

**SI ENCUENTRAS ALGÚN ERROR COMUNÍCALO, POR FAVOR, AL CORREO DE LA PÁGINA WEB.**



**SI TE GUSTAN LOS VÍDEOS PARA PREPARAR LOS EXÁMENES, COMPÁRTELOS CON TUS COMPAÑEROS Y AMIGOS.**

**ÉCHAME UNA MANO PARA QUE LA WEB CREZCA. CADA VEZ QUE MIRES UN VÍDEO DALE A ME GUSTA.**

## ÓPTICA

REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ. LEYES DE SNELL. DIOPTRIOS. LENTES DELGADAS. ESPEJOS ESFÉRICOS.

### 1. REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ. LEYES DE SNELL.

• **Reflexión.** Cambio de dirección y sentido de propagación cuando una onda que avanza por un medio choca contra la superficie que lo separa de otro medio de propiedades elásticas distintas.

• **Leyes de Snell de la reflexión.**

1ª. El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en un mismo plano.

2ª. Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales.

• **Refracción.** Cambio de dirección que experimenta una onda que se propaga por un medio cuando pasa a otro medio en el que su velocidad de propagación es diferente.

**La onda al refractarse cambia su longitud de onda no su frecuencia.**

• **Leyes de Snell de la refracción.**

1ª. El rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en un mismo plano.

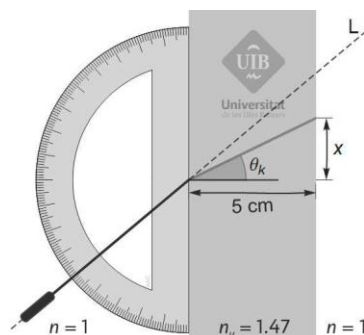
2ª.  $n_1 \text{sen} i = n_2 \text{sen} r$ .  $\left\{ \begin{array}{l} n_1 \text{ y } n_2: \text{ índices de refracción del medio incidente y} \\ \text{del refractado.} \\ i: \text{ ángulo incidente.} \\ r: \text{ ángulo refractado.} \end{array} \right.$

• **n. Índice de refracción.** Cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio estudiado.

$$n = \frac{c}{v_{\text{medio}}}$$

- **Ángulo límite.** Ángulo de incidencia para el cual el ángulo refractado es de  $90^\circ$ . Se da si  $n_1$  es mayor que  $n_2$ .  $l = \arcsen \frac{n_2}{n_1}$ .
- **Reflexión total.** Para ángulos superiores al ángulo límite el rayo no se refracta, existiendo solo el rayo reflejado.

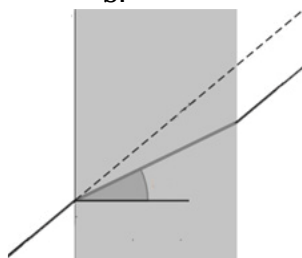
1. Un rayo de luz atraviesa una lámina de vidrio de índice de refracción 1,45 y 5 cm de espesor. El rayo sigue inicialmente la línea L que muestra la figura. El ángulo de incidencia del rayo se mide con la escala marcada en grados.



- Calcula el ángulo  $\theta_k$ .
- Dibuja la línea L y la trayectoria del rayo cuando sale del cristal de manera cualitativamente correcta. ¿Cruza el rayo al salir del cristal la línea L?
- Calcula la distancia x.
- ¿Hay algún ángulo de incidencia para el cual x tiene un valor máximo? Si hay alguno calcula este valor máximo, si no indica porque no hay un máximo.

a.  $\theta_k = 25,93^\circ$ .

b.



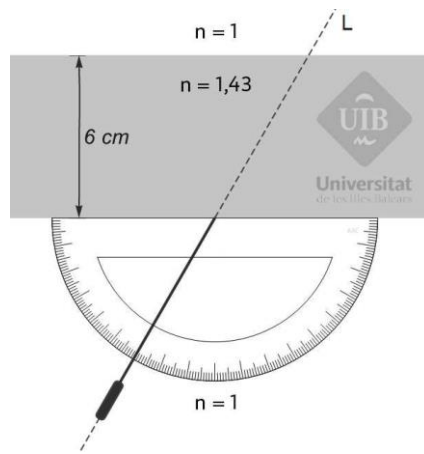
c.  $x = 2,43$  cm.

d. 4,64 cm.

2. El rayo de un láser se dirige siguiendo una línea al hacia un bloque de plástico transparente de sección rectangular e índice de refracción 1,43. Utiliza la escala marcada en grados para determinar el ángulo de incidencia del rayo sobre el bloque.

- Describe o dibuja de manera cualitativa correcta la trayectoria del rayo a través del bloque y el aire de la parte superior. ¿El rayo a la salida del bloque atraviesa la línea L?
- Calcula el tiempo que tarda el rayo anterior en atravesar el bloque de plástico.
- Comentar si puede haber reflexión total en una refracción de aire a plástico de índice de refracción 1,43, de plástico a aire o en los dos casos. Dar el ángulo límite cuando se dé el fenómeno de la reflexión total.

3

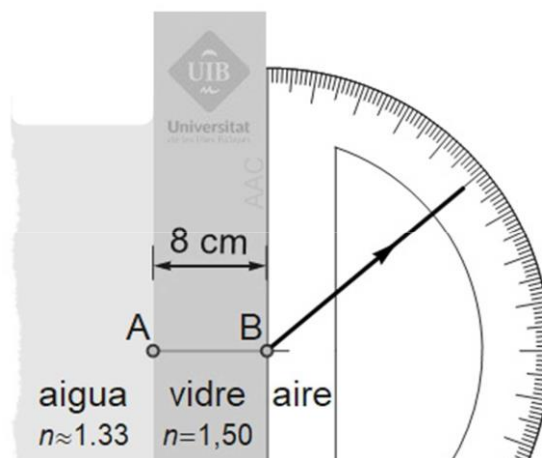


VER VÍDEO <https://youtu.be/-oaz4XxLN6Q>

- El Rayo se acerca a la vertical cuando entran el plástico y sale paralelo al cuando vuelve al aire
- $t = 0,305$  ns.
- Se da el fenómeno de la reflexión total cuando el rayo pasa de un medio de índice superior a un medio de índice inferior. En este caso cuando pasa del plástico al aire. El ángulo límite es de  $44,4^\circ$

3. La figura representa la trayectoria de un Rayo de luz en el aire después de salir de un vidrio de índice de refracción 1,5. La dirección del rayo se mide con la escala marcada en grados.

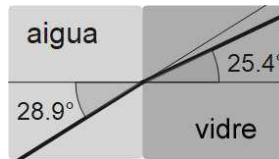
- Calcula el ángulo que forma el Rayo dentro del vidrio con el segmento AB.
- Calcula a que distancia del punto A se refracta el rayo anterior en la superficie entre el agua y el vidrio.
- Dibuja la trayectoria del rayo de manera cualitativamente correcta cuando se refracta en la superficie entre agua y vidrio. Escribe sobre el dibujo los valores de los ángulos de incidencia y de refracción.
- ¿Se puede reflejar totalmente un rayo que pase del agua al vidrio? ¿y uno que pase del vidrio al agua? Si la respuesta es afirmativa, describe cualitativamente como debe incidir el rayo para que se refleje totalmente; si la respuesta es negativa, justifícala.



