Actividades

1. Define los siguientes conceptos: dioptrio, eje óptico, radio de curvatura, imagen real y centro óptico.

Dioptrio: conjunto formado por dos medios transparentes, homogéneos e isótropos, con índices de refracción distintos, separados por una superficie.

Eje óptico: eje común de todos los dioptrios de un sistema óptico. También se denomina eje principal.

Radio de curvatura: radio de la superficie esférica a la que pertenece el dioptrio esférico.

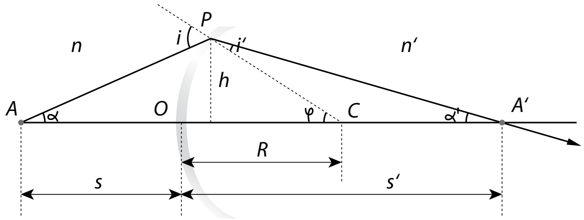
Imagen real: punto en el que se cortan los rayos que atraviesan un sistema óptico. No se ven a simple vista y pueden recogerse sobre una pantalla.

Centro óptico: es el punto de intersección del dioptrio esférico con el eje óptico.

2. Indica las características de las imágenes reales y de las imágenes virtuales.

Las imágenes virtuales no existen realmente, se ven y no pueden recogerse sobre una pantalla. Las imágenes reales no se ven a simple vista, pero pueden recogerse en una pantalla.

3. Averigua los signos de las siguientes magnitudes lineales en la Figura 10.3: *s*, *s'*, *R* y *h*.



Positivos: R, s', h.

Negativos: s

4. En la misma figura averigua los signos de los siguientes ángulos: α, α' y φ.

Positivos: φ, α'

Negativos: α

5. ¿Cuál es el signo del radio de curvatura del dioptrio si su centro de curvatura está situado a la izquierda del vértice del dioptrio?

El radio de curvatura es negativo.

6. En un dioptrio esférico convexo, las distancias focales objeto e imagen miden, respectivamente, –20 y 40 cm. Calcula:

***a)* El radio de curvatura del dioptrio.**

***b)* La posición de la imagen cuando el objeto se sitúa a 10 cm delante del vértice del dioptrio.**

***c)* El índice de refracción del segundo medio si el primero es el aire.**

a) $R = f + f' = -20 \text{ cm} + 40 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$

En efecto, como el dioptrio es convexo, el radio es positivo.

b) $\dfrac{f'}{s'} + \dfrac{f}{s} = 1; \qquad \dfrac{40 \text{ cm}}{s'} + \dfrac{-20 \text{ cm}}{-10 \text{ cm}} = 1; \qquad s' = -40 \text{ cm}$

La imagen se forma delante del dioptrio.

c) $\dfrac{f}{f'} = -\dfrac{n}{n'}; \qquad \dfrac{-20 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = -\dfrac{1}{n'}; \qquad n' = 2$

7. En un dioptrio esférico cóncavo de 10 cm de radio se sitúa un objeto de 2 cm de tamaño, 30 cm delante de la superficie de separación de los dos medios. Los índices de refracción son 1,0 y 1,5 para el primero y el segundo medio.

***a)* ¿Dónde se forma la imagen?**

***b)* ¿Cuál es el tamaño de la imagen?**

a) La posición de la imagen se obtiene mediante la ecuación:

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}; \qquad \frac{1{,}5}{s'} - \frac{1}{-30 \text{ cm}} = \frac{1{,}5 - 1}{-10 \text{ cm}}; \qquad s' = -18 \text{ cm}$$

Como la distancia imagen es negativa, la imagen se forma delante de la superficie del dioptrio.

b) El tamaño de la imagen se obtiene a partir de la fórmula del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{n s'}{n' s}; \qquad \frac{y'}{2 \text{ cm}} = \frac{1 \cdot (-18 \text{ cm})}{1{,}5 \cdot (-30 \text{ cm})}; \qquad y' = 0{,}8 \text{ cm}$$

La imagen es derecha y de menor tamaño que el objeto.

8. Una piscina tiene una profundidad de 2,50 m. ¿Cuál será su profundidad aparente? n_a = 1,33.

La profundidad aparente se obtiene a partir de la ecuación del dioptrio plano:

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s}; \qquad \frac{1}{s'} = \frac{1{,}33}{-2{,}5 \text{ m}}; \qquad s' = -1{,}88 \text{ m}$$

9. Un avión pasa a 275 m de altura sobre la superficie de un lago. ¿A qué distancia ve el avión un buceador?

Al aplicar la ecuación $\dfrac{s'}{s} = \dfrac{n'}{n}$ se obtiene:

$$\frac{s'}{275 \text{ m}} = \frac{1{,}33}{1}; \qquad s' = 366 \text{ m}$$

10. Un niño se coloca delante de un espejo plano a 30 cm de él.

***a)* ¿A qué distancia se forma la imagen?**

***b)* Si el espejo mide 65 cm y el niño, que ve todo su cuerpo, comprueba que sobran 10 cm de espejo por arriba y por debajo de su imagen, ¿cuál es la estatura del niño?**

***c)* ¿Qué tamaño tiene la imagen? ¿Es real o virtual?**

***d)* ¿Existe realmente la imagen? ¿Puede recogerse en una pantalla?**

a) La imagen se forma 30 cm detrás del espejo.

