

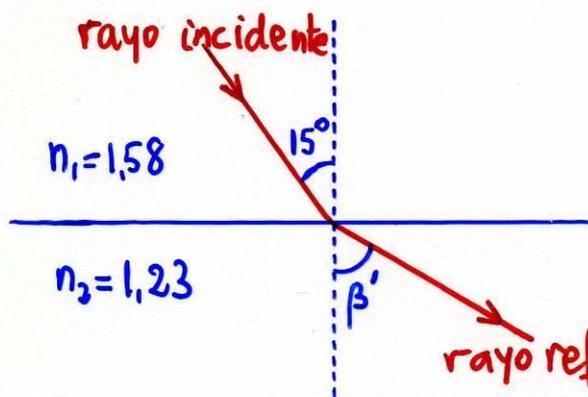
FÍSICA DE 2º DE BACHILLERATO

ÓPTICA -GEOMÉTRICA-

Un rayo de luz monocromática que se propaga en un medio de índice de refracción 1,58 penetra en otro medio de índice de refracción 1,23 formando un ángulo de incidencia de 15° (respecto a la normal) en la superficie de discontinuidad entre ambos medios.

- Determine el valor del ángulo de refracción correspondiente al ángulo de incidencia anterior. Haga un dibujo esquemático.
- Defina ángulo límite y calcule su valor para este par de medios.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, junio 2001)

SOLUCIÓN:

En este caso, la ley de Snell establece:

$$n_1 \operatorname{sen} \alpha = n_2 \operatorname{sen} \beta'$$

$$1,58 \operatorname{sen} 15^\circ = 1,23 \operatorname{sen} \beta'$$

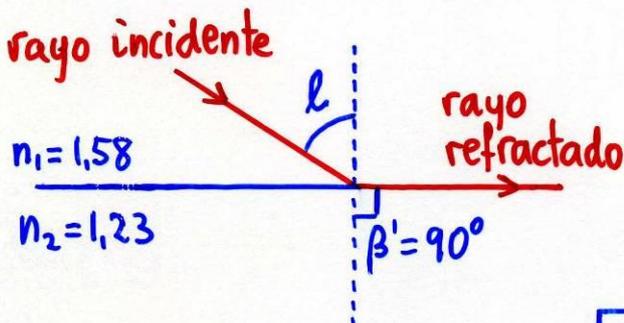
despejando β' de la expresión anterior, sacamos:

$$\beta' = \operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{n_1 \operatorname{sen} \alpha}{n_2} = \operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{1,58 \operatorname{sen} 15^\circ}{1,23} = 19^\circ 25' 7''$$

(el rayo refractado se aleja de la normal)

RESULTADO

El ángulo límite es el máximo ángulo de incidencia: en este caso, el ángulo de refracción es $90^\circ = \frac{\pi}{2}$ rad.



Aplicando otra vez la ley de Snell:

$$n_1 \operatorname{sen} l = n_2 \operatorname{sen} 90^\circ$$

$$l = \operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{n_2}{n_1} = \operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{1,23}{1,58}$$

$$l = 51^\circ 7' 18'' : \text{RESULTADO}$$

Una lámina de vidrio (índice de refracción: $n = 1,52$) de caras planas y paralelas y espesor d se encuentra entre el aire y el agua. Un rayo de luz monocromática de frecuencia 5×10^{14} Hz incide desde el agua en la lámina. Determine:

- las longitudes de onda del rayo en el agua y en el vidrio;
- el ángulo de incidencia en la primera cara de la lámina a partir del cual se produce reflexión total interna en la segunda cara.

Datos: Índice de refracción del agua: $n_{\text{agua}} = 1,33$
 Velocidad de la luz en el vacío: $c = 3 \times 10^8$ m/s.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, junio 2008)

SOLUCIÓN.-

La frecuencia de la luz es independiente del medio a través del cual ésta se propaga; por tanto:

$$\nu_{\text{agua}} = \nu_{\text{vidrio}} = \nu_{\text{aire}} = 5 \times 10^{14} \text{ Hz} = \nu.$$

Recordando que el índice de refracción para un determinado medio vale:

$$n = \frac{c}{\nu}$$

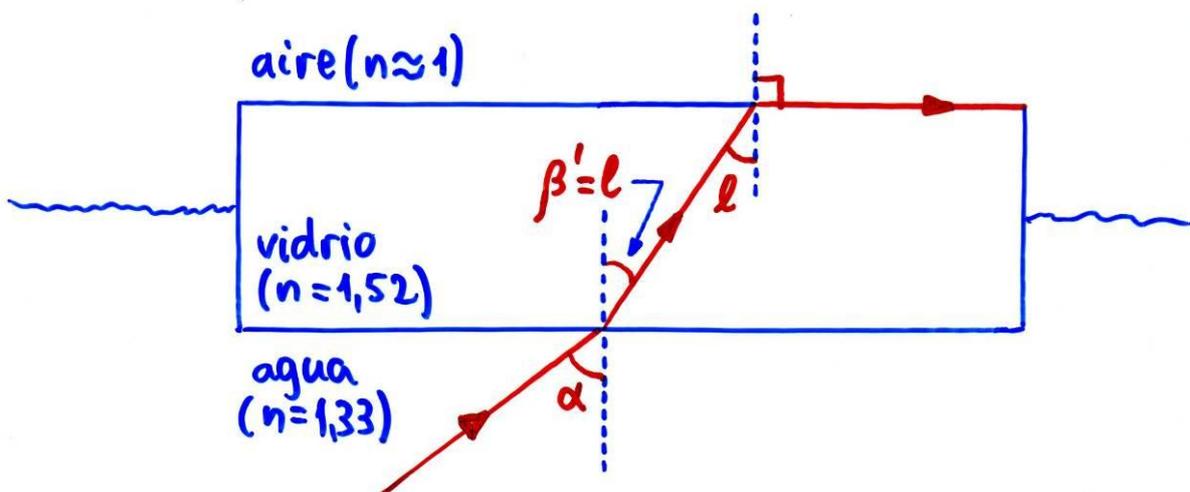
la longitud de onda de la luz en el agua y en el vidrio vale, respectivamente:

$$\lambda_{\text{agua}} = \frac{\nu_{\text{agua}}}{\nu} = \frac{c}{n_{\text{agua}} \nu} = \frac{3 \times 10^8}{1,33 \times 5 \times 10^{14}} = 4,51 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{vidrio}} = \frac{\nu_{\text{vidrio}}}{\nu} = \frac{c}{n_{\text{vidrio}} \nu} = \frac{3 \times 10^8}{1,52 \times 5 \times 10^{14}} = 3,94 \times 10^{-7} \text{ m}$$

RESULTADO

Para que se produzca **reflexión total** en la segunda cara de la lámina -superficie de separación vidrio-aire- el ángulo con que incide la luz desde el vidrio en esta segunda cara debe ser, como mínimo, igual al **ángulo límite**. La marcha de los rayos luminosos es:



Aplicando la **ley de Snell** a las refracciones que se producen en las dos caras de la lámina de vidrio, tenemos:

$$n_{\text{agua}} \text{sen } \alpha = n_{\text{vidrio}} \text{sen } \beta' = n_{\text{vidrio}} \text{sen } l = n_{\text{aire}} \text{sen } 90^\circ$$

De donde:

$$\alpha = \text{arc sen } \frac{n_{\text{aire}} \text{sen } 90^\circ}{n_{\text{agua}}} = \text{arc sen } \frac{1}{n_{\text{agua}}} = \text{arc sen } \frac{1}{1,33}$$

$$\alpha = 48^\circ 45' 12'' : \text{RESULTADO}$$

FÍSICA DE 2º DE BACHILLERATO

ÓPTICA -GEOMÉTRICA-

- a) ¿Qué diferencias existen entre una imagen real y una imagen virtual formadas por un sistema óptico centrado?.
- b) Realiza un ejemplo de construcción geométrica para cada una de ellas utilizando espejos esféricos. Explica qué tipo de espejo esférico puedes emplear en cada caso.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, septiembre 1997)

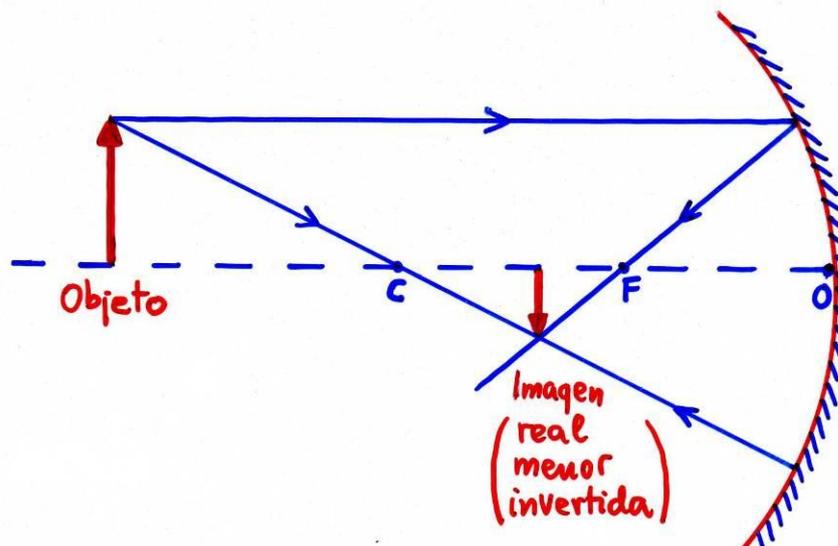
SOLUCIÓN:

Una imagen **real** se forma al cruzarse los rayos reflejados -o refractados-, pudiéndose recoger en una **pantalla**, mientras que una imagen **virtual** se obtiene al cruzarse las **prolongaciones** de los rayos reflejados -o refractados-, y **no se puede recoger en una pantalla**.