VER VÍDEO <https://youtu.be/fzDBJC-USw4>

4

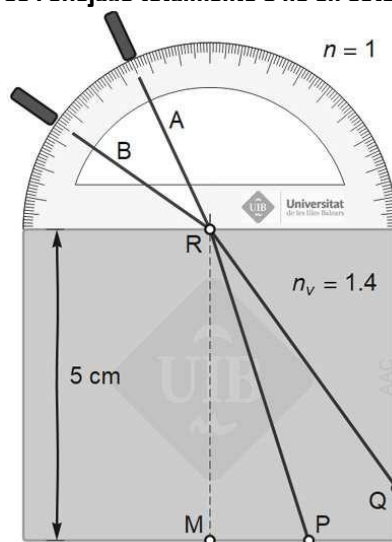
- a.  $25,37^\circ$
- b. 3,79 cm.
- c.



- d.  $62,5^\circ$

4. El rayo de un láser se dirige hacia un bloque de plástico de sección rectangular e índice de refracción 1,4. El rayo se dirige en una dirección A y, después, en otra dirección B. Las dos direcciones se han representado en la figura. Usa el portaángulos de  $180^\circ$  dibujado para determinar el ángulo de incidencia del rayo sobre el bloque en cada caso.

- a. Cuando el rayo ha seguido la dirección A dentro del aire, pasa por el punto P de la cara inferior del bloque, a la derecha del punto M de la vertical del punto de refracción. Calcula la distancia entre P y M.
- b. Calcula cuánto tiempo tarda la luz para avanzar 3 mm a lo largo del segmento RP.
- c. Cuando el rayo ha seguido la dirección B dentro del aire, llega al punto Q de la cara derecha del bloque. Determinar si el rayo es reflejado totalmente o no en este punto.



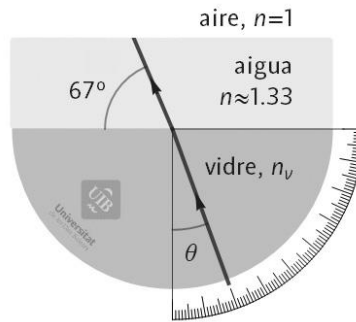
VER VÍDEO [https://youtu.be/A\\_w-jLUbiOc](https://youtu.be/A_w-jLUbiOc)

- a. 1,58 cm.
- b.  $1,4 \cdot 10^{-10}$  s.
- c. Ángulo límite =  $45,48^\circ < 54,19^\circ$  el rayo se refracta totalmente.

5. La figura representa una parte de la trayectoria de un rayo de luz que atraviesa un vidrio, una capa de agua y sale al aire.

- a. Dibuja cualitativamente la trayectoria del rayo cuando sale al aire desde el agua.
- b. Calcula el índice de refracción del vidrio.
- c. Se cambia el vidrio por otro de índice de refracción 1,55. Calcula el valor del ángulo del rayo dentro del vidrio a partir del cual el rayo no pasa del agua al aire.

5

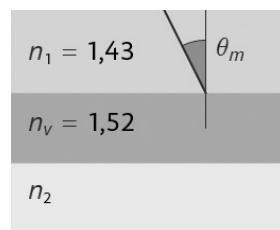


VER VÍDEO <https://youtu.be/O39e80R9jqc>

- b. 1,52 cm.
- c.  $40.18^\circ$

6. Un vidrio de índice de refracción 1,52, grueso, de caras planoparalelas y horizontal, separa dos líquidos. El líquido de arriba tiene un índice de refracción 1,43.

- a. Calcula el ángulo del rayo refractado dentro del vidrio, si el rayo llega por el líquido de arriba formando  $31^\circ$  con la vertical
- b. Calcula el índice de refracción del líquido por debajo del vidrio, si el ángulo límite para la refracción entre el vidrio y dicho líquido es de  $66^\circ$ .
- c. El líquido de abajo se cambia por un líquido de índice de refracción 1,35. Calcula el ángulo de incidencia mínimo (ver figura) para que un rayo que llega por el líquido superior, se refleje totalmente en la cara inferior del vidrio.



VER VIDEO <https://youtu.be/INeBpemrpKo>

- a.  
Ley de Snell:  $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow 1,43 \cdot \sin 31 = 1,52 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow \hat{r} = 28,98^\circ$
- b,  
Ley de Snell:  $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin 90^\circ \rightarrow 1,52 \cdot \sin 66 = n_2 \rightarrow n_2 = 1,39$
- c,  
Ley de Snell:  $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin 90^\circ \rightarrow 1,52 \cdot \sin i = 1,35 \rightarrow \hat{i} = 62,64^\circ$   
Ley de Snell:  $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin 90^\circ \rightarrow 1,43 \cdot \sin i = 1,52 \cdot \sin 62,64^\circ \rightarrow i = 70,74^\circ$

7. Un rayo láser, que emite luz de longitud de onda de 488 nm en el vacío, incide desde el aire sobre la superficie plana de un material con un índice de refracción de 1,55. El rayo incidente y el reflejado forman entre sí un ángulo de  $60^\circ$ .

- a. Determine la frecuencia y la longitud de onda del rayo luminoso en el aire y dentro del medio material.
- b. Calcule el ángulo que formará el rayo refractado en el material con el rayo reflejado en el aire. ¿Existirá algún ángulo de incidencia para el cual el rayo láser sufra reflexión total? Justifique la respuesta.

Datos: Índice de refracción del aire,  $n_{\text{aire}} = 1$ ; Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .  
 VER VÍDEO <https://youtu.be/OxERHNq eos>

- a.  $f = 6,15 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  y  $\lambda = 315 \text{ nm}$ .  
 b.  $r = 18,82^\circ$  y ángulo entre rayos =  $131,18^\circ$ . Si  $n_1 < n_2$  no se da la reflexión total, no hay ángulo límite.

8. Un depósito cúbico que contiene etanol tiene unas paredes planas de 2.5 cm de grosor fabricadas con un vidrio transparente de índice de refracción 1.55. Un rayo de luz incide desde el exterior (aire) sobre la pared de vidrio del depósito formando un ángulo de  $41,3^\circ$  respecto a la normal a la pared.  
 a. Calcule el ángulo que forma el rayo de luz con la normal a la pared del vidrio en contacto con el etanol.  
 b. El depósito se vacía y se rellena con un líquido desconocido. Si la luz incide con el mismo ángulo que en el caso anterior, el rayo entra en el líquido formando un ángulo de  $20,2^\circ$  con la normal. Justifique donde es mayor la velocidad de la luz, en el etanol o en el líquido desconocido.  
 VER VÍDEO <https://youtu.be/61bAmDcFk-0>

- a.  $r_1 = 25^\circ 12'$  y  $r_2 = 29^\circ 20'$   
 b.  $20,2^\circ < 29^\circ 20' \rightarrow n_{\text{líquido}} > n_{\text{etanol}} \rightarrow v_{\text{líquido}} < v_{\text{etanol}}$

9. Tenemos 3 medios materiales de índice de refracción 1,3; 1,7 y 1 respectivamente, separados por superficies planas y paralelas. Si sobre la superficie de separación de los dos primeros medios incide un rayo de luz con un ángulo de incidencia de  $60^\circ$ , representa la trayectoria que seguirá dicho rayo de luz en los demás medios.  
 VER VÍDEO <https://youtu.be/tcLCGLSCPya>

Ángulo de refracción en la primera cara  $41,47^\circ$ .  
 En la segunda cara se produce la reflexión total. Ángulo límite  $36^\circ$ .