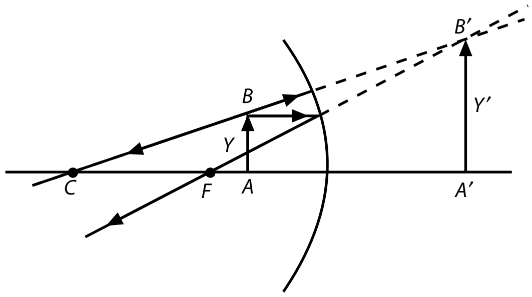
b) (65 cm – 10 cm – 10 cm) · 2 = 90 cm.

c) La imagen mide 90 cm, y es virtual.

d) No, porque las imágenes virtuales se ven pero no existen y, puesto que no existen, no pueden recogerse en pantallas.

11. ¿Cómo debe ser un espejo esférico para formar una imagen virtual mayor que el objeto?

Debe ser un espejo cóncavo, y el objeto debe estar situado entre el foco y el espejo.



12. Un objeto de 1,5 cm de altura se encuentra delante de un espejo esférico de 14 cm de radio, a 20 cm del vértice del espejo. ¿Dónde está situada la imagen y qué características tiene?

a) **El espejo es cóncavo.**

b) **El espejo es convexo.**

a) La posición de la imagen se obtiene a partir de la ecuación fundamental de los espejos esféricos:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{2}{R};\qquad \frac{1}{s'}+\frac{1}{-20\text{ cm}}=\frac{2}{-14\text{ cm}};\qquad s'=-11\text{ cm}$$

El tamaño de la imagen se obtiene a partir de la ecuación del aumento lateral:

$$M_L=\frac{y'}{y}=-\frac{s'}{s};\qquad \frac{y'}{1{,}5\text{ cm}}=-\frac{-11\text{ cm}}{-20\text{ cm}};\qquad y'=-0{,}8\text{ cm}$$

La imagen es real, invertida y de menor tamaño que el objeto.

b) Si el espejo es convexo, el problema es similar, pero el radio de curvatura es positivo.

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{-20\text{ cm}}=\frac{2}{14\text{ cm}};\qquad s'=5{,}2\text{ cm}$$

$$\frac{y'}{1{,}5\text{ cm}}=-\frac{5{,}2\text{ cm}}{-20\text{ cm}};\qquad y'=0{,}4\text{ cm}$$

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

13. Un espejo esférico de 50 cm de radio produce una imagen real cuyo tamaño es la mitad que el objeto. ¿De qué tipo es el espejo? ¿Dónde hay que colocar el objeto?

Como la imagen es real, el espejo es cóncavo y por tanto la imagen es invertida.

La posición del objeto se obtiene a partir de la Ecuación Fundamental de los Espejos Esféricos y del aumento lateral:

$$y'=-\frac{y}{2};\qquad M_L=\frac{y'}{y}=-\frac{s'}{s};\qquad \frac{\frac{-y}{2}}{y}=-\frac{s'}{s};\qquad s'=\frac{s}{2}$$

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{2}{R};\qquad \frac{2}{s}+\frac{1}{s}=\frac{2}{R};\qquad \frac{3}{s}=\frac{2}{-50\text{ cm}};$$

$s=-75$ cm

El objeto está situado a 75 cm del espejo, a una distancia igual a $3f$.

14. Situamos un objeto de 2,0 cm de altura a 15 cm de una lente de 5,0 dioptrías.

a) **Calcula la posición de la imagen.**

b) **¿Cuál es el aumento? ¿Qué tipo de imagen se forma?**

c) **Construye gráficamente la imagen.**

a) La distancia focal imagen es: $P=\frac{1}{f'}$; $f'=0{,}20$ m

Aplicamos la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'};\qquad \frac{1}{s'}+\frac{1}{-0{,}15\text{ m}}=\frac{1}{0{,}20\text{ m}};\qquad s'=-0{,}60\text{ m}$$

b) El aumento es: $M_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}=\frac{-0{,}60\text{ m}}{-0{,}15}=4{,}0$

La imagen es cuatro veces mayor que el objeto, es derecha y virtual.

c) La construcción gráfica es semejante a la Figura 10.37 del libro de texto.

15. Mediante una lente delgada de focal $f'=10$ cm se quiere obtener una imagen de tamaño doble que el objeto. Calcula la posición donde debe colocarse el objeto si la imagen debe ser real e invertida.

