

12

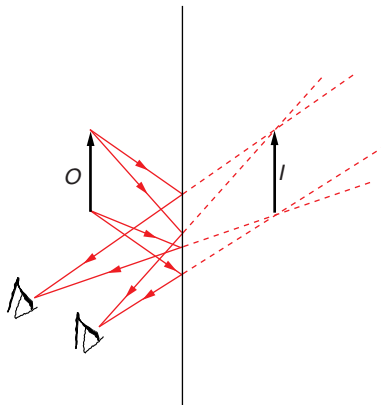
ÓPTICA GEOMÉTRICA

CUESTIONES

1. La imagen de un objeto que se refleja en un espejo plano será:

- a) Real, invertida y más pequeña.
- b) Virtual, invertida y del mismo tamaño.
- c) Real, derecha y del mismo tamaño.
- d) Virtual, derecha y del mismo tamaño.
- e) Virtual, derecha y más pequeña.

La imagen de un objeto que se forma tras reflejarse dicho objeto en un espejo plano es:



- Del mismo tamaño: la altura objeto y la altura imagen son iguales.
- Derecha: el objeto no se ve boca abajo; la imagen no está invertida.
- Virtual: La imagen se forma al hacer concurrir en un punto al otro lado del espejo rayos que divergen tras reflejarse en el espejo.

La respuesta correcta es **d**).

NOTA: No debemos confundir imagen "invertida" con imagen "girada". Una imagen invertida está boca abajo, mientras que una imagen girada es la que tiene la izquierda y la derecha cambiadas.

2. ¿Qué se entiende por foco y distancia focal en un espejo cóncavo y en uno convexo?

La distancia focal en el espejo es única, y coincide, en valor y signo, con la mitad del radio de curvatura:

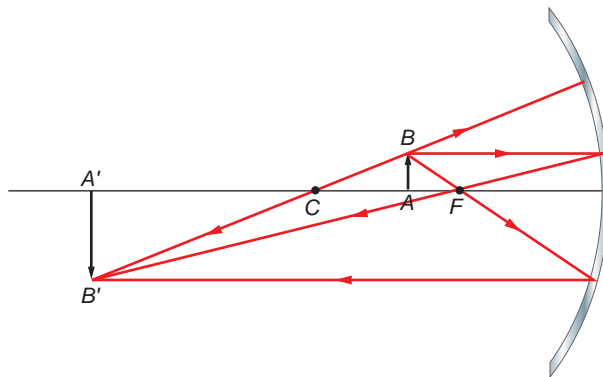
$$f = f' = \frac{R}{2}$$

El foco es el punto donde se forma la imagen de los rayos que inciden paralelos al eje, y la distancia focal es la existente entre este y el espejo.

Si el espejo es cóncavo, la distancia focal y el radio de curvatura son negativos, y si es convexo, son positivos.

3. Explica gráficamente la formación de la imagen en un espejo cóncavo cuando el objeto se encuentra entre el foco y el centro de curvatura.

En el caso que propone el enunciado, la imagen que se obtiene es real, invertida y de mayor tamaño que el objeto, como se muestra en la ilustración:

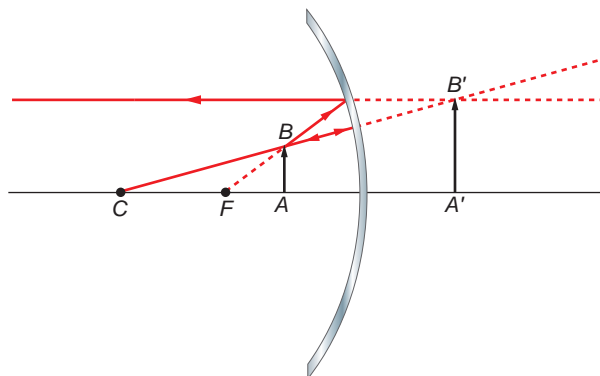


4. Realizando las construcciones gráficas oportunas, deduce qué características tiene la imagen que se forma en un espejo cóncavo esférico cuando el objeto se halla:

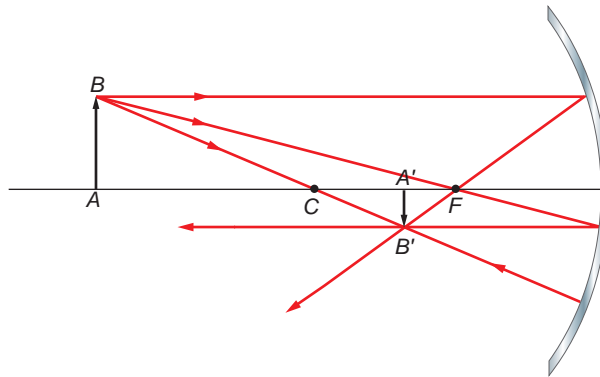
a) Entre el foco y el vértice del espejo.

b) A una distancia mayor que el radio de curvatura del espejo.

a) La imagen que se forma es virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto, como se muestra a continuación:



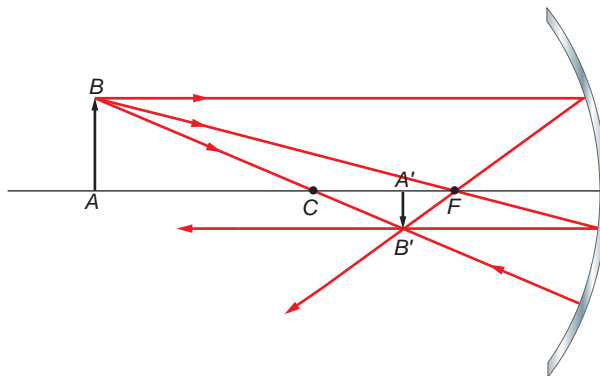
b) Cuando el objeto se halla a una distancia mayor que el radio de curvatura del espejo, la imagen que se forma es real, invertida y de menor tamaño que el objeto:



5. ¿En qué condiciones producirá un espejo cóncavo una imagen derecha? ¿Una imagen virtual? ¿Una imagen menor que el objeto? ¿Mayor que el objeto? Incluye en la resolución los diagramas o esquemas oportunos.

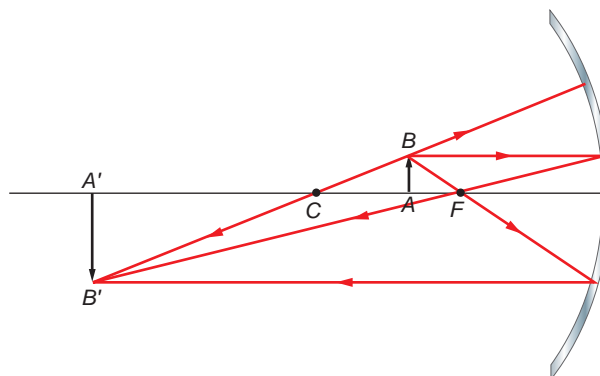
Dependiendo de dónde coloquemos el objeto, las imágenes que puede formar un espejo cóncavo pueden ser como las que se muestran a continuación:

a) Objeto situado a una distancia superior al radio de curvatura:



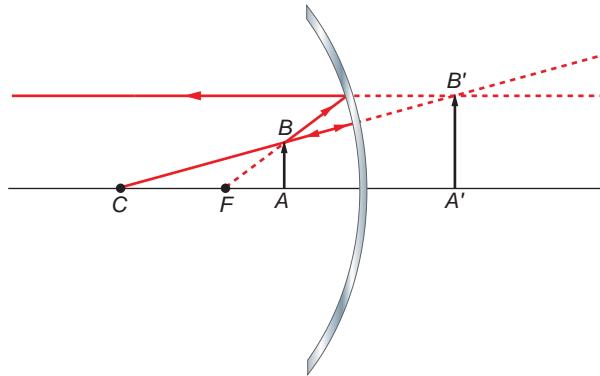
La imagen que se forma es real, invertida y de menor tamaño que el objeto.

b) Objeto situado entre el foco y el centro de curvatura:



La imagen que se forma es real, invertida y de mayor tamaño que el objeto.

c) Objeto situado entre el foco y el espejo:



La imagen que se forma es virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto.

Por tanto:

- Se formará una imagen virtual y derecha en el caso **c**).
- La imagen será menor que el objeto en el caso **a**).
- La imagen será mayor que el objeto en los casos **b**) y **c**).

6. Di si es cierto o falso y razona la respuesta: “La imagen que se obtiene con un espejo convexo es siempre real y mayor que el objeto”.

Falso. Las imágenes que producen los espejos convexos son siempre virtuales, derechas y de menor tamaño que el objeto, independientemente de la posición donde este se encuentre. Por ello, los espejos convexos tienen un campo de visión muy amplio.

7. ¿Cuál es la distancia focal de un espejo esférico de radio r ? Busca en la bibliografía cuáles son las ventajas de un espejo parabólico sobre uno esférico (recuerda cómo se define la parábola, desde un punto de vista geométrico).

En un espejo esférico el valor de la distancia focal es la mitad del valor del radio de curvatura del espejo:

$$f = f' = \frac{R}{2}$$

La ventaja de los espejos parabólicos sobre los esféricos radica en que, en ellos, cualquier rayo que pase por el foco y se refleje en el espejo sale paralelo al eje óptico, a diferencia de los esféricos, en que esa condición solo se cumple para rayos paraxiales (aquellos que tienen pequeña inclinación). Por ello se utilizan, por ejemplo, en antenas parabólicas y en los focos de alumbrado de los automóviles.