10. Un haz de luz pasa de un medio de índice de refracción 1,33 a un medio de índice de refracción 1. Calcular el ángulo de incidencia para que los rayos reflejado y refractado sean perpendiculares.  
 VER VÍDEO <https://youtu.be/SD1DDv5H-WU>

$37,57^\circ$

SI TE GUSTAN LOS VÍDEOS PARA PREPARAR LOS EXÁMENES, COMPÁRTELOS  
 CON TUS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

ÉCHAME UNA MANO PARA QUE LA WEB CREZCA. CADA VEZ QUE MIRES UN VÍDEO  
 DALE A ME GUSTA.

11. Cuando un rayo de luz atraviesa una placa de cristal de espesor  $d$ , sufre un desplazamiento de su trayectoria debida a la refracción. Calcular el valor de dicho desplazamiento si el índice de refracción del cristal es 1,5; el ángulo de incidencia es de  $30^\circ$  y el espesor de la placa de 10 cm.

VER VÍDEO [https://youtu.be/a\\_qzn9CYT4k](https://youtu.be/a_qzn9CYT4k)

1,9 cm.

12. Sobre una de las caras de un prisma óptico de  $35^\circ$  incide un rayo de luz con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  si el índice de refracción del prisma es 1,5 calcular la trayectoria del rayo que incide sobre una de sus caras.

VER VÍDEO <https://youtu.be/ZnsPggGK9cA>

Ángulo de refracción en la primera cara  $19,47^\circ$ .

Ángulo de incidencia en la segunda cara  $15,53^\circ$ .

Ángulo de refracción en la segunda cara  $23,68^\circ$ .

13. Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie plana que separa dos medios, parte de la luz se refleja y parte se refracta. Si el ángulo de reflexión es de  $28^\circ$ , el de refracción es de  $35^\circ$  y el índice de refracción del primer medio vale  $n_1 = 1,30$ , determine:

a. El índice de refracción del segundo medio.

b. El ángulo de incidencia para el cual se produce reflexión total.

VER VÍDEO <https://youtu.be/HZ2MYGgT8GE>

a. El ángulo de reflexión es el mismo que el de incidencia:  $28^\circ$

Aplicando la ley de Snell:  $n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r \rightarrow n_2 = 1,06$

b. Ángulo límite =  $L = \arcsen n_2/n_1 = 55^\circ$

14. Explica cuando se da el fenómeno de la reflexión total. ¿Cuál es el valor del ángulo límite para una luz incidente sobre una superficie que separa vidrio de aire? Índice del vidrio 1,6

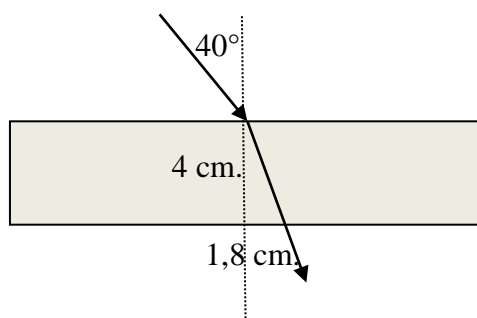
VER VÍDEO <https://youtu.be/WFnTcg220ic>

Cuando el índice de refracción del medio incidente es mayor que el del medio de refracción, para un determinado ángulo se da una refracción de  $90^\circ$ . A ese ángulo se le denomina ángulo límite. Para ángulos de incidencia mayores que el límite, no se da refracción, sino que todo el rayo se refleja, dando el fenómeno de la reflexión total.

Ángulo límite =  $L = \arcsen \frac{n_2}{n_1} = 39^\circ$

15. a. Un rayo de luz incide con un ángulo de  $40^\circ$  sobre una lámina de un material transparente del cual no conocemos el índice de refracción. A partir de los datos de la figura, haz una estimación de dicho índice de refracción.

b. Considerando  $n_2 > n_1$  indica razonadamente cuál de las dos trayectorias es la que seguiría un rayo de luz al pasar del medio 1 al medio 2, y si pasara del medio 2 al medio 1.

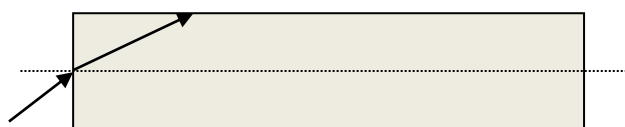


VER VÍDEO <https://youtu.be/7jXFUaiESMk>

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,8}{4} \rightarrow \alpha = 24,23^\circ$$

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow 1 \cdot \sin 40^\circ = n_2 \cdot \sin 24,23^\circ \rightarrow n_2 = 1,57$$

16. En la figura adjunta se observa una lámina de vidrio de índice de refracción 1,5, de longitud un metro y anchura 0,2 cm. Justo por la parte central se puede observar la trayectoria de un rayo que incide con un ángulo de  $40^\circ$ . ¿Cuántas reflexiones totales sufre el rayo antes de salir de la lámina?



VER VÍDEO <https://youtu.be/v2RUeKgGHVA>

Ley de Snell:  $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow 1 \cdot \sin 40^\circ = 1,5 \cdot \sin \hat{r} \rightarrow \hat{r} = 25,38^\circ$

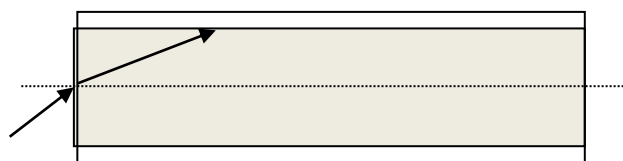
$$\operatorname{tg} \hat{r} = \frac{0,1}{a} \rightarrow a = \frac{0,1}{\operatorname{tg} 25,38^\circ} = 0,21 \text{ cm.}$$

Hay un impacto de la luz sobre el lateral de la fibra cada  $2a = 0,42$  cm.

$$\text{nº de impactos} = \frac{100 - 0,21}{0,42} = 237,6.$$

Habrà 237 + el primer impacto = 238 impactos o reflexiones totales.

17. En la figura adjunta se puede observar un modelo sencillo de fibra óptica, un núcleo de plástico de índice de refracción 1,58 y un revestimiento de plástico de índice de refracción 1,53. Un rayo de luz incide sobre el extremo de la fibra con un cierto ángulo, ¿cuál es el valor máximo que puede tomar  $\alpha$  de manera que se produzca reflexión total en el punto P?