En un sistema óptico **compuesto** una imagen, real o virtual, puede servir de objeto, real o virtual, para una segunda lente del sistema -ej.: en el microscopio compuesto-.

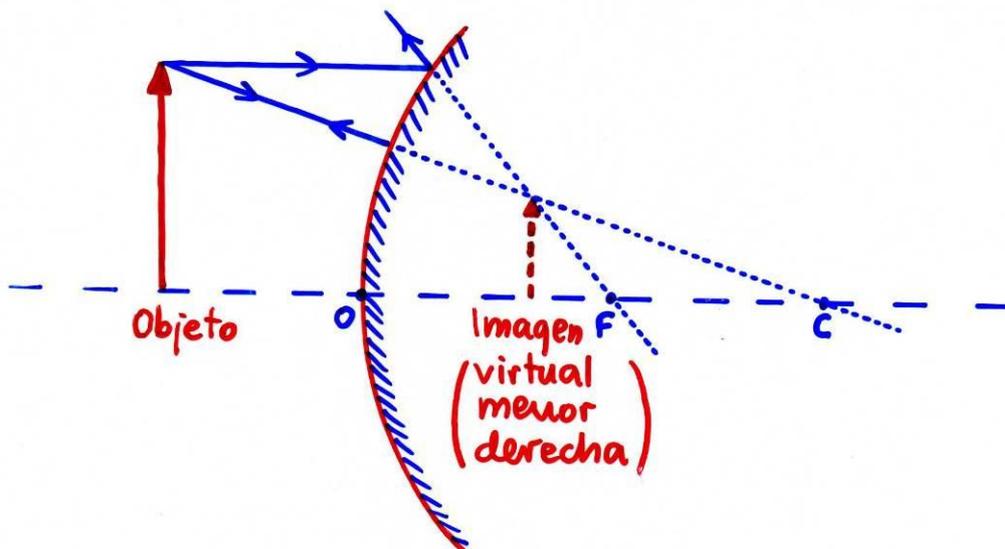
Ejemplo de imagen **real**:

Imagen de un objeto situado entre $-\infty$ y C, en un espejo esférico **cóncavo**:



Ejemplo de una imagen **virtual**:

Imagen de un objeto en un espejo esférico **convexo**:



Además de los ejemplos expuestos, también se obtiene una imagen **real** con un espejo **cóncavo**, a partir de un objeto situado en C y entre C y F . Por contra, se obtiene una imagen **virtual** con un espejo **cóncavo**, a partir de un objeto situado entre F y O .

FÍSICA de 2º de BACHILLERATO

ÓPTICA -GEOMÉTRICA-

- a) En un sistema óptico centrado formado por espejos, ¿qué características presentan las imágenes reales y las virtuales?
- b) Ponga un ejemplo de cada una de ellas utilizando espejos esféricos. Explique el tipo de espejo esférico utilizado en cada caso.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, septiembre 2011)

SOLUCIÓN:-

Las imágenes reales se obtienen al cruzarse los rayos reflejados en el espejo. Se recogen en una pantalla.

Se obtienen imágenes reales con espejos esféricos cóncavos, siempre que el objeto esté a la izquierda del foco del espejo:

- 1) Espejo cóncavo - Objeto situado a la izquierda del centro de curvatura:

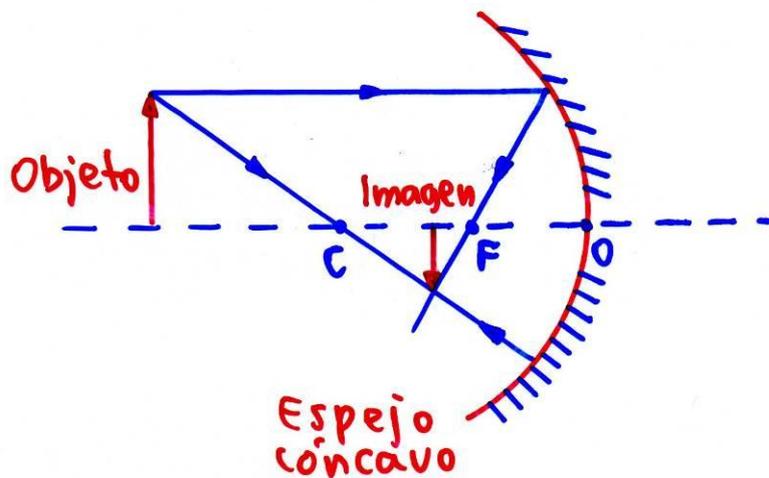


Imagen real, menor e invertida.