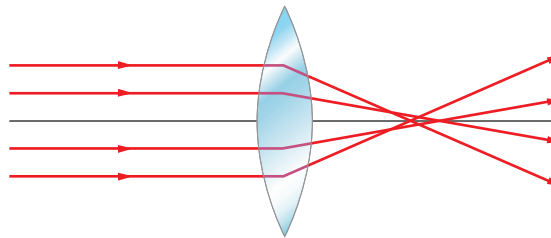
- a) M
- b) L
- c) L^{-1}
- d) M^{-1}

La potencia de una lente, D , es la inversa de la distancia focal. Por tanto, su ecuación de dimensiones es:

$$D = \frac{1}{f'} \rightarrow [D] = \frac{1}{[f']} = \frac{1}{L} = L^{-1}$$

La respuesta correcta es **d**).

10. La figura muestra un defecto común a todas las lentes esféricas. Como puedes observar, los rayos paralelos que inciden sobre ella, que deberían converger en el foco, convergen en diferentes puntos a lo largo del eje.



¿Qué nombre recibe este defecto?

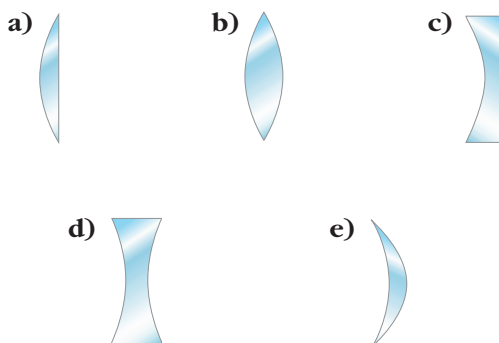
- a) Refracción.
- b) Hipermetropía.
- c) Miopía.
- d) Aberración esférica.
- e) Difracción.

Este defecto se debe a que los rayos que llegan paralelos al eje cerca de los extremos de la lente convergen en un punto situado más cerca de esta que aquellos que llegan paralelos al eje a menor distancia del centro de la lente, que convergen más lejos. El defecto se denomina aberración esférica.

Para eliminarlo por completo, es necesario que la lente sea de tipo parabólico. De este modo, los rayos que inciden sobre la lente convergen en el foco de la parábola. No obstante, la aberración puede corregirse parcialmente utilizando diafragmas que limiten la abertura del haz de luz incidente o empleando una combinación de varias lentes.

La respuesta correcta es **d**).

11. De las lentes que se indican, señala las que son convergentes y las que son divergentes. La luz incide desde la izquierda.

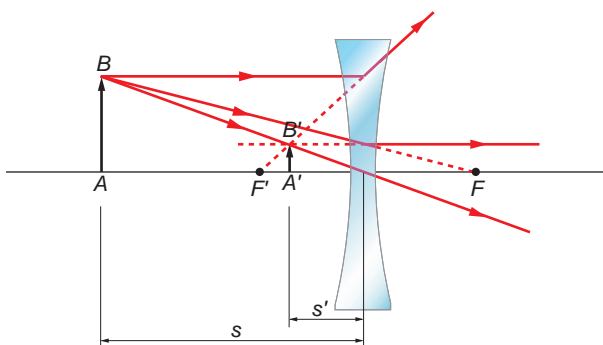


De acuerdo con la clasificación que hemos establecido en esta unidad en el libro del alumno para los seis posibles tipos de lentes, resulta:

Convergentes	Divergentes
a	c
b	d
e	

12. Demuestra que una lente divergente nunca puede formar una imagen real de un objeto real.

En la siguiente ilustración se muestra que la imagen que forma una lente divergente de un objeto es siempre virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto, independientemente del valor de la distancia objeto:



NOTA: se sugiere que los alumnos realicen el trazado de rayos con un objeto situado en $|s| < |f'|$.

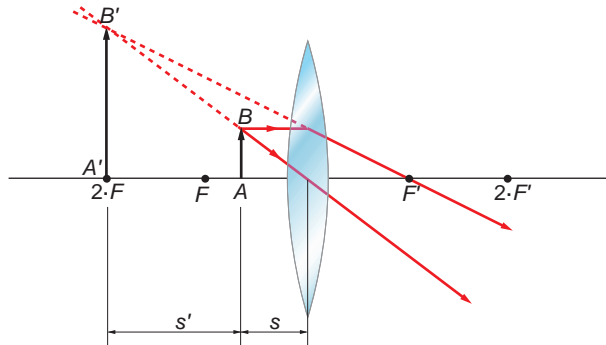
13. Para poder observar con detalle pequeños objetos, puede emplearse una lupa.

a) **Explica el funcionamiento de este sistema óptico. ¿Qué tipo de lente es: convergente o divergente? ¿Dónde debe situarse el objeto a observar? La imagen que produce, ¿es real o virtual?, ¿derecha o invertida?**

b) **Ilustra tus explicaciones con un trazado de rayos.**

a) Una lupa está formada por una lente convergente que se utiliza para aumentar el tamaño aparente de un objeto. El objeto debe situarse a una distancia menor que la distancia focal objeto, $|s| < |f|$.