Como el tamaño de la imagen es el doble que el del objeto y la imagen es real e invertida, se cumple:

$$M_L=\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s}=-2;\qquad s'=-2s$$

De la ecuación fundamental de las lentes delgadas se obtiene:

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

16. Cierta lente delgada de distancia focal 6 cm genera, de un objeto real, una imagen derecha y menor, de 1 cm de altura, y situada a 4 cm ala izquierda del centro óptico. Determina la posición y el tamaño del objeto, el tipo de lente y realiza su diagrama de rayos.

La lente es divergente porque estas lentes siempre producen imágenes virtuales menores que el objeto. Las lentes convergentes solo producen imágenes virtuales cuando el objeto está dentro de la distancia focal, pero son mayores que el objeto.

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'};\qquad \frac{1}{-4\text{ cm}}-\frac{1}{s}=\frac{1}{-6\text{ cm}};\qquad s=-12\text{ cm}$$

$$\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s};\qquad \frac{1\text{ cm}}{y}=\frac{-12\text{ cm}}{-4\text{ cm}}=y=3\text{ cm}$$

El diagrama de rayos es semejante al de la Figura 10.38 del libro de texto.

17. Se dispone de una lente convergente (lupa) de distancia focal $f=5{,}0$ cm, que se utiliza para mirar sellos. Calcula

la distancia a la que hay que situar los sellos respecto de la lente si se quiere obtener una imagen virtual diez veces mayor que el objeto.

El objeto debe situarse entre el foco y la lente, para conseguir una imagen virtual, derecha y mayor que el objeto.

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = 10 \qquad s' = 10\,s$$

La distancia objeto se obtiene a partir de la Ecuación fundamental de las lentes:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \qquad \frac{1}{10\,s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{5{,}0\text{ cm}}; \quad s = -4{,}5\text{ m}$$

18. **¿Qué defectos presentan los ojos de una persona a la que el oftalmólogo graduó así:**

    Ojo derecho: Esférico (2,5), Cilíndrico (–1,25).

    Ojo izquierdo: Esférico (1,75); Cilíndrico (–0,50).

    Hipermetropía (lentes esféricas convergentes) y astigmatismo (lentes cilíndricas).

19. **Calcula la potencia de la lente que se debe emplear para corregir la miopía de un ojo cuyo punto remoto está situado a 50 cm.**

    La imagen de los objetos situados en el infinito debe formarse a 50 cm del ojo; por tanto, de acuerdo con el convenio de signos: $s = -\infty$; $s' = -50$ cm:

    $$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \qquad \frac{1}{-50\text{ cm}} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{f'}; \quad f' = -50\text{ cm};$$

    $$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{-0{,}5\text{ cm}} = -2\text{ D}$$

20. **¿Cuál es la potencia de un ojo normal que forma la imagen de un objeto situado en el infinito en la retina? La retina está situada a unos 2,5 cm del centro óptico del ojo.**

    La distancia focal imagen es igual a 2,5 cm = 0,025 m

    Potencia de la lente: $P = \dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{0{,}025\text{ m}} = 40\text{ D}$

Ciencia, tecnología y sociedad

1. **¿Por qué en los telescopios no se persigue conseguir grandes aumentos?**

   Como los astros observados son tan lejanos, aunque el aumento fuera muy grande seguirían viéndose como puntos de luz.

2. **¿Qué ventajas presentan los telescopios espaciales respecto a los terrestres?**

   La atmósfera terrestre absorbe parte de la radiación que llega del espacio, y no se ven afectados por factores meteorológicos o por la contaminación lumínica.

3. **¿Por qué los radiotelescopios tienen un plato que no está fabricado con espejos?**

   Porque las ondas de radio tienen longitudes de onda mucho mayores que la luz.

4. **¿Por qué los platos de los radiotelescopios son tan grandes?**

   Para poder recibir mayor cantidad de radiación del espacio.

Problemas propuestos

Dioptrio esférico

1. **Calcula las distancias focales de un dioptrio esférico convexo de 10 cm de radio en el que los índices de refracción de los dos medios transparentes son 1,0 y 1,6, respectivamente.**

   Las distancias focales objeto e imagen son las siguientes:

   $$f = -R\,\frac{n}{n' - n} = -10\text{ cm} \cdot \frac{1}{1{,}6 - 1} = -17\text{ cm}$$

   $$f' = R\,\frac{n'}{n' - n} = 10\text{ cm} \cdot \frac{1{,}6}{1{,}6 - 1} = 27\text{ cm}$$

2. **Determina en un dioptrio esférico cóncavo de 15 cm de radio la posición de la imagen de un objeto de 1 cm de tamaño, situado 20 cm delante de la superficie de separación de los dos medios. ¿Cuál es el tamaño de la imagen? Los índices de refracción del primer y segundo medio son 1,33 y 1,54, respectivamente.**

   La posición de la imagen se obtiene a partir de la ecuación fundamental del dioptrio esférico:

   $$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}; \qquad \frac{1{,}54}{s'} - \frac{1{,}33}{-20\text{ cm}} = \frac{1{,}54 - 1{,}33}{-15\text{ cm}};$$