VER VÍDEO <https://youtu.be/cgyKZA42vw>



$$\text{Reflexión total en } P \rightarrow L = \arcsen \frac{n_2}{n_1} = 75,55^\circ$$

$$\text{Ley de Snell: } n_1 \cdot \sen \hat{i} = n_2 \cdot \sen \hat{r} \rightarrow 1 \cdot \sen \hat{i} = 1,58 \cdot \sen (90 - 75,55) = 23,22^\circ$$

**18. ¿Qué vale el ángulo límite de la luz cuando pasa desde el aceite de índice de refracción 1,44 al agua de índice de refracción 1,33?**

$$l = \arcsen \frac{n_2}{n_1} = \arcsen \frac{1,33}{1,44} = 67,46^\circ$$

## 2. LOS DIOPTRIOS.

### a. Dioptrio esférico.

Se denomina **DIOPTRIO ESFÉRICO** a cualquier superficie esférica que separa dos medios transparentes de distinto índice de refracción.

Invariante de Abbe:

$$n \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{s} \right] = n' \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{s'} \right] \left\{ \begin{array}{l} n \text{ y } n' \text{ son los índices de refracción de los} \\ \text{medios separados por el dioptrio.} \\ R \text{ es el radio del dioptrio.} \\ s \text{ es la posición del objeto. Siempre } < 0. \\ s' \text{ es la posición de la imagen.} \end{array} \right.$$

$$\text{Foco imagen: } f' = R \frac{n'}{n' - n}$$

$$\text{Foco objeto: } f = -R \frac{n}{n' - n}$$

$$\frac{f}{s} + \frac{f'}{s'} = 1$$

$$\text{aumento lateral: } \beta = \frac{y'}{y} = \frac{-s' \cdot f'}{s \cdot f} = \frac{s' \cdot n}{s \cdot n'} \left\{ \begin{array}{l} y \text{ es el tamaño del objeto.} \\ y' \text{ es el tamaño de la imagen} \end{array} \right.$$

**19. Una larga y recta varilla de vidrio, de índice de refracción  $n = 1,5$ , termina por un extremo en una cara esférica convexa de radio 8 cm.**

**a. Calcular la posición y el tamaño de la imagen que esta cara produce de un objeto de 4 mm.**

**Situado a 20 cm. Del vértice.**

**b. Lo mismo si la cara fuese cóncava.**

**c. Repite el apartado b. suponiendo que el objeto y la varilla están sumergidos en agua.**

**VER VIDEO <https://youtu.be/Tcxyi9AQ4bY>**

a. Según la invariante de Abbe:  $\frac{1}{8} - \frac{1}{-20} = \frac{1,5}{8} - \frac{1,5}{s'} \rightarrow s' = 120 \text{ cm.}$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s' \cdot n}{s \cdot n'} \rightarrow \frac{y'}{4} = \frac{120}{-20} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot y' = -16 \text{ mm.}$$

b. Según la invariante de Abbe:  $\frac{1}{-8} - \frac{1}{-20} = \frac{1'5}{-8} - \frac{1'5}{s'} \rightarrow s' = -13'33 \text{ cm.}$   
 $\frac{y'}{y} = \frac{s' \cdot n}{s \cdot n'} \rightarrow \frac{y'}{4} = \frac{-13'33}{-20} \cdot \frac{1}{1'5} \cdot y' = 1'77 \text{ mm.}$

c. Según la invariante de Abbe:  $\frac{1'33}{-8} - \frac{1'33}{-20} = \frac{1'5}{-8} - \frac{1'5}{s'} \rightarrow s' = -33 \text{ cm.}$   
 $\frac{y'}{y} = \frac{s' \cdot n}{s \cdot n'} \rightarrow \frac{y'}{4} = \frac{-33}{-20} \cdot \frac{1'33}{1'5} \cdot y' = 5'85 \text{ mm.}$

**20. Tenemos un dioptrio esférico convexo de 15 cm. De radio que separa el aire de un vidrio de índice de refracción 1'567. Calcula las distancias focales objeto e imagen. ¿Obtendríamos los mismos resultados si el espejo fuese cóncavo?**

VER VIDEO <https://youtu.be/AesSDnIjhhY>

$$\text{Foco imagen: } f' = r \frac{n'}{n' - n} = 15 \frac{1,567}{1,567 - 1} = 41'5 \text{ cm.}$$

$$\text{Foco objeto: } f = -r \frac{n}{n' - n} = -15 \frac{1}{1,567 - 1} = -26'5 \text{ cm.}$$

Si el dioptrio fuera cóncavo  $R < 0$  los focos serían los mismos con el signo cambiado.

**SI TE GUSTAN LOS VÍDEOS PARA PREPARAR LOS EXÁMENES, COMPÁRTELOS CON TUS COMPAÑEROS Y AMIGOS.**

**ÉCHAME UNA MANO PARA QUE LA WEB CREZCA. CADA VEZ QUE MIRES UN VÍDEO DALE A ME GUSTA.**

**21. Las distancias focales objeto e imagen de un dioptrio esférico son, respectivamente, 15 cm. y - 22'5 cm. Determina:**

- Si el dioptrio es cóncavo o convexo.
- El radio de curvatura.
- El índice de refracción del segundo medio si el primero es aire.

VER VIDEO <https://youtu.be/tpTGRNfLFoA>

a, b.  $R = f + f'$ ,  $R = 15 - 22,5 = -7'5 \text{ cm.}$  El dioptrio es concavo pues  $R < 0$ .

$$\text{c. } \frac{f}{f'} = -\frac{n}{n'} \rightarrow \frac{15}{-22,5} = -\frac{1}{n'} \rightarrow n' = 1'5$$

**22. Un dioptrio esférico convexo de radio de 10 cm, separa el aire del vidrio ( $n = 1,5$ ). Si se coloca un objeto de 4mm en el aire y a 30 cm. del dioptrio. Calcula la posición de la imagen y su tamaño.**

Según la invariante de Abbe:  $\frac{1}{10} - \frac{1}{-30} = \frac{1'5}{10} - \frac{1'5}{s'} \rightarrow s' = -90 \text{ cm.}$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s' \cdot n}{s \cdot n'} \rightarrow \frac{y'}{0'4} = \frac{-90}{-20} \cdot \frac{1}{1'5} \cdot y' = 3 \text{ cm.}$$

**23. La córnea del ojo humano se comporta como un dioptrio esférico que separa 2 medios transparentes el aire y el humor acuoso  $n = 1,336$ . Si su radio es, por término medio, de 8 mm, calcula donde se formará la imagen de un objeto situado 20 cm. delante de ella.**

VER VIDEO <https://youtu.be/iiAifUXwbo>

$$n \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{s} \right] = n' \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{s'} \right] \rightarrow s' = 3,6 \text{ cm.}$$

### b. Dioptrio plano.

El **DIOPTRIO PLANO** podemos considerarlo como un caso particular del dioptrio esférico cuando su radio de curvatura es infinitamente grande; es decir  $R = \infty$ .

Fórmula del dioptrio plano.

$$n \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{s} \right] = n' \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{s'} \right] \stackrel{R=\infty}{\Rightarrow} \frac{n'}{s'} = \frac{n}{s}$$

**24. Calcula la profundidad aparente de un pez que se observa desde arriba en función de su profundidad real, h**

VER VIDEO <https://youtu.be/ay3vNQSS04g>

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s} \rightarrow \frac{1}{s'} = \frac{1,333}{-h} \rightarrow s' = -0,75 \cdot h$$

**25. Cuando un avión y un submarino están en la misma vertical, el piloto del avión, que vuela a 200 m. sobre el nivel del mar, observa al submarino a una distancia aparente de 250 m. calcula:**

a. La profundidad a la que navega el submarino.

b. La distancia aparente a la que se encuentra el aeroplano vista desde el submarino.