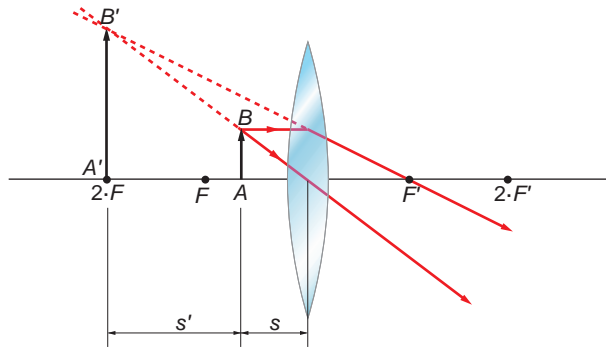
b) El trazado de rayos que corresponde a la imagen formada por una lupa es el siguiente:



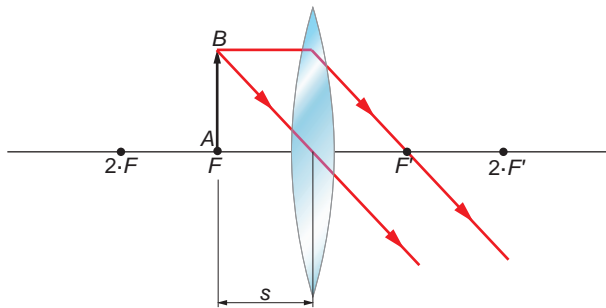
14. ¿Qué clase de imágenes se forman en una lente convergente si el objeto se encuentra a una distancia inferior a la focal? ¿Y si está en la focal?

Dibuja la marcha de los rayos.

Si el objeto se encuentra a una distancia inferior a la focal, la imagen que se forma es virtual, derecha y mayor que el objeto, como se muestra en la ilustración:



Y si está en la focal, no se forma imagen, ya que los rayos emergen paralelos y se cortan en el infinito:



15. Completa la frase:

Los rayos de luz que inciden sobre una lente convergente, _____ a su eje principal, convergen en el foco. La distancia focal se mide desde _____

hasta _____. Si un objeto se coloca, respecto de una lente convergente, a una distancia menor que la distancia focal, la imagen de dicho objeto será _____ y _____.

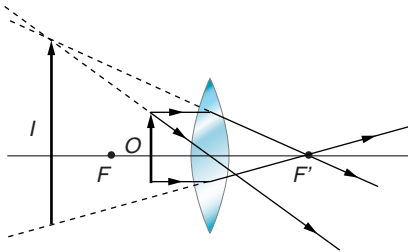
Los rayos de luz que inciden sobre una lente convergente, **paralelos** a su eje principal, convergen en el foco. La distancia focal se mide desde **el centro óptico** hasta **el foco de la lente**. Si un objeto se coloca, respecto a una lente convergente, a una distancia menor que la distancia focal, la imagen de dicho objeto será **derecha** y **de mayor tamaño**.

16. Para observar las patas de un insecto, se utiliza una lupa, formada por una lente convergente.

Si se quiere obtener una imagen derecha y mayor que el objeto que se observa, la lente debe colocarse a una distancia del insecto:

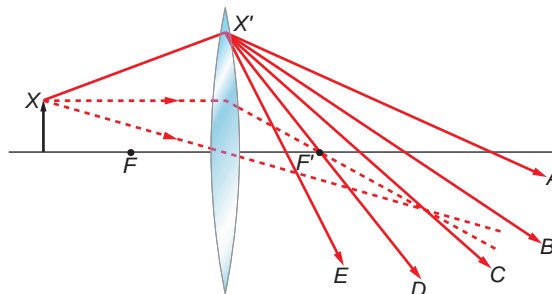
- a) Mayor que dos veces la distancia focal.
- b) Igual a dos veces la distancia focal.
- c) Entre una y dos veces la distancia focal.
- d) Igual a la distancia focal.
- e) Menor que la distancia focal.

Cuando situamos el objeto (en este caso, el insecto) a una distancia inferior a la distancia focal, medida respecto al centro óptico, la imagen que obtenemos es de mayor tamaño, derecha y virtual.



En la figura se muestra cómo se forma ese tipo de imagen. La respuesta correcta es, por tanto, **e**).

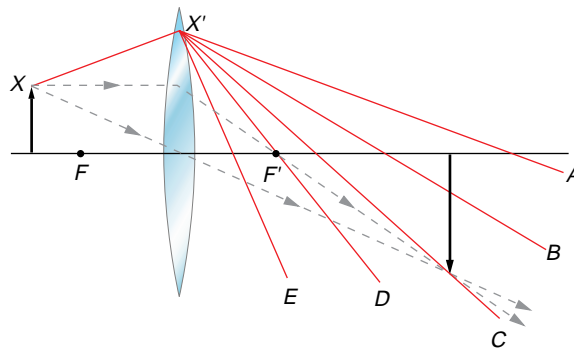
17. Las líneas de puntos muestran los distintos caminos de dos rayos de luz a través de una lente convergente.