   $s' = -19$ cm

   El tamaño de la imagen se obtiene a partir del aumento lateral:

   $$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{n\,s'}{n'\,s}; \qquad \frac{y'}{1\text{ cm}} = \frac{1{,}33 \cdot (-19\text{ cm})}{1{,}54 \cdot (-20\text{ cm})}; \qquad y' = 0{,}8\text{ cm}$$

Dioptrio plano

3. **En el fondo de una jarra llena de agua (*n* = 1,33) hasta una altura de 20 cm se encuentra una moneda. ¿A qué profundidad aparente se encuentra ésta?**

   La profundidad aparente se obtiene a partir de la ecuación: $\dfrac{n'}{s'} = \dfrac{n}{s}$

   $$\frac{1}{s'} = \frac{1{,}33}{-20\text{ cm}}; \qquad s' = -15\text{ cm} = -0{,}15\text{ m}$$

4. **En el fondo de un estanque lleno de agua (*n* = 1,33), con una profundidad de 1,4 m, se encuentra una pequeña piedra.**

   a) **¿A qué distancia de la superficie del agua se ve la piedra?**

   b) **¿Cómo es el tamaño de la imagen?**

   a) Al aplicar la ecuación del dioptrio plano, resulta:

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s}; \qquad \frac{1}{s'} = \frac{1{,}33}{-1{,}4 \text{ m}}; \qquad s' = -1{,}05 \text{ m}$$

b) La imagen tiene el mismo tamaño que el objeto.

5. Un pescador se encuentra sobre su barca, a una altura sobre la superficie del lago de 2 m, y un pez nada 30 cm por debajo de la superficie, en la vertical del pescador. ¿A qué distancia ve el pescador al pez? El índice de refracción del agua es 1,33.

La profundidad aparente a la que se encuentra el pez es:

$$\frac{s'}{s} = \frac{n'}{n}; \qquad \frac{s'}{-30 \text{ cm}} = \frac{1}{1{,}33}; \qquad s' = -22{,}6 \text{ cm}$$

Para el pescador, el pez se encuentra a una distancia total de 2,2 m.

Espejos

6. Un objeto de 0,5 m de altura se coloca delante de un espejo plano y a 40 cm de él.

***a)* ¿A qué distancia del espejo se forma la imagen?**

***b)* ¿Qué tamaño tiene la imagen?**

a) $s' = -s = -(-40 \text{ cm}) = 40 \text{ cm}$

b) $y' = y = 0{,}5 \text{ m}$

7. ¿Puede existir un espejo esférico que forme una imagen cuya distancia al espejo sea negativa y el aumento lateral positivo?

Como la imagen debe ser real, el espejo debería ser cóncavo, pero estos espejos nunca forman imágenes derechas que sean reales; por tanto, ningún espejo esférico puede formar una imagen con esas características.

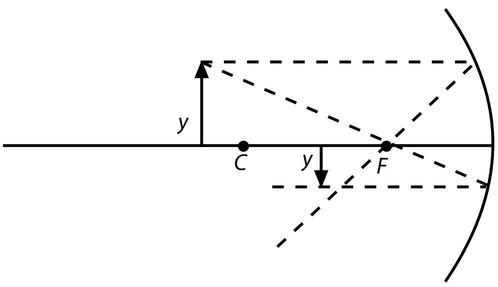
8. Delante de un espejo esférico cóncavo cuyo radio de curvatura es de 40 cm se sitúa un objeto de 2,5 cm de altura, perpendicularmente al eje óptico del espejo, y a 50 cm del vértice del mismo.

***a)* Construye la imagen gráficamente.**

***b)* ¿Cuál es la distancia focal del espejo?**

***c)* Calcula la posición y el tamaño de la imagen.**

a)



b) La diferencia focal es la mitad del radio de curvatura.

$$f = \frac{R}{2} = \frac{-40 \text{ cm}}{2} = -20 \text{ cm}$$

c) La posición s' de la imagen se obtiene de la ecuación de los espejos esféricos:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}; \qquad \frac{1}{s'} + \frac{1}{-50 \text{ cm}} = \frac{2}{-40};$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{20 \text{ cm}} + \frac{1}{50 \text{ cm}}; \quad \text{De donde } s' = 33{,}3 \text{ cm.}$$

El tamaño se obtiene a partir de la fórmula del aumento lateral:

$$\frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s}; \; y' = \frac{-s'\,y}{s} = \frac{33{,}3 \text{ cm} \cdot 2{,}5 \text{ cm}}{-50 \text{ cm}} = -1{,}7 \text{ cm}$$

Es invertida y menor que el objeto.

9. Delante de un espejo esférico convexo cuyo radio de curvatura es de 15 cm se sitúa un objeto de 1,4 cm de altura, a 22 cm del vértice del mismo. Averigua la posición y las características de la imagen.