VER VIDEO <https://youtu.be/DgX2OR6NJTQ>

$$\begin{cases} s' = -50 \text{ m.} \\ n = 1,333 \\ n' = 1 \end{cases} \rightarrow \frac{n'}{s'} = \frac{n}{s} \rightarrow s = -66,7 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} s = 200 \text{ m.} \\ n = 1,333 \\ n' = 1 \end{cases} \rightarrow \frac{n'}{s'} = \frac{n}{s} \rightarrow s' = -266,7 \text{ m.} \rightarrow d = 66,7 + 266,7 = 333,3 \text{ m.}$$

## 3. LENTES DELGADAS.

De las expresiones  $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = (n_1 - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$  y  $\frac{1}{f'} = (n_1 - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$  obtenemos para lentes delgadas la expresión  $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$

$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$   $\left\{ \begin{array}{l} s \text{ es la distancia del objeto a la lente. La tomamos siempre negativa} \\ s' \text{ es la distancia de la imagen a la lente } \left\{ \begin{array}{l} \text{si es } - \text{ la imagen es virtual} \\ \text{si es } + \text{ la imagen es real} \end{array} \right. \\ f' \text{ y } f \text{ son las distancias focales. } f = -f' \left\{ \begin{array}{l} \text{Lentes divergentes } \rightarrow f' < 0 \\ \text{Lentes convergentes } \rightarrow f' > 0 \end{array} \right. \end{array} \right.$

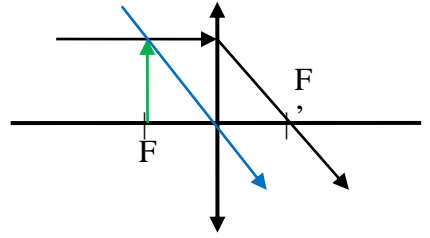
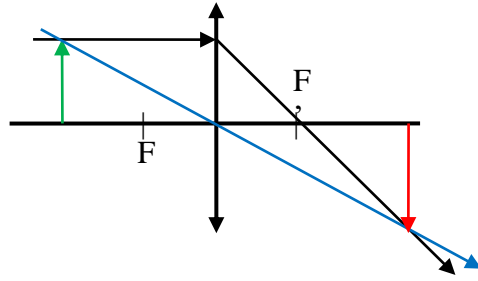
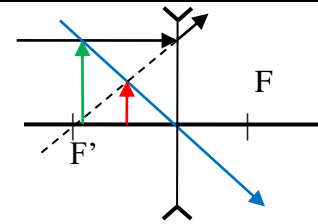
$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$   $\left\{ \begin{array}{l} y \text{ es el tamaño del objeto. Lo tomamos positivo.} \\ y' \text{ es el tamaño de la imagen } \left\{ \begin{array}{l} y' > 0 \rightarrow \text{imagen derecha} \\ y' < 0 \rightarrow \text{imagen invertida} \end{array} \right. \\ \beta \text{ es el aumento lateral } \left\{ \begin{array}{l} |\beta| > 1 \rightarrow \text{imagen mayor} \\ |\beta| < 1 \rightarrow \text{imagen menor} \\ \beta > 0 \rightarrow \text{imagen derecha} \\ \beta < 0 \rightarrow \text{imagen invertida} \end{array} \right. \end{array} \right.$

$P = \frac{1}{f'}$  {P es la potencia de la lente. Se mide en dioptrias ( $m^{-1}$ )}

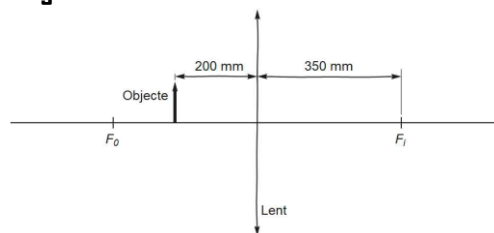
### Esquemas.

VER VIDEO <https://youtu.be/NJZXbPXnfEI>

	<p>→ El rayo paralelo al eje se desvía hacia <math>f'</math>.</p> <p>→ El rayo que pasa por <math>f</math> sale paralelo al eje.</p> <p>→ El rayo que pasa por el centro no se desvía.</p>
	<p>Lente convergente.</p> <p>Objeto entre el foco y la lente.</p> <p>Imagen <math>\left\{ \begin{array}{l} \text{Virtual.} \\ \text{Derecha.} \\ \text{Mayor.} \end{array} \right.</math></p>

	<p>Lente convergente. Objeto sobre el foco. No se forma imagen. Los rayos son paralelos.</p>
	<p>Lente convergente. Objeto a distancia mayor que la focal. Imagen { Real. Invertida. Mayor o menor.</p>
	<p>Lente divergente. Siempre da imagen { Virtual. Derecha. Menor.</p>

26. Disponemos de una lente delgada de + 350 mm de distancia focal.

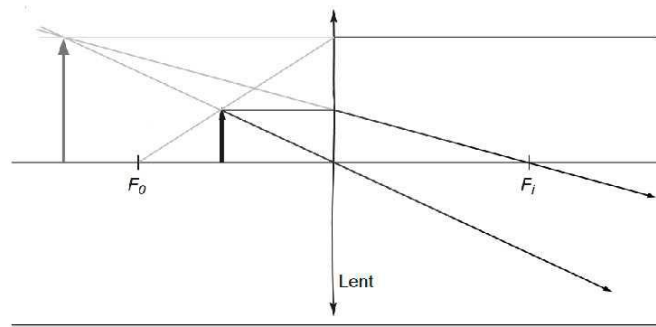


a. La figura representa la lente y un objeto a 200 mm de la lente. Copia la figura y dibuja los 3 rayos principales para determinar la imagen del objeto.

b. Calcula con la ecuación de Descartes la distancia entre la lente y la imagen de una flecha con el pie sobre el eje óptico a 400 mm a la izquierda de la lente. Indica explícitamente, si la imagen se forma a la izquierda o a la derecha de la lente.

c. La imagen de una flecha de 5 mm de altura con el pie a 0,85 m de la lente es real y está a 595 mm de la lente. Calcula la altura de la imagen e indica si la imagen es derecha o invertida.

a.



- b. La imagen se forma a 2,8 m a la derecha de la lente.  
 c. La imagen tiene una altura de  $-3,5$  mm. El hecho de que sea negativa, implica que la imagen es invertida.

27. a. Calcula la distancia focal de una lente delgada si la imagen de un objeto de 2 mm de altura creada por la lente es virtual, tiene 8 mm de altura y se forma a 18 cm de la lente. Escribe explícitamente si la lente es convergente o divergente.

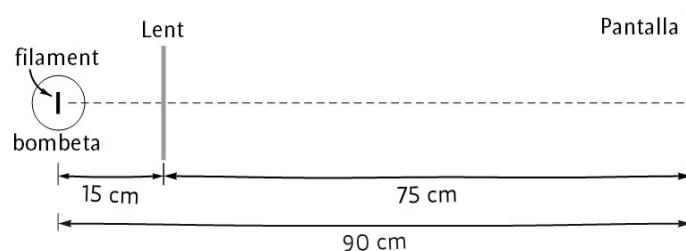
b. Un objeto de 3 cm de altura está situado con el pie sobre el eje óptico a 7 cm de una lente delgada de más 35 mm de distancia focal determina la imagen del objeto con el trazado de los 3 rayos principales.

