumento lateral y como la imagen está invertida, resulta que:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s};\ \frac{-40\,\text{cm}y'}{5\ \text{cm}} = \frac{s'}{s}\ \Psi\ s = = -8 \cdot s$$

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes y como f' = + 50 cm, resulta que:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{-8s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{50\ \text{cm}} \Rightarrow s = -56{,}25\ \text{m}$$

Aplicando la ecuación del fabricante de lentes, y como los radios son iguales y de signo contrario, se tiene:

$$P = \frac{1}{f'} == \frac{1}{0{,}5\,\text{m}} = +2\,\text{dioptrías}$$

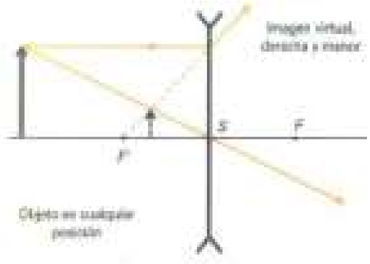
$$P = \frac{1}{f'} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right);\ 2\,\text{dioptrías} = (1{,}5 - 1) \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{-r}\right);\ 2\,\text{dioptría} = 0{,}5 \cdot \frac{2}{r} \Rightarrow r = 0{,}5\ \text{m} = 50\ \text{cm}$$

22. Un objeto de 3 mm de altura se coloca a 50 cm de una lente de – 6 dioptrías de potencia óptica. Calcula la posición y el tamaño de la imagen. Construye un diagrama con la trayectoria de los rayos luminosos.

La lente es divergente y su distancia focal imagen es: $P = \frac{1}{f'}; -6\,\text{dioptría} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = -\frac{1}{6}\text{m}$

La posición de la imagen se determina aplicando la ecuación fundamental de las lentes, teniendo en cuenta que s = - 0,5 m.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{-0{,}5\text{m}} = -\frac{6}{\text{m}} \Rightarrow s' = -0{,}125\ \text{m}$$



Aplicando la ecuación del aumento lateral de una lente, se tiene que:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s};\ \frac{y'}{3\ \text{mm}} = \frac{-0{,}125\ \text{m}}{-0{,}5\ \text{m}}\ \Psi\ y= = 0{,}75\ \text{mm}$$

La imagen es virtual, directa, de menor tamaño que el objeto y está situada a la izquierda de la lente.

23. Un coleccionista de sellos desea utilizar una lupa de distancia focal 5 cm para observar un ejemplar. Calcula la distancia a la que debe colocar los sellos respecto de la lente para obtener una imagen virtual diez veces mayor que el original.

Una lente convergente actúa como lupa cuando el objeto se coloca a una distancia de la lente menor que su distancia focal.

Aplicando la ecuación del aumento lateral de las lentes, se tiene la relación entre las distancias a las que están colocados el objeto y su imagen.

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s};\frac{10 \cdot y}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow s' = 10 \cdot s$$

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas resulta que:

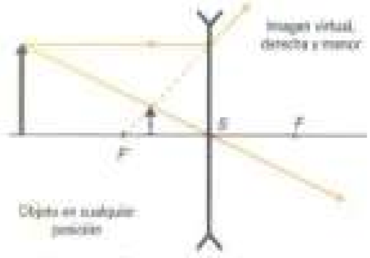
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{10 \cdot s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{5\,\text{cm}}$$

Despejando, el objeto hay que colocarlo a una distancia de: s = - 4,5 cm de la lente

24. Un objeto de 3 cm de tamaño se coloca a 80 cm de una lente divergente. Si la imagen se forma a 40 cm de la lente, calcula su potencia y el tamaño del objeto. Construye con diagrama con la trayectoria de los rayos luminosos.

Para cualquier posición del objeto una lente divergente forma una imagen virtual del mismo, luego está situada a la izquierda de la lente.

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes y como: s = - 80 cm y s' = - 40 cm, resulta que



$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'};\ \frac{1}{-40\,\text{cm}} - \frac{1}{-80\,\text{cm}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = -80\ \text{cm} = -0{,}8\ \text{m}$$

Su potencia es: $P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{-0{,}8\ \text{m}} = -1{,}25\ \text{dioptrías}$

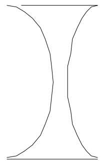
Aplicando la ecuación del aumento lateral de una lente, se tiene que:

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s};\ \frac{y'}{3\ \text{cm}} = \frac{-40\ \text{cm}}{-80\ \text{cm}}\ \Psi\ y= = 1{,}5\ \text{cm}$$

La imagen es virtual, directa, de menor tamaño que el objeto.

25. Una lente bicóncava, construida con un vidrio de índice de refracción igual a 1,8, está limitada por dos superficies esféricas de radios r_1 = 20 cm y r_2 = 40 cm. Si la lente está colocada en el aire calcula su potencia óptica.

Aplicando la ecuación del constructor de lentes y como r_1 = - 20 cm y r_2 = +40 cm, se tiene que su potencia óptica es:



$$P = \frac{1}{f'} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right); \; P = (1{,}8 - 1) \cdot \left(\frac{1}{-0{,}2\,m} - \frac{1}{0{,}4\,m}\right) = -6\,\text{dioptrías}$$

La lente es divergente.

26. Cuál es la potencia óptica y la distancia focal imagen del sistema óptico formado por una lente convergente, de 2 dioptrías de potencia optica, puesta en contacto con una lente divergente de – 6 dioptrías de potencia óptica.

La potencia óptica de ópticas de varias lentes puestas en contacto unas con otras es igual a la suma de las respectivas potencias.

$P_{conjunto} = P_1 + P_2$ = 2 dioptrías + (- 6 dioptrías) = - 4 dioptrías

La distancia focal imagen es el inverso de la potencia óptica.

$$f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{-4\,\text{dioptrias}} = -0{,}25\,m$$

27. El ojo normal se asemeja a un sistema óptico formado por una lente convergente, el cristalino, de + 15 mm de distancia focal. La imagen de un objeto lejano, situado en el infinito, se forma en la retina, que se considera como una pantalla perpendicular al eje óptico. Calcula la distancia entre la retina y el cristalino y la altura de la imagen de un árbol de 16 m de altura, que está a 100 m del ojo.

Una lente convergente forma la imagen de un objeto lejano en el plano focal imagen, por lo que para objetos lejanos la distancia entre el cristalino y la retina es igual a la distancia focal imagen, es decir: 15 mm.

Para una lente convergente se tiene que su aumento lateral es:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow y' = y\frac{s'}{s} = 16\,m\,\frac{15\,mm}{-100\,m} = -2{,}4\,mm$$

La imagen está invertida.

28. Uno de los defectos más comunes del ojo es la miopía. Explica en qué consiste este defecto e indica con qué tipo de lentes se corrige. Si un ojo miope es incapaz de ver nítidamente objetos situados a más de 0,5 m de distancia (punto remoto), ¿cuántas dioptrías tiene?

El ojo de una persona miope tiene excesiva convergencia y enfoca la luz procedente de los objetos lejanos delante de la retina. Los objetos lejanos se ven borrosos y se corrige con lentes divergentes.

Para corregir el defecto, las lentes que utilizará esa persona deben ser tales que las imágenes de los objetos situados muy lejos, s = + ∞, se formen en el punto remoto del ojo, s’ = - 0,5 m.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \; \frac{1}{-0{,}5\,m} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{f'} \; \Psi \; f = = -0{,}5\,m$$

La persona utilizará unas lentes divergentes con una potencia de: $P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{-0{,}5\,m} = -2\,\text{dioptrías}$