La posición de la imagen se obtiene a partir de la ecuación fundamental de los espejos esféricos, y su tamaño al aplicar la fórmula del aumento lateral:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}; \qquad \frac{1}{s'} + \frac{1}{-22 \text{ cm}} = \frac{2}{15 \text{ cm}}; \quad s' = 5{,}6 \text{ cm}$$

$$\frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}; \qquad \frac{y'}{1{,}4 \text{ cm}} = \frac{5{,}6 \text{ cm}}{-22 \text{ cm}}; \qquad y' = 0{,}36 \text{ cm}$$

10. ¿A qué distancia de un espejo convexo debe colocarse un lápiz para que el tamaño de la imagen sea la mitad del tamaño de este? El radio de curvatura del espejo es de 30 cm.

De acuerdo con el enunciado, se cumple $y' = \frac{y}{2}$. A partir de la ecuación fundamental de los espejos esféricos y del aumento lateral, se obtiene la distancia objeto s:

$$\frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}; \qquad \frac{\frac{y}{2}}{y} = -\frac{s'}{s}; \qquad s' = -\frac{s}{2}$$

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}; \qquad \frac{1}{-\frac{s}{2}} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}; \qquad s = -\frac{R}{2} = \frac{-30 \text{ cm}}{2} = -15 \text{ cm}$$

11. Cierto espejo colocado a 2 m de un objeto produce una imagen derecha y de tamaño tres veces mayor que el objeto. ¿El espejo es convexo o cóncavo? ¿Cuánto mide el radio de curvatura del espejo?

El espejo es cóncavo. Los espejos convexos forman imágenes virtuales, derechas y de menor tamaño que el objeto.

$$M_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}; \qquad 3 = -\frac{s'}{-2 \text{ m}}; \qquad s' = 6 \text{ m}$$

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}; \quad \frac{1}{6 \text{ m}} + \frac{1}{-2 \text{ m}} = \frac{2}{R}$$

$R = -6$ m (espejo cóncavo: $R < 0$)

12. ¿Se puede distinguir al tacto una lente convergente de una divergente?

Las lentes convergentes son más gruesas en el centro que en los bordes. En las lentes divergentes ocurre lo contrario.

13. Indica las características de la imagen formada por una lente si la distancia imagen es positiva.

Como la distancia imagen es positiva, la imagen es real y, además será invertida.

14. ¿Qué distancia focal imagen tiene una lente de −5,5 dioptrías? ¿Cuánto vale su distancia focal objeto?

$$P = \frac{1}{f'}; \qquad f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{-5{,}5\ \text{m}^{-1}} = -0{,}18\ \text{m}; \qquad f = -f' = 0{,}18\ \text{m}$$

15. ¿Por qué los rayos que pasan por el centro óptico de una lente no se desvían?

Porque en este caso la lente se comporta, aproximadamente, como si fuera una lámina delgada de caras planas y paralelas.

16. Un objeto de 2,0 cm de altura se sitúa a 25 cm del centro óptico de una lente de 40 cm de distancia focal.

***a)* Calcula la posición y el tamaño de la imagen, tanto si la lente es convergente como si es divergente.**

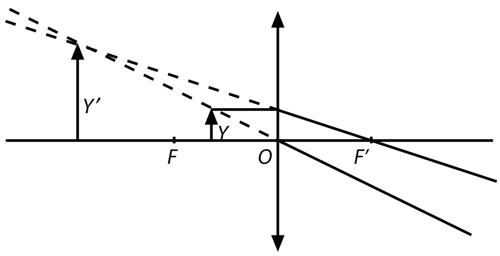
***b)* Construye la imagen gráficamente en ambos casos.**

a) La posición y el tamaño de la imagen se calculan mediante la ecuación fundamental de las lentes delgadas y la del aumento lateral:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \qquad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-25\ \text{cm}} = \frac{1}{40\ \text{cm}}; \qquad s' = -67\ \text{cm}$$

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}; \qquad \frac{y'}{2\ \text{cm}} = \frac{-67\ \text{cm}}{-25\ \text{cm}}; \qquad y' = 5{,}4\ \text{cm}$$

b) La imagen es virtual, derecha y mayor que el objeto.

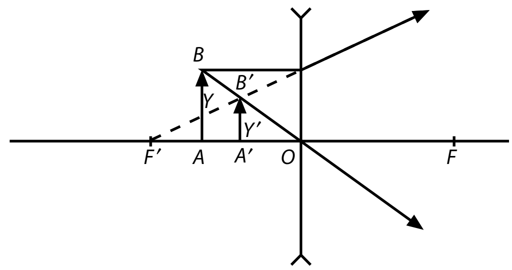


La posición y el tamaño de la imagen son:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \qquad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-25\ \text{cm}} = \frac{1}{-40\ \text{cm}}; \qquad s' = -15\ \text{cm}$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}; \qquad \frac{y'}{1\ \text{cm}} = \frac{-15\ \text{cm}}{-25\ \text{cm}}; \qquad y' = 1{,}2\ \text{cm}$$

b) La imagen es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.