VER VÍDEO <https://youtu.be/TdAQVyw2wg0>

- a. 60 mm. La lente es convergente.

28. El filamento de una bombilla encendida se proyecta sobre una pantalla usando una lente delgada. Las distancias del filamento y de la pantalla a la lente son 15 cm y 75 cm respectivamente. Ver figura.

- a. Calcula la distancia focal de la lente usada.  
 b. La imagen del filamento sobre la pantalla tiene una longitud de 2,5 cm. Calcula la longitud del filamento de la bombilla.  
 c. El filamento y la pantalla se mantienen separados 90 cm. La lente se mueve hacia la pantalla hasta que el filamento vuelve a estar enfocados sobre la pantalla. Calcula a qué distancia de la pantalla ha quedado la lente?



VER VÍDEO <https://youtu.be/-Kdeq-rjXbc>

- a.  $f = 12,5$  cm.  
 b.  $y = 0,5$  cm.  
 c. A 15 cm de la pantalla.

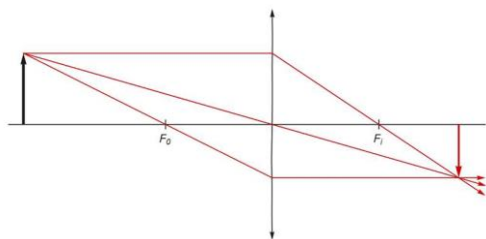
29. a. La imagen de un objeto de 3 mm de altura creada por una lente delgada es virtual, tiene 10 mm de altura y se forma a 14 cm de la lente. Calcula la distancia focal de la lente. Escribe explícitamente si la lente es convergente o divergente.

b. Traza los 3 rayos principales que determinan la imagen de un objeto de 4 cm. de altura situado sobre el eje óptico a 7 cm de una lente delgada de 30 mm de distancia focal.

VER VÍDEO <https://youtu.be/J3BoTCJ4wdQ>

a.  $f = 6 \text{ cm.} > 0$  lente convergente.

b.



30. Un objeto vertical de 2 mm de altura se encuentra situado 15 cm a la izquierda de una lente convergente de 40 dioptrías. Calcule:

a. La posición y tamaño de la imagen que forma la lente.

b. La posición de una segunda lente convergente de 6 cm de distancia focal, situada a la derecha de la primera lente, para que el sistema óptico genere una imagen en el infinito.

VER VÍDEO <https://youtu.be/cocsZHPAhrQ>

a.  $s' = 3 \text{ cm}$  y  $y' = -0,4 \text{ mm}$ .

b. Distancia entre lentes 9 cm.

SI TE GUSTAN LOS VÍDEOS PARA PREPARAR LOS EXÁMENES, COMPÁRTELOS  
CON TUS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

ÉCHAME UNA MANO PARA QUE LA WEB CREZCA. CADA VEZ QUE MIRES UN VÍDEO  
DALE A ME GUSTA.

31. Una ventana de 40 cm de anchura y 60 cm de altura se encuentra a 3 m de una pared. Se obtiene la imagen de la ventana enfocada sobre la pared con una lente delgada situada a 30 cm de la pared y 2,7 m de la ventana. Calcula:

a. La distancia focal de la lente usada.

b. El tamaño de la imagen, altura de la ventana

c. El área de la imagen de la ventana.

VER VÍDEO <https://youtu.be/JPazvQ543Lg>

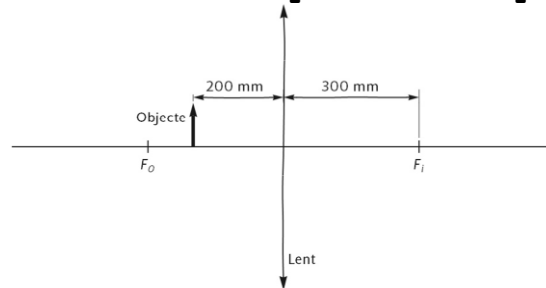
a.  $f = 0,27 \text{ m}$ .

b.  $y' = 6,67 \text{ cm}$ .

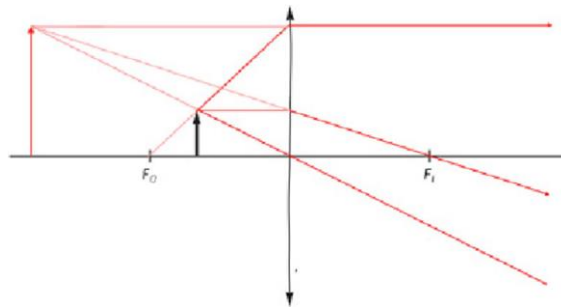
c.  $A = 29,63 \text{ cm}^2$ .

32. La figura representa un objeto delante de una lente delgada.

- Copia la figura y dibuja los 3 rayos principales para determinar la imagen de la flecha.
- Usa la ecuación de Descartes para calcular la distancia entre la lente y la imagen de una flecha con el pie sobre el eje óptico a 400 mm a la izquierda de la lente. Indica explícitamente si la imagen se forma a la izquierda o derecha de la lente.
- Una flecha de 1,2 cm de altura está a 0,42 m de la lente. La imagen de la flecha es real y se forma a 1,05 m de la lente. Calcula la altura de la imagen e indica si la imagen es derecha o invertida.



VER VÍDEO <https://youtu.be/JMqcdFt4vHs>



- $s' = 1200$  mm imagen real.
- $y' = -3$  cm imagen invertida.

33. La imagen de una ventana cuadrada de  $0,48 \text{ m}^2$  se proyecta sobre una pantalla con una lente delgada colocada a 1,5 metros de la ventana. La imagen es real, invertida y de  $0,03 \text{ m}^2$ .

- Justifica, con esta información, de manera breve y si usar el resultado del apartado siguiente, si la lente es convergente o divergente.
- Calcula la distancia focal de la lente usada para formar la imagen.

VER VIDEO <https://youtu.be/tpGjPpYNvos>

a. Si la imagen es real la lente es convergente, pues las lentes divergentes solo dan imágenes virtuales.

b.

$$\left\{ \begin{array}{l} s = -1,5 \\ s' = \frac{-\sqrt{0,03}}{\sqrt{0,48}} = -0,25 \end{array} \right. \rightarrow \frac{s'}{-1,5} = -0,25; s' = 0,375 \text{ m.}; \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; f' = 0,3 \text{ m.}$$