La línea continua que muestra el recorrido de un rayo de luz emitido por el punto X y que alcanza el punto X' de la lente es:

- a) A
- b) B
- c) C
- d) D
- e) E

Como se aprecia en la ilustración, la respuesta correcta es **c)**, ya que dicho rayo pasa por el punto imagen que corresponde al extremo de la flecha y que hemos calculado trazando el rayo que, tras salir paralelo, pasa por el foco, y el rayo que pasa por el centro óptico del sistema y que, por tanto, no se desvía.



18. Las personas con miopía acusada pueden resolver su defecto visual con una operación que consiste en rebajar la curvatura de la córnea. ¿Cómo lo explicas?

La miopía se produce porque la córnea y el cristalino hacen que converjan excesivamente los rayos luminosos que inciden en el ojo, que no focalizan sobre la retina.

Si se disminuye la curvatura de la córnea, eliminando parte de esa capa, el conjunto córnea-cristalino no será tan convergente, y la imagen se formará en la retina. Es lo que se hace en la actualidad para corregir defectos de la visión asociados a la miopía e, incluso, al astigmatismo.

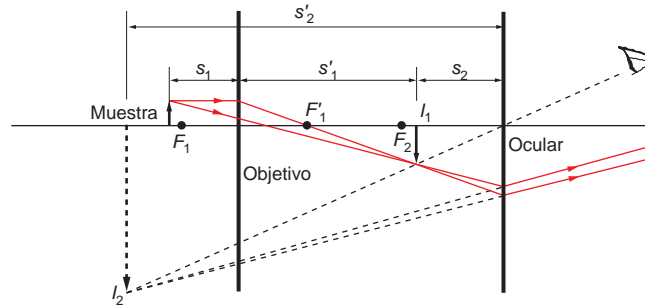
19. Dibuja un esquema con la formación de las imágenes en un microscopio. Describe su funcionamiento. Analiza las características de las imágenes formadas por sus lentes. ¿De qué factores depende el aumento?

El funcionamiento del microscopio es relativamente sencillo. La lente o las lentes del condensador enfocan la luz que emite la lámpara sobre la muestra, mientras que el diafragma, que puede abrirse o cerrarse a voluntad, es el encargado de controlar la intensidad luminosa.

En este microscopio, el aumento lateral de una imagen depende de las distancias focales del objetivo y del ocular, que son dos dispositivos formados por varias lentes.

El esquema muestra cómo se forma la imagen en un microscopio. El objeto a estudiar se sitúa un poco más allá del foco del objetivo; la distancia objeto, S_1 , es aproxi-

madamente igual a la distancia focal, f_1 . La imagen que forma el objetivo es, por tanto, real e invertida y mucho más grande que el objeto.



El aumento lateral de un objetivo oscila en torno a 50. Esta imagen sirve de objeto para el ocular, que actúa como una lupa y proporciona una imagen virtual aumentada a una distancia confortable para la visión.

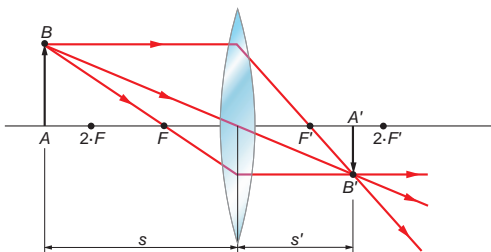
El aumento lateral total del microscopio es el producto de estos dos aumentos. Oscila entre 50 y 2000, aunque los aumentos mayores precisan un tratamiento muy cuidadoso de las preparaciones para evitar las distorsiones y las aberraciones ópticas que perjudican la imagen. De ahí que un buen microscopio sea caro, si bien es posible encontrar otros, de juguete, por muy poco dinero.

El aumento del microscopio depende de la distancia entre los focos y de las distancias focales del objetivo y el ocular.

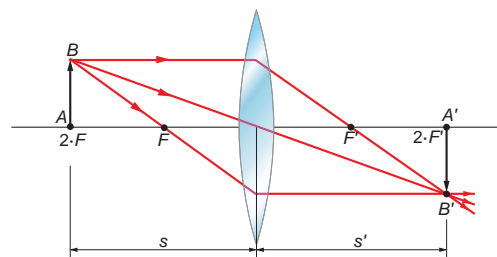
20. Describe, utilizando diagramas, distintos casos de formación de imágenes por medio de lentes convergentes.

Explica la miopía ayudándote de uno de esos diagramas.

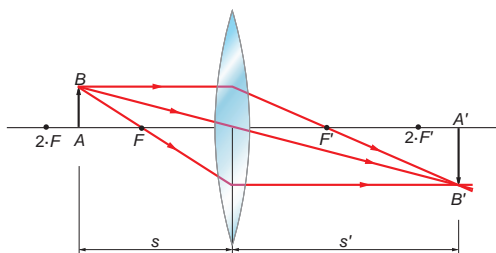
Las imágenes formadas por lentes convergentes son las que se muestran a continuación:



La imagen formada por una lente convergente de un objeto situado a una distancia de la lente superior a dos veces la distancia focal objeto, $s > 2 \cdot F$, es real, invertida y menor que el objeto, cumpliendo la siguiente relación: $F' < s' < 2 \cdot F'$.