2) Espejo cóncavo - Objeto situado en el centro de curvatura:

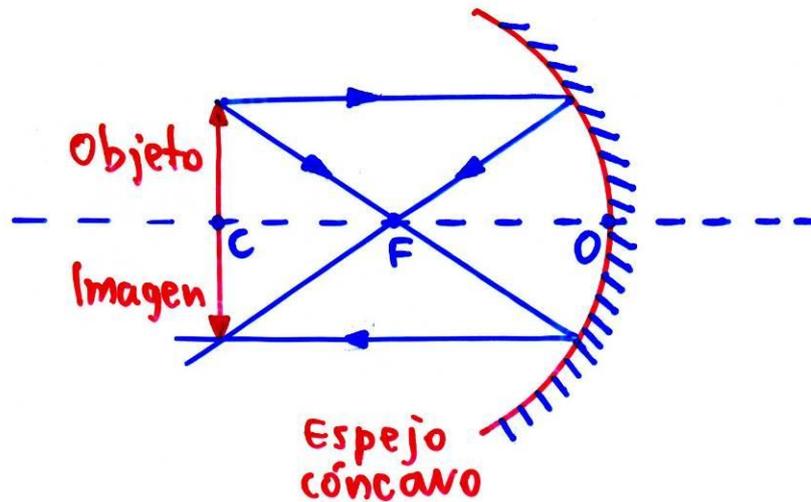


Imagen real, igual e invertida.

3) Espejo cóncavo - Objeto situado entre el centro de curvatura y el foco:

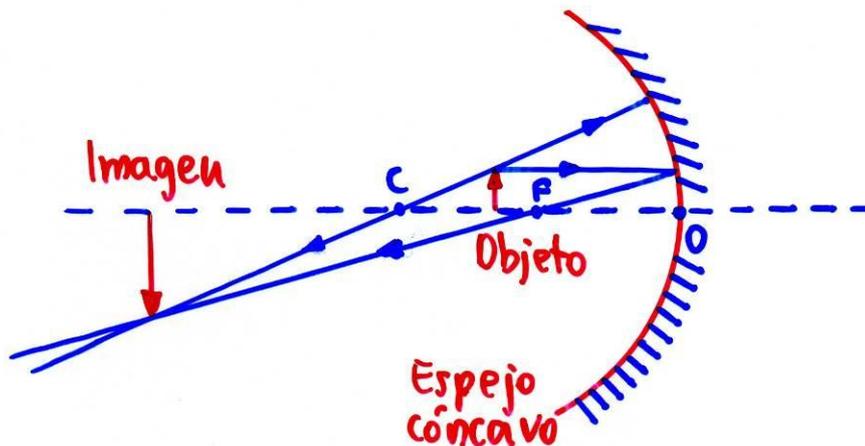


Imagen real, mayor e invertida.

En espejos esféricos cóncavos las imágenes reales salen siempre invertidas.

Cuando los rayos reflejados en el espejo divergen, para obtener la imagen hemos de considerar artificialmente sus prolongaciones hacia atrás; esas prolongaciones de los rayos reflejados se cruzan, dando lugar a una imagen virtual. Esta imagen virtual no se forma sobre una pantalla.

Se obtienen imágenes virtuales con espejos esféricos cóncavos, siempre que el objeto esté entre el foco y el centro óptico del espejo:

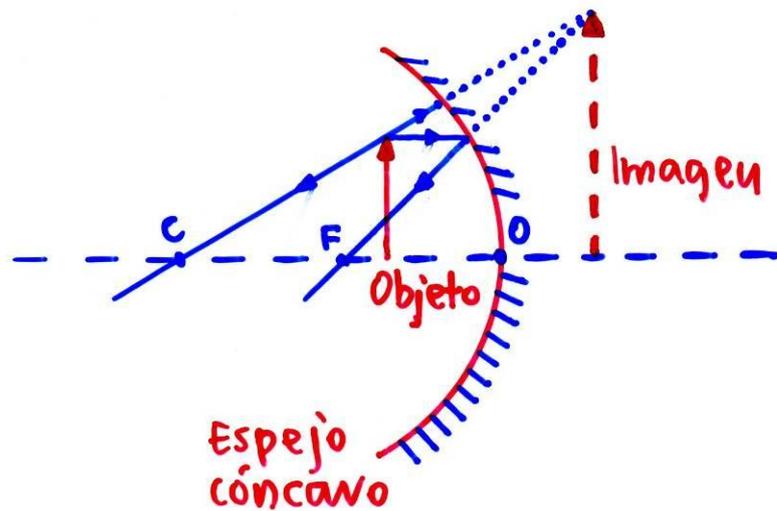


Imagen virtual, mayor y derecha.