17. Determina la distancia focal de una lente biconvexa delgada de índice de refracción *n* = 1,5 y cuyos radios de curvatura son 5 y 4 cm, respectivamente. Si se sitúa un objeto de 8 mm delante de la lente, a 10 cm de la misma, ¿cuáles son las características de la imagen que se forma?

La distancia focal imagen es la siguiente:

$$\frac{1}{f'} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = (1{,}5-1)\cdot\left(\frac{1}{5\ \text{cm}} - \frac{1}{-4\ \text{cm}}\right);$$

$$f' = 4{,}4\ \text{cm}$$

Posición y tamaño de la imagen:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \qquad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10\ \text{cm}} = \frac{1}{4{,}4\ \text{cm}}; \qquad s' = 7{,}9\ \text{cm}$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}; \qquad \frac{y'}{8\ \text{mm}} = \frac{7{,}9\ \text{cm}}{-10\ \text{cm}}; \qquad y' = -6{,}3\ \text{mm}$$

La imagen es real, invertida y de menor tamaño que el objeto.

18. ¿A qué distancia de una lente delgada de 5,0 dioptrías hay que colocar un objeto para obtener de él una imagen virtual de tamaño doble?

Como la potencia de la lente es positiva, y además la imagen es virtual y de mayor tamaño que el objeto, la lente es convergente, y el objeto debe estar situado dentro de la distancia focal de la lente. Por tanto, la imagen será derecha.

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = 2 \qquad y' = 2y\ ;\ s' = 2s$$

La distancia objeto se obtiene a partir de la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} = P\ ; \qquad \frac{1}{2s} - \frac{1}{s} = P\ ;\ s = \frac{-1}{2P} = \frac{-1}{2\cdot 5{,}0\ D} =$$

$$= -0{,}1\ \text{m} = -10\ \text{cm}$$

En efecto, el objeto está situado entre el foco y la lente, pues la distancia focal de la lente es:

$$P = \frac{1}{f'}; \quad f' = \frac{1}{5{,}0\ \text{m}^{-1}} = 0{,}20\ \text{m} = 20\ \text{cm}$$

19. Un objeto luminoso 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:

***a)* Determina la naturaleza de la lente, así como su posición respecto del objeto y de la pantalla.**

b) **Calcula la distancia focal, la potencia de la lente y efectúa la construcción geométrica de la imagen.**

a) La imagen es real, ya que se recoge sobre una pantalla y además es de mayor tamaño que el objeto; por tanto, la lente es convergente y la imagen ha de estar invertida.

Como la imagen es tres veces mayor que el objeto y está invertida: $s' = -3s$

La distancia del objeto a la imagen son 4 m: $|s'| + |s| = |-3s| + |s| = 4$ m ; $|s| = 1$ m

Por tanto, la lente está situada a 1 m del objeto y a 3 m de la pantalla.

b) La distancia focal imagen se obtiene a partir de la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \qquad \frac{1}{3\text{ m}} - \frac{1}{-1\text{ m}} = \frac{1}{f'}\text{ ; } f' = 0{,}75\text{ m}$$

Potencia de la lente: $P = \dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{0{,}75\text{ m}} = 1{,}3$ D

La construcción geométrica es semejante a la Figura 10.35, con el objeto situado entre las distancias f y $2f$.

20. Un proyector de diapositivas produce una imagen nítida sobre una pantalla colocada a 5 m del proyector. Sabiendo que la diapositiva está colocada a 2 cm de la lente del proyector, calcula la potencia de la lente y el aumento lateral conseguido.

La imagen es real, puesto que se recoge en una pantalla; por tanto, la lente del proyector es convergente y su potencia es positiva.

La ecuación general de las lentes delgadas permite calcular la potencia de la lente:

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

$$P = \frac{1}{5\text{ m}} - \frac{1}{-0{,}02\text{ m}}; \qquad P = 50\text{ D}$$

El aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{5\text{ m}}{0{,}02\text{ m}} = -250$$

La imagen es invertida (signo negativo del aumento lateral) y su tamaño es 250 veces mayor que el objeto.

21. Una lente convergente forma una imagen derecha y de tamaño doble de un objeto real. Si la imagen queda a 60 cm de la lente, ¿cuál es la distancia del objeto a la lente y la distancia focal de la lente?

Como la imagen es derecha, también es virtual y la distancia imagen negativa: $s' = -60$ *cm*

Como la imagen es de tamaño doble que el objeto: $= \dfrac{s'}{s} = 2$; $s = -30$ cm

El objeto está situado 30 cm delante de la lente.

La distancia focal es: $\dfrac{1}{s'} - \dfrac{1}{s} = \dfrac{1}{f'}$; $\dfrac{1}{-60\text{ cm}} - \dfrac{1}{-30\text{ cm}} = \dfrac{1}{f'}$;

$f' = -60$ *cm*

22. ¿Cuál es la potencia de un sistema óptico formado por una lente divergente de 3,5 dioptrías en contacto con otra convergente de 1,3 dioptrías? ¿Cuál es la distancia focal imagen del sistema?