La imagen formada por una lente convergente de un objeto cuya distancia objeto es el doble de la distancia focal objeto, $s = 2 \cdot F$, es real, invertida y de igual tamaño que el objeto, cumpliendo la siguiente relación: $s' = 2 \cdot F'$.



La imagen formada por una lente convergente de un objeto cuya distancia objeto cumple la relación $F < s < 2 \cdot F$ es real, invertida y de mayor tamaño que el objeto, siendo la distancia imagen: $s' > 2 \cdot F'$.

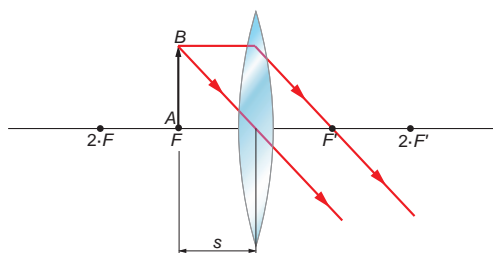
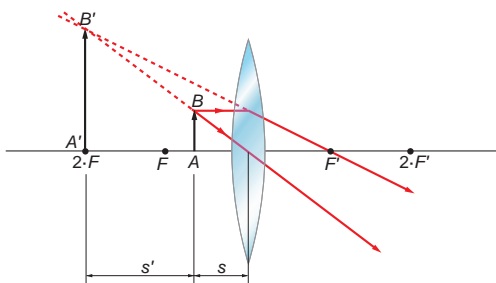
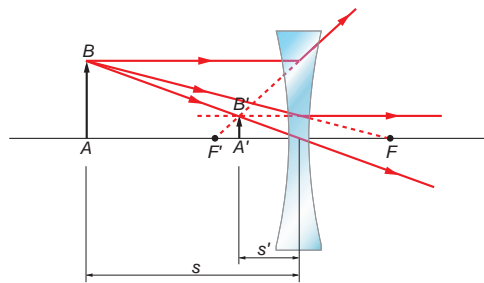


Imagen formada por una lente convergente de un objeto cuya distancia objeto es igual a la distancia focal objeto, $s = F$. Como vemos, no se forma imagen, ya que los rayos se cortan en el infinito.



La imagen formada por una lente convergente de un objeto cuya distancia objeto es menor que la distancia focal objeto ($s < F$) es virtual, derecha y mayor que el objeto.

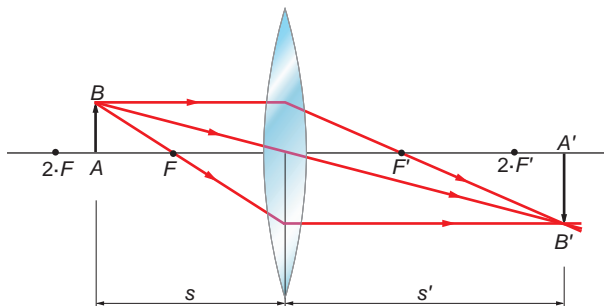


La miopía hace que la imagen de un objeto distante se enfoque delante de la retina. Para componer este defecto se utiliza una lente convergente.

21. Describe el funcionamiento de un proyector de diapositivas, e incluye un esquema gráfico de la formación de la imagen.

Un proyector de diapositivas consiste, básicamente, en una lente convergente. La diapositiva se coloca entre el foco y el doble de la distancia focal, formándose una imagen real (puede recogerse en una pantalla), de mayor tamaño (es lo que se pretende en el proyector), e invertida (por ello, las diapositivas se colocan invertidas, para poder ver la imagen derecha).

El esquema de formación de la imagen es el siguiente:



EJERCICIOS

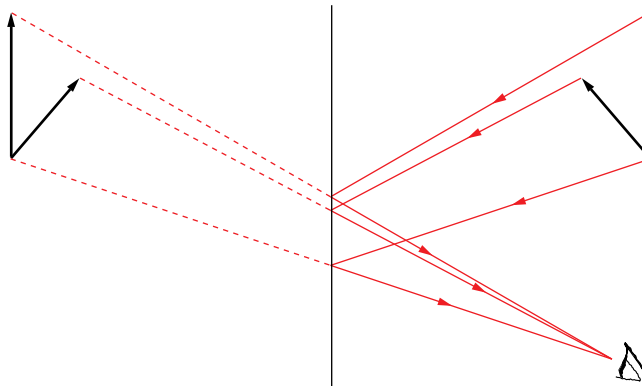
22. Un objeto, representado por la flecha A , se encuentra frente a un espejo, como se aprecia en la figura.



Dibuja la imagen, I , del objeto que se vería reflejada en el espejo.

- a) Señala las tres características que describen esta imagen.
- b) Observa ahora la posición del objeto, que viene dada por la línea de puntos. Como se aprecia en la figura, el objeto ha girado sobre su base. Dibuja la imagen que se obtiene en este caso.
- a) Para la construcción de imágenes en un espejo plano debemos tener en cuenta las leyes de la reflexión:

El rayo incidente, la normal en el punto de incidencia y el rayo reflejado se encuentran en un plano normal a la superficie de reflexión, mientras que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión.