También se obtienen imágenes virtuales con espejos esféricos convexos, sea cual sea la posición del objeto:

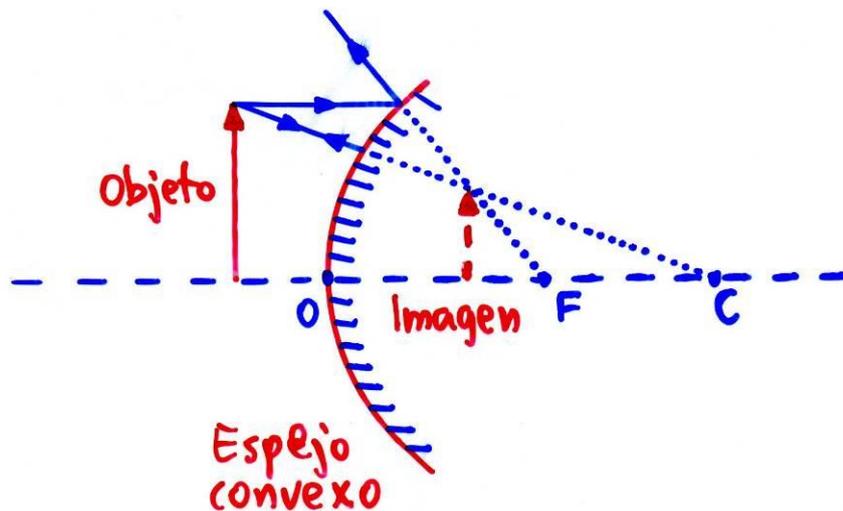


Imagen virtual, menor y derecha.

En espejos esféricos, las imágenes virtuales salen siempre derechas.

Recordamos que el ojo humano percibe tanto las imágenes reales como las virtuales.

FÍSICA DE 2º DE BACHILLERATO

ÓPTICA -GEOMÉTRICA-

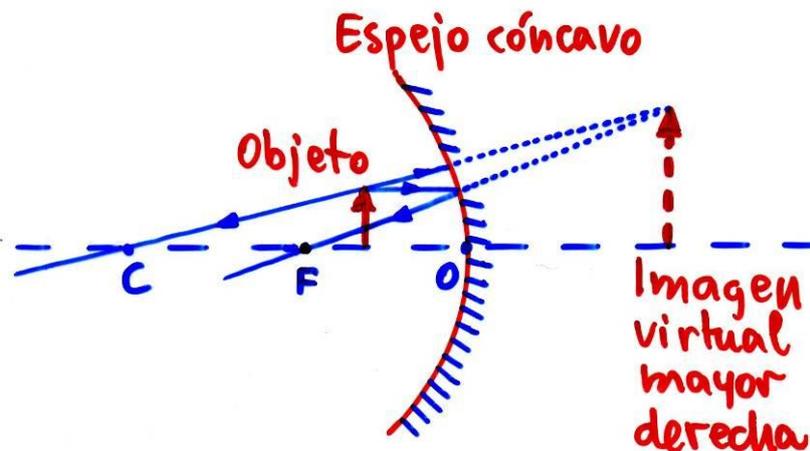
- a) ¿Puede un espejo cóncavo producir una imagen virtual, derecha y menor que el objeto?
 b) ¿Puede una lente convergente producir una imagen real, invertida y mayor que el objeto?

Justifique la respuesta en cada caso mediante un diagrama de rayos.

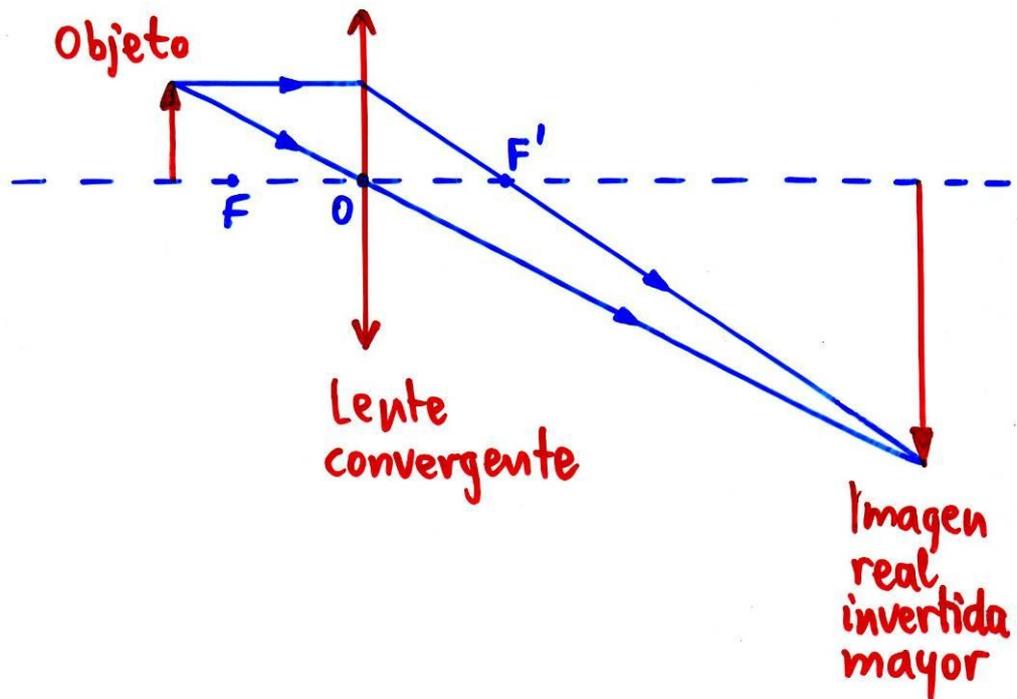
(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, modelo 2008)