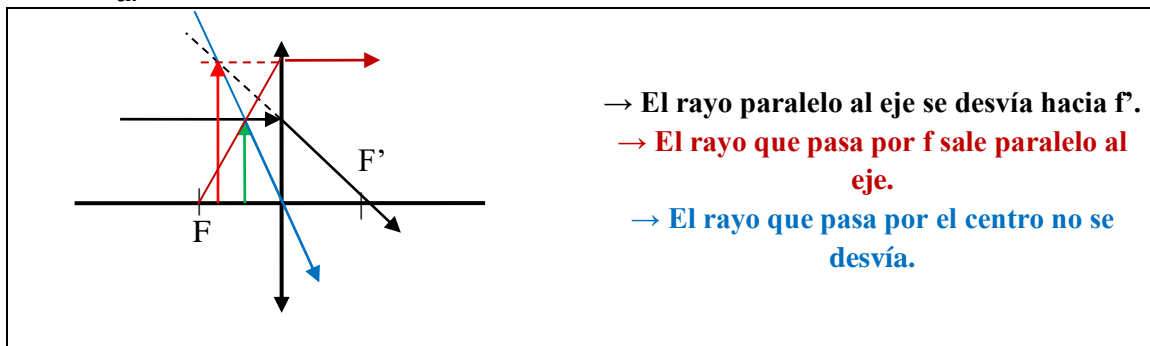
34. a. Haz un esquema con los 3 rayos principales que determinan la imagen de una flecha con el pie sobre el eje óptico a 3 centímetros de una lente de distancia focal + 50 mm.



b. Calcula a qué distancia de la lente convergente se ha de poner la flecha para que la imagen sea virtual y 3 veces más alta?

VER VIDEO <https://youtu.be/hV7YL-LGP7g>

a.



- El rayo paralelo al eje se desvía hacia f'.
- El rayo que pasa por f sale paralelo al eje.
- El rayo que pasa por el centro no se desvía.

b.

$$\left\{ \begin{array}{l} s = ? \text{ cm.} \\ f' = 5 \text{ cm.} \\ \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = 3 \end{array} \right. \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}; \frac{1}{3s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{5}; \frac{1-3}{3s} = \frac{1}{5}; 3s = -10 \rightarrow s = -\frac{10}{3} \text{ cm.}$$

35. Una vela a 80 cm de una lente delgada, se enfoca sobre una pantalla a 120 cm de la lente.

a. Calcula la altura de la imagen de la vela si la misma tiene 2,1 cm de altura. ¿Cómo es la imagen?

b. ¿Cuál es la distancia focal de la lente usada?

VER VIDEO <https://youtu.be/MU4h4JGcgouk>

a.

$$\left. \begin{array}{l} s = -80 \\ s' = 120 \end{array} \right\} \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow y' = \frac{y \cdot s'}{s} = \frac{2,1 \cdot 120}{-80} = -3,15 \text{ cm.}$$

El signo negativo de  $y'$  implica que la imagen es invertida y, por tanto, real.

b.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \rightarrow f' = \frac{s \cdot s'}{s - s'} = \frac{-80 \cdot 120}{-80 - 120} = 48 \text{ cm.}$$

36. Se tiene una lente de + 300 mm de longitud focal.

a. ¿Qué lente adicional se necesita para hacer un telescopio de Galileo de aumento angular 3?

b. Dibuja un esquema con la disposición de las dos lentes anteriores para el telescopio.

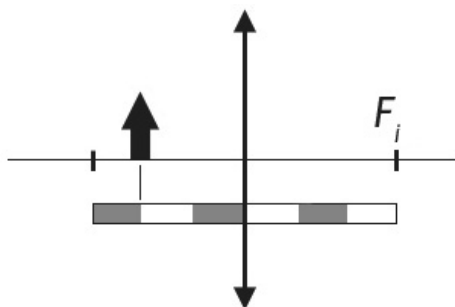
$$\text{Aumento} = -\frac{\text{Distancia focal objetivo}}{\text{Distancia focal ocular}} \rightarrow DF_{\text{ocular}} = \frac{-300}{3} = -100 \text{ mm.}$$

37. Una lente delgada de +60 mm de distancia focal se usa como lupa para mirar una hormiga.

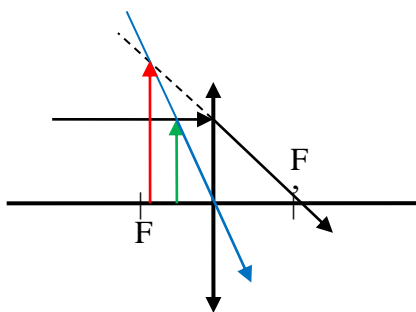
a. Calcula a que distancia de la hormiga se ha de situar la lente para que la imagen virtual se forme a 25 cm. de la lente.

b. Copia la lente y la flecha en el papel de examen con una escala semejante y haz un diagrama con dos rayos principales para determinar la imagen de la flecha.

VER VIDEO <https://youtu.be/AVjdQ9YHATQ>



$$s' = -25 \text{ cm. (pues es virtual)} \left. \begin{array}{l} f' = 6 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \rightarrow s = -\frac{150}{31} \text{ cm.}$$



Lente convergente.  
Objeto entre el foco y la lente.  
Imagen { Virtual.  
Derecha.  
Mayor.

38. Una lente de distancia focal +12 cm se usa para enfocar el filamento encendido de una bombilla sobre una pantalla situada a 21 cm de la lente en un montaje como el de la figura.

a. ¿A qué distancia del filamento se encuentra la lente cuando el filamento está enfocado sobre la pantalla?

b. Si la longitud transversal del filamento es de 1.2 cm, ¿qué longitud tiene su imagen?

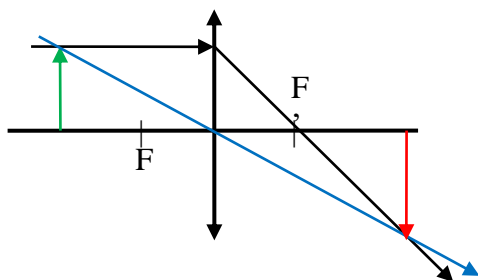
c. La imagen del filamento es real o virtual? ¿Está derecha o invertida?

VER VIDEO <https://youtu.be/l0FEgpozvPg>



$$s' = 21 \text{ cm. (pues es real)} \left. \begin{array}{l} f' = 12 \text{ cm.} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \rightarrow s = -28 \text{ cm.}$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \rightarrow y' = -0,9 \text{ cm.}$$



Lente convergente.  
 Objeto a distancia mayor que la focal.  
 Imagen { Real.  
           Invertida.  
           Mayor o menor.

**39. Una lente convergente forma una imagen de tamaño doble que un objeto real. Si la imagen queda 60 cm más allá de la lente, calcula:**

- La distancia del objeto a la lente.
- La distancia focal de la lente.

VER VIDEO [https://youtu.be/dBgHZj\\_PBL0](https://youtu.be/dBgHZj_PBL0)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Al formarse la imagen mas alla} \\ \text{de la lente es} \\ \text{real e invertida.} \\ \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = -2 \\ s' = 60 \text{ cm.} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{s'}{s} = -2 \\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{60}{s} = -2 \\ \frac{1}{60} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \end{array} \right\} \begin{cases} s = -30 \text{ cm.} \\ f' = 20 \text{ cm.} \end{cases}$$

**40. Considera una lente convergente de 10 cm de distancia focal y 2 objetos situados a 15 y 5 centímetros respectivamente de la lente. Para ambos objetos:**

- Determinar la distancia imagen y decir si la imagen es real o virtual.
- Determinar el aumento lateral y decir si la imagen es derecha o invertida.
- Explica en cada caso donde debemos colocar el ojo para observar bien la imagen directamente.