- b) La imagen que se obtiene presenta las siguientes características:
- Es del mismo tamaño.
 - No está invertida: cuando nos miramos a un espejo no nos vemos boca abajo.
 - Es virtual: como se aprecia en la ilustración, la imagen se forma al hacer concurrir en un punto al otro lado del espejo rayos que divergen.
- c) La imagen que se obtiene ahora se ha superpuesto a la otra en la figura anterior. Al comparar las dos imágenes, vemos que, en este caso, la imagen está inclinada hacia el otro lado. Ello se debe, como ya hemos señalado en un ejercicio anterior, a que el espejo invierte el sentido de los vectores perpendiculares a él, dejando invariables los vectores paralelos al espejo.

23. El espejo de la figura, que ocupaba inicialmente la posición A , gira y pasa a ocupar la posición A' :

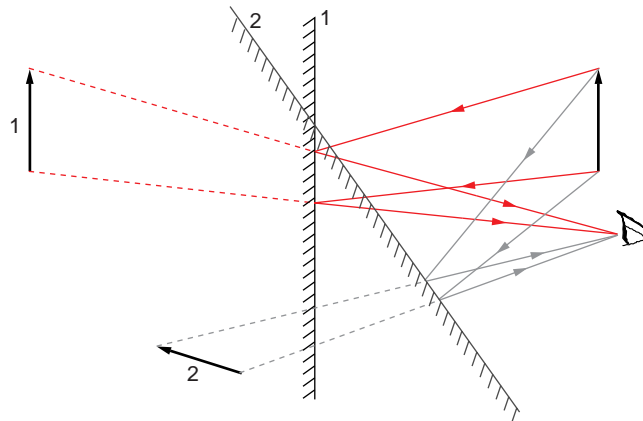


Dibuja la imagen que formará el objeto O , tras reflejarse en el espejo.

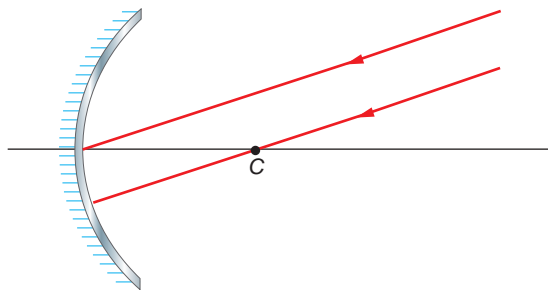
Para la construcción de imágenes en un espejo plano hemos de tener en cuenta las leyes de la reflexión:

El rayo incidente, la normal en el punto de incidencia y el rayo reflejado se encuentran en un plano normal a la superficie de reflexión, mientras que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión.

La imagen que veremos en cada caso es la que se muestra en la ilustración.



24. En un espejo esférico cóncavo (centro de curvatura C) se refleja la imagen de un objeto lejano. La figura muestra los rayos incidentes.



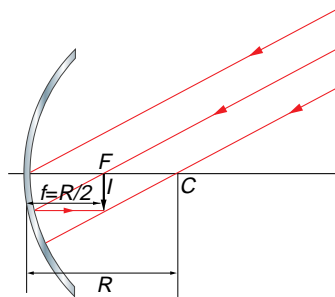
- Sitúa el foco del espejo.
- Dibuja la imagen que se forma.
- Describe, con tres adjetivos, las características de la imagen que se forma.

- a) El punto C es el centro de curvatura; por tanto, está situado a una distancia R del vértice del espejo. Por su parte, al ser esférico el espejo, el foco del espejo se encuentra situado a una distancia $R/2$ del vértice del espejo.
- b) Los rayos inciden paralelos, cosa que nos indica que la figura está situada en un punto muy alejado del espejo, lo que expresamos matemáticamente diciendo que el objeto se encuentra “en el infinito”.

Teniendo esto en cuenta, al sustituir en la expresión que relaciona las posiciones objeto e imagen, obtenemos el siguiente resultado:

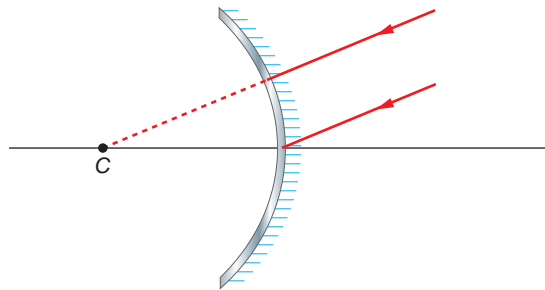
$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \rightarrow s' = \frac{R}{2}$$

La imagen se forma a una distancia $R/2$, sobre el foco.



- c) La imagen que se obtiene es real, invertida y de menor tamaño que el objeto.