Solución.-

- a) Un espejo esférico cóncavo no puede formar una imagen virtual, derecha y menor que el objeto, ya que si la imagen es virtual y derecha será **mayor** que el objeto, hallándose este entre el foco y el centro óptico del espejo. Construcción geométrica:



b) Una lente convergente sí puede formar una imagen real, invertida y mayor que el objeto. La condición es que éste se halle entre $2f$ y f , siendo f la distancia focal objeto. Construcción geométrica:



FÍSICA DE 2º DE BACHILLERATO

ÓPTICA -GEOMÉTRICA-

¿Qué tipo de imagen se obtiene con un espejo esférico convexo?; ¿y con una lente esférica divergente?. Efectúe las construcciones geométricas adecuadas para justificar las respuestas. El objeto se supone real en ambos casos.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, modelo 2001 y junio 2004)

SOLUCIÓN.-

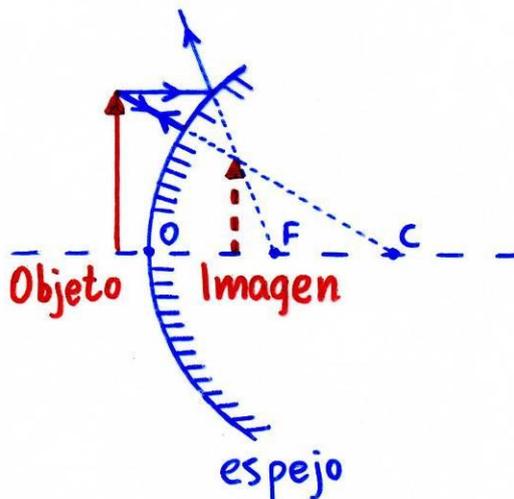
En cualquiera de los dos casos obtenemos una

imagen virtual, menor y derecha.

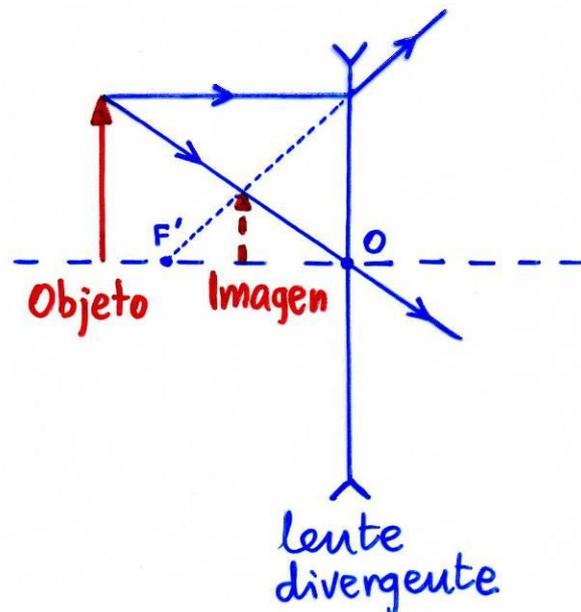
RESULTADO

Lo comprobamos mediante las siguientes construcciones geométricas:

a) Imagen en espejo convexo:



b) Imagen con lente divergente:



FÍSICA de 2º de BACHILLERATO

ÓPTICA -GEOMÉTRICA-

Se sitúa un objeto de 3,5 cm delante de la superficie cóncava de un espejo esférico de distancia focal 9,5 cm y se produce una imagen de 9,5 cm.

- Calcule la distancia a la que se encuentra el objeto de la superficie del espejo.
- Realice el trazado de rayos y determine si la imagen formada es real o virtual.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, junio 2011)