VER VIDEO <https://youtu.be/opFj5j1bR9w>

a.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{s'} - \frac{1}{-15} = \frac{1}{10} \rightarrow s' = 30 \text{ cm.} \rightarrow \text{imagen real.} \\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{-5} = \frac{1}{10} \rightarrow s' = -10 \text{ cm.} \rightarrow \text{imagen virtual.} \end{array} \right.$$

b.

$$\beta(\text{aumento lateral}) = \frac{s'}{s} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \beta = \frac{30}{-15} = -2 \rightarrow \text{Mayor e invertida.} \\ \beta = \frac{-10}{-5} = 2 \rightarrow \text{Mayor y derecha.} \end{array} \right.$$

c. La imagen se debe de producir más allá del punto próximo del ojo que se considera a 25 cm. del mismo por tanto en el primer caso debemos de situar el ojo

a 55 cm. de la lente y en el segundo a 15 cm. de la lente. Así la imagen se sitúa a 25 cm. del ojo.

**SI TE GUSTAN LOS VÍDEOS PARA PREPARAR LOS EXÁMENES, COMPÁRTELOS CON TUS COMPAÑEROS Y AMIGOS.**

**ÉCHAME UNA MANO PARA QUE LA WEB CREZCA. CADA VEZ QUE MIRES UN VÍDEO DALE A ME GUSTA.**

41. Queremos utilizar una lente convergente como lupa con una distancia focal de 12 cm para observar una moneda de 1,8 cm de diámetro. Determina la posición, naturaleza y tamaño de la imagen si:

- la moneda está a 10 cm de la lente.
- La moneda está a 14 cm de la lente.
- El ojo está relajado cuando mira objetos lejanos. ¿A qué distancia de la lente deberíamos de poner la moneda para observarla con el ojo relajado? ¿Cuál sería el aumento angular?

VER VIDEO <https://youtu.be/mUC8FhfWXDQ>

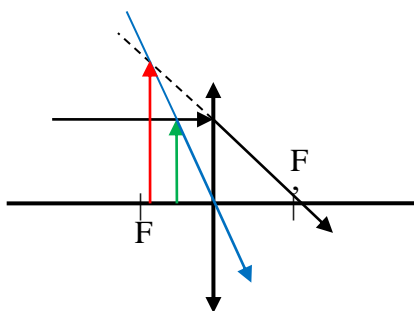
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{12} \rightarrow s' = -60 \text{ cm.} \rightarrow \text{imagen virtual, derecha y mayor.} \\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{-14} = \frac{1}{12} \rightarrow s' = 84 \text{ cm.} \rightarrow \text{imagen real, mayor e invertida.} \end{array} \right.$$

Deberíamos de situar la lente a una distancia de la moneda igual a la distancia focal, a 12 cm. Así los rayos llegarían paralelos al ojo. El aumento lateral será  $\alpha = 25/f = 2,1$  cm.

42. ¿Qué es una imagen virtual? ¿Se pueden formar imágenes virtuales con una lente convergente? si es que sí, da un ejemplo; si es que no, demuéstralo. Para explicarlo ayúdate de un diagrama de rayos.

La imagen es VIRTUAL cuando ésta se forma por la intersección en un punto de las prolongaciones de los rayos divergentes formados.

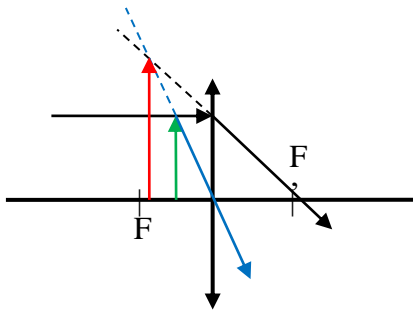
Sí, si se sitúa el objeto entre el foco y la lente.



Lente convergente.  
Objeto entre el foco y la lente.  
Imagen { Virtual.  
Derecha.  
Mayor.

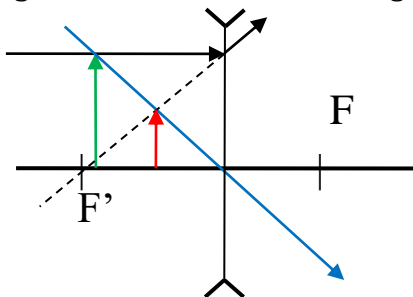
**43. Explica con la ayuda de un diagrama de rayos que es una imagen virtual y da un ejemplo en que un objeto real forme imagen virtual.**

La imagen virtual es aquella que se forma por la prolongación de los rayos y no por estos mismos. Puede ser vista situando el ojo en el trayecto de los rayos. Con lentes convergentes sí se pueden formar imágenes virtuales, como indica el gráfico.



Lente convergente.  
Objeto entre el foco y la lente.  
Imagen { Virtual.  
Derecha.  
Mayor.

Igualmente, con lentes divergentes.

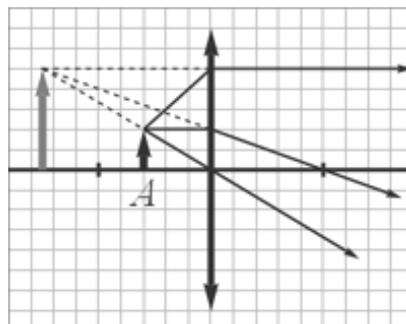
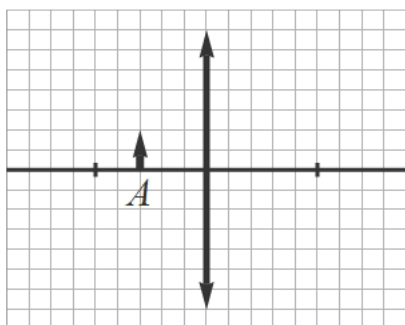


Lente divergente.  
Siempre da imagen { Virtual.  
Derecha.  
Menor.

**44. Se quiere construir una lente convergente de 5 dioptrías y sección simétrica, los radios de las caras son iguales en valor absoluto. ¿Cuál ha de ser el radio de las caras si la lente se fabrica con un vidrio de índice de refracción 1,68? Dibuja la sección de la lente.**

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \frac{2}{R} \rightarrow R = 0,27 \text{ m.}$$

**45. En la figura, el esquema representa una lente delgada y un objeto A. Dibuja la lente y el objeto en el papel de examen y traza la trayectoria de los 3 rayos principales para determinar la posición y medida de la imagen. Se valorará la precisión y claridad del trazado.**



46. Al situar un objeto delante de una lente convergente de 50 mm de distancia focal se observa que su imagen se forma también delante de la lente y separada 45 milímetros del objeto. ¿Cuál es el aumento transversal de la imagen?

VER VÍDEO <https://youtu.be/hDts8cMU44s>

$$\begin{cases} s - 45 = s' \\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \end{cases} \rightarrow \frac{1}{s - 45} - \frac{1}{s} = \frac{1}{50} \rightarrow s = -30 \text{ mm.} \rightarrow s' = -75 \text{ mm.}$$

$$\beta = \frac{-75}{-30} = 2,5$$

47. Al situar un objeto 40 mm por delante de una lente convergente se observa que su imagen se forma también delante de la lente, y su tamaño es 3 veces mayor que el objeto. ¿A qué distancia de la