25. Resuelve de nuevo el ejercicio anterior para el caso del espejo esférico convexo que se muestra en la figura:

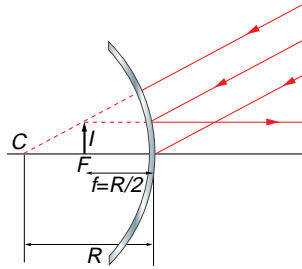


- a) El punto C es el centro de curvatura; por tanto, está situado a una distancia R del vértice del espejo. Por su parte, al ser esférico el espejo, el foco del espejo se encuentra situado a una distancia $R/2$ del vértice del espejo.
- b) Los rayos inciden paralelos, cosa que nos indica que la figura está situada en un punto muy alejado del espejo, lo que expresamos matemáticamente diciendo que el objeto se encuentra “en el infinito”.

Teniendo esto en cuenta, al sustituir en la expresión que relaciona las posiciones objeto e imagen, obtenemos el siguiente resultado:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \rightarrow s' = \frac{R}{2}$$

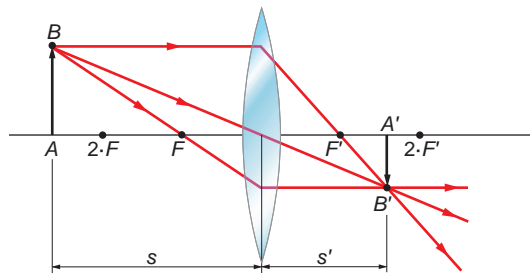
La imagen se forma a una distancia $R/2$, sobre el foco.



c) La imagen que se obtiene es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

26. En una lente convergente, un objeto se encuentra a una distancia s mayor que el doble de la distancia focal ($2 \cdot f$). Haz un esquema de la marcha de los rayos y explica qué clase de imagen se forma (real, virtual, derecha o invertida) y qué sucede con el aumento.

La imagen que se forma es real, invertida y menor que el objeto, como se muestra en la figura:



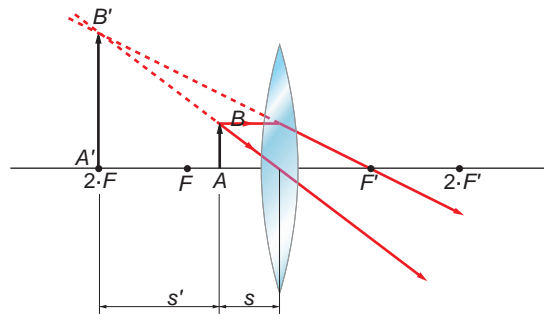
El aumento lateral es:

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

Su valor, en el caso, será siempre menor que la unidad.

27. Para una lente convergente de distancia focal f , dibuja el diagrama de rayos para formar la imagen de un objeto de altura y y situado a una distancia s del foco, en los casos en que $s < f$ y $s > f$.

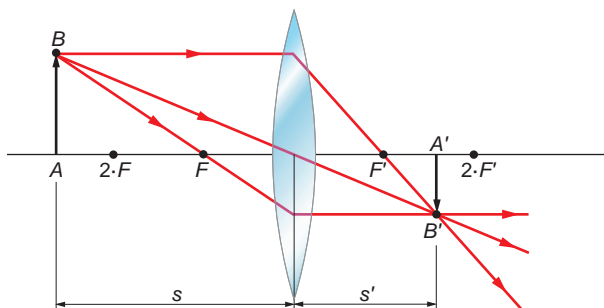
En el caso de que $s < f$, el diagrama de rayos es el siguiente:



La imagen que se obtiene es virtual, derecha y mayor que el objeto.

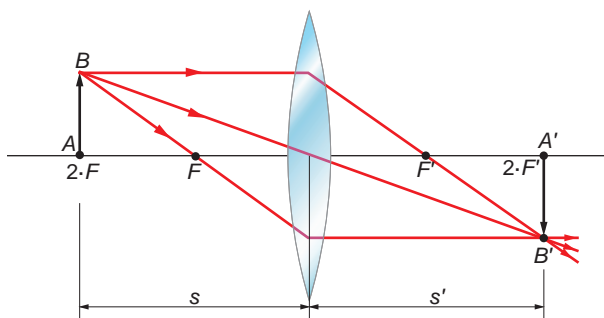
Si $s > f$, podemos distinguir tres casos:

- $s > 2 \cdot f$:



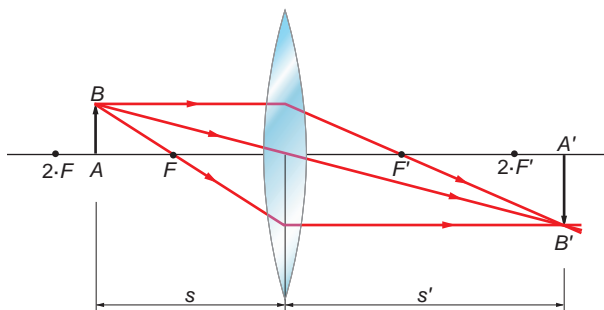
La imagen es real, invertida y menor que el objeto.

- $s = 2 \cdot f$:



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

- $s < 2 \cdot f$:



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