$P = P_1 + P_2 = -3{,}5 + 1{,}3 = -2{,}2$ D

$$P = \frac{1}{f'}; \qquad f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{-2{,}2\text{ m}^{-1}} = -0{,}45\text{ m}$$

23. ¿Qué defectos tienen los ojos de una persona a la que el oftalmólogo graduó así?

	Esférico	**Cilíndrico**
Ojo derecho	**−2,5**	**−0,75**
Ojo izquierdo	**−3,75**	**−0,50**

Miopía, por tener valores de lentes correctoras esféricas con potencia negativa (lentes divergentes) y astigmatismo, por necesitar corrección cilíndrica.

24. ¿Qué lentes correctoras deben utilizarse para corregir la hipermetropía de un ojo cuyo punto próximo está situado a 1,4 m? El punto próximo de una persona con visión normal es 25 cm.

Precisa una lente que, de un objeto situado a 25 cm, forme la imagen a una distancia de 1,4 m.

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

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1{,}4\text{ m}} - \frac{1}{-0{,}25\text{ m}}; \qquad P = 3{,}3\text{ D}$$

25. Calcula la potencia de la lente utilizada para corregir la miopía de un ojo cuyo punto remoto está situado a 40 cm.

La imagen de los objetos situados en el infinito debe formarse a 40 cm del ojo; por tanto, de acuerdo con el convenio de signos: $s = -\infty$; $s' = -$ 40 cm:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}\text{ ; } = \frac{1}{-40\text{ cm}} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{f'}\text{ ; } f' = -40\text{ cm ;}$$

$$P = \frac{1}{f'} = \frac{1}{-0{,}4\text{ m}} = -2{,}5\text{ D}$$

26. 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 (en el infinito) se forma sobre la retina. Calcula:

a) **La distancia entre la retina y el cristalino.**

b) **La altura de la imagen de un árbol de 16 m de altura, que está a 100 m del ojo.**

a) La imagen de un objeto situado en el infinito se forma en el foco imagen; por tanto, la distancia entre la retina y el cristalino es la distancia focal: 15 mm.

b) La altura de la imagen se obtiene a partir del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} - \frac{s'}{s} = \frac{0{,}015\text{ cm}}{-100\text{ cm}} = -1{,}5\cdot 10^{-4}\text{ m ; } y' = -1{,}5\cdot 10^{4}\text{ m .}$$

$\cdot$ 16 m = −2,04 mm

27. Un panel solar de 1 m² de superficie posee lentes de 17,6 cm de distancia focal para concentrar la luz en las células

fotoeléctricas, hechas de silicio. En un determinado momento la radiación solar incide con una intensidad de 1000 W/m². Calcula la potencia de las lentes y el número de fotones que inciden sobre el panel durante 1 minuto. Datos: $f = 5{,}00 \cdot 10^{14}$ Hz, $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J s.

La potencia es: $P = \dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{0{,}176 \text{ m}} = 5{,}68$ D

La energía de un fotón es:

$E = h\,f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 5{,}00 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 3{,}31 \cdot 10^{-19}$ J

En 1 minuto llega al panel una energía:

$E = I\,S\,t = 1000 \text{ W/m}^2 \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 60 \text{ s} = 60 \cdot 10^3$ J

Número de fotones:

$N = 60 \cdot 10^3 \text{ J}/\ 3{,}31 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1{,}81 \cdot 10^{23}$ fotones

28. Un espejo esférico convexo, que actúa de retrovisor de un automóvil parado, proporciona una imagen virtual de un vehículo que se aproxima con velocidad constante. El tamaño de la imagen es $\dfrac{1}{20}$ del tamaño real del vehículo cuando este se encuentra a 10 m del espejo. Calcula:

a) **El radio de curvatura del espejo.**

b) **La posición de la imagen formada.**

c) **Si dos segundos después la imagen observada en el espejo se ha duplicado, ¿a qué distancia del espejo se encuentra ahora el vehículo?**

d) **¿Cuál es la velocidad del vehículo?**

a) $\dfrac{y'}{y} = -\dfrac{s'}{s}; \qquad \dfrac{1}{20} - \dfrac{s'}{-10 \text{ m}}; \qquad s' = 0{,}5$ m

$\dfrac{1}{s'} + \dfrac{1}{s} = \dfrac{2}{R}; \qquad \dfrac{1}{0{,}5 \text{ m}} + \dfrac{1}{-10 \text{ m}} = \dfrac{2}{R}; \qquad R = 1{,}05$ m

b) $s' = 0{,}5$ m

c) Si la imagen se duplica: $M_L = \dfrac{1}{10}$

$M_L = -\dfrac{s'}{s}; \qquad \dfrac{1}{10} = -\dfrac{s'}{s}$

$\dfrac{1}{s'} + \dfrac{1}{s} = \dfrac{2}{R}; \qquad \dfrac{1}{s'} + \dfrac{1}{s} = \dfrac{2}{1{,}05}$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, se obtiene:

$s = -4{,}7$ m

d) $v = \dfrac{e}{t} = \dfrac{10 \text{ m} - 4{,}7 \text{ m}}{2\,s} = 2{,}6 \text{ m s}^{-1}$

29. ¿Qué tamaño tiene la imagen de la Luna observada mediante una lente convergente de distancia focal igual a 40 cm? Diámetro de la Luna, 3 640 km. (Distancia de la Luna a la Tierra, 380 000 km.)