SOLUCIÓN:-

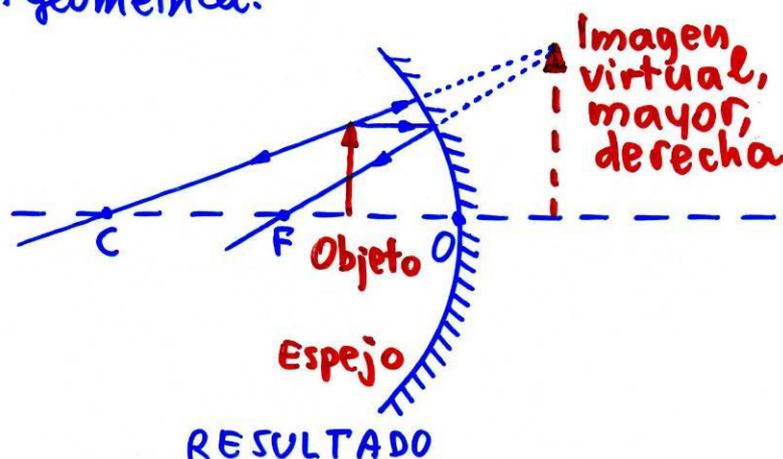
- 1) Consideremos primero el caso de imagen **derecha**: $y' = 0,095\text{m}$.
 Con las ecuaciones de las distancias (Descartes) y del aumento lateral, y sin olvidar el criterio de signos, planteamos el sistema de ecuaciones cuya solución da el resultado.-

$$\begin{cases} \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \\ A = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \end{cases} ; \text{ sustituyendo: } \begin{cases} \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{-0,095} \\ \frac{0,095}{0,035} = -\frac{s'_1}{s_1} \end{cases}$$

La solución es:

$$s_1 = -0,06\text{ m} ; s'_1 = 0,16\text{ m} > 0 \rightarrow \text{Imagen virtual}$$

Construcción geométrica:



2) Consideramos ahora el caso de imagen **invertida** :

$$y' = -0,095 \text{ m.}$$

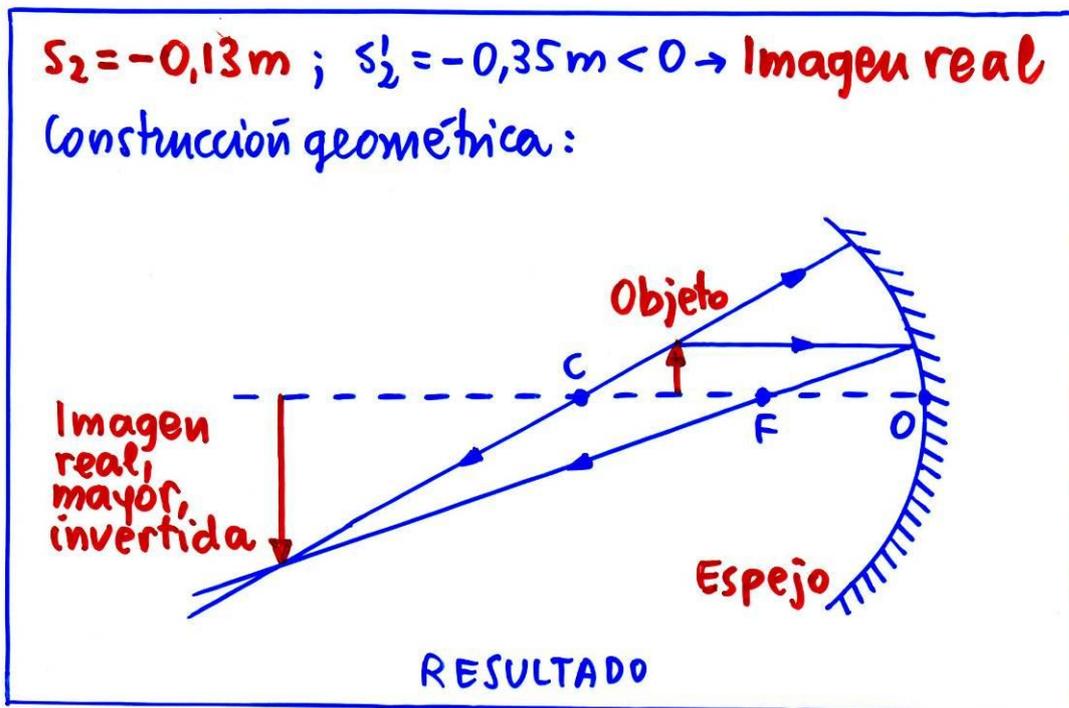
Planteando el sistema de ecuaciones análogo al anterior, tenemos:

$$\begin{cases} \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_2'} = \frac{1}{-0,095} \\ \frac{-0,095}{0,035} = -\frac{s_2'}{s_2} \end{cases}$$

cuya solución es:

$$s_2 = -0,13 \text{ m} ; s_2' = -0,35 \text{ m} < 0 \rightarrow \text{Imagen real}$$

Construcción geométrica:



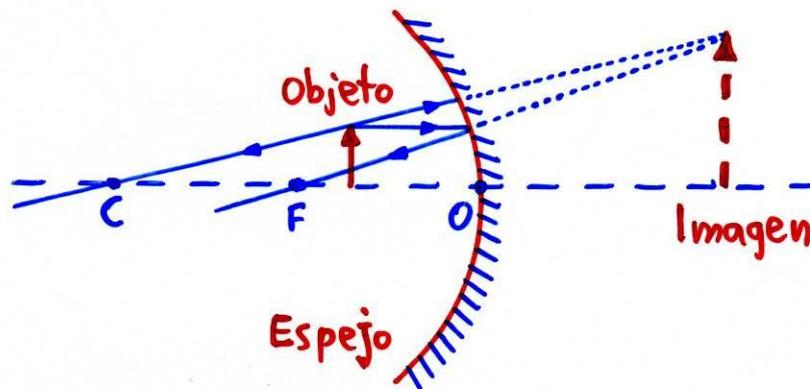
- a) Explique la posibilidad de obtener una imagen derecha y mayor que el objeto mediante un espejo cóncavo, realizando un esquema con el trazado de rayos. Indique si la imagen es real o virtual.
- b) ¿Dónde habría que colocar un objeto frente a un espejo cóncavo de 30 cm de radio para que la imagen sea derecha y de doble tamaño que el objeto?.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, junio 2009)

SOLUCIÓN.-

Para obtener, con un espejo cóncavo, una imagen derecha y mayor que el objeto hemos de colocar éste entre el foco y el centro óptico del espejo. La imagen formada es virtual: RESULTADO

Lo comprobamos mediante esta construcción geométrica:



Caso particular: $r = -30 \text{ cm} = -0,30 \text{ m}$; $A = +2$
 Con las ecuaciones de las distancias (Descartes) y del aumento lateral planteamos el sistema:

$$\begin{cases} \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{r} \\ A = -\frac{s'}{s} \end{cases}; \begin{cases} \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{-0,30} \\ 2 = -\frac{s'}{s} \end{cases};$$

Solución:

$$s = -0,075 \text{ m}$$

RESULTADO

$$s' = 0,15 \text{ m}$$

FÍSICA DE 2º DE BACHILLERATO

ÓPTICA -GEOMÉTRICA-

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

- la mitad de la distancia focal del espejo;
- el triple de la distancia focal del espejo.

(Pruebas de acceso a la Universidad – Madrid, junio 2002)

SOLUCIÓN:

- a) Objeto situado a $s = \frac{f}{2}$:

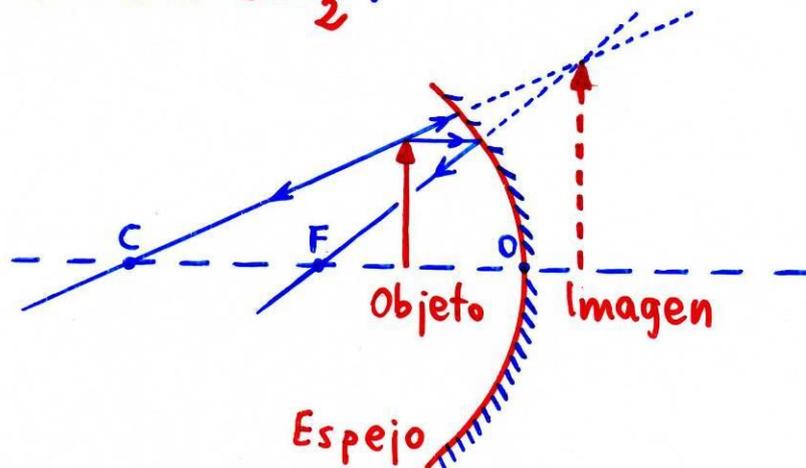
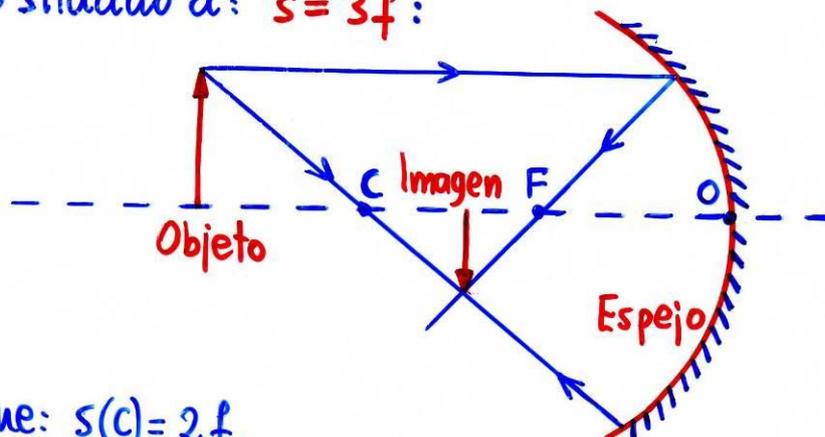


Imagen virtual, mayor y derecha: RESULTADO

- b) Objeto situado a: $s = 3f$:



Recordar que: $s(c) = 2f$.

Imagen real, menor e invertida: RESULTADO