La imagen de la Luna se forma en el foco imagen:

$M_L = \dfrac{y'}{y} = \dfrac{s'}{s}; \ \dfrac{y}{3\,640 \text{ km}} = \dfrac{4 \cdot 10^{-4} \text{ km}}{3{,}8 \cdot 10^5 \text{ km}}$

$y' = 3{,}8 \cdot 10^{-6} \text{ km} = 3{,}8$ mm

30. Una de las lentes de las gafas de un miope tiene -4,0 D de potencia.

a) **Calcula la distancia focal imagen de la lente.**

b) **Determina el índice de refracción del material que forma la lente sabiendo que la velocidad de la luz en su interior es el 65% de la velocidad en el vacío.**

c) **Halla la posición de la imagen virtual vista a través de la lente de un objeto situado a 2,0 m de la lente.**

a) Distancia focal imagen: $P = \dfrac{1}{f'}; \ f' = \dfrac{1}{-4{,}0 \text{ m}^{-1}} = -25$ cm

b) $n = \dfrac{c}{v} = \dfrac{1}{0{,}65} = 1{,}5$

c) Posición de la imagen: $\dfrac{1}{s'} - \dfrac{1}{s} = \dfrac{1}{f'}; \ \dfrac{1}{s'} = \dfrac{1}{-2{,}0 \text{ m}} =$

$= \dfrac{1}{-0{,}25 \text{ m}}; \ s' = -0{,}22$ m

31. Un sistema óptico centrado está formado por dos lentes delgadas convergentes de igual distancia focal ($f' = 10$ cm) separadas 40 cm. Un objeto de 1 cm de altura se coloca delante de la primera lente a una distancia de 15 cm, perpendicularmente al eje óptico. Determina:

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 gráfica.**

a) La posición de la imagen formada por la primera lente se obtiene a partir de la ecuación general de las lentes delgadas:

$\dfrac{1}{s_1'} - \dfrac{1}{s_1} = \dfrac{1}{f_1'}; \qquad \dfrac{1}{s_1'} - \dfrac{1}{-15 \text{ cm}} = \dfrac{1}{10 \text{ cm}}; \qquad s_1' = 30$ cm

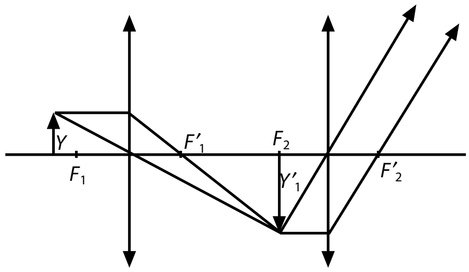
Como esta distancia imagen es positiva, la imagen intermedia es real. El tamaño de esta imagen se obtiene a partir de la ecuación del aumento lateral:

$M_L = \dfrac{y_1'}{y_1} = \dfrac{s_1'}{s_1}; \qquad \dfrac{y_1'}{1 \text{ cm}} = \dfrac{30 \text{ cm}}{-15 \text{ cm}}; \qquad y_1' = -2$cm

El signo negativo indica que la imagen es invertida. Su tamaño es mayor que el del objeto.

b) Como la distancia entre ambas lentes es de 40 cm y la imagen intermedia se forma 30 cm a la derecha de la primera lente, la imagen intermedia está situada a 10 cm de la segunda lente, es decir, en el plano focal objeto de esta lente. Por tanto, la imagen final se formará en el infinito.

Construcción gráfica:



32. Demuestra experimental y gráficamente la propagación rectilínea de la luz mediante un juego de prismas que conduzcan un haz de luz desde el emisor hasta una pantalla.

Coloca en un banco óptico un foco luminoso y a continuación una lente convergente para concentrar la luz sobre un diafragma de una ranura en posición vertical. Al final sitúa una pantalla opaca, y a lo largo del banco óptico diversos prismas ópticos de reflexión interna total.

El ángulo límite para el tipo de vidrio más común es de unos 42, lo que permite fabricar prismas de vidrio de reflexión interna total. Para ángulos de incidencia de 45, según la posición del prisma, se puede obtener un cambio de dirección de 90 o un cambio de sentido (180).

Colocando los prismas en distintas posiciones se puede guiar el haz de luz hasta la pantalla por diferentes trayectorias rectilíneas. Si se coloca un papel blanco a lo largo del banco óptico se puede dibujar la trayectoria rectilínea del haz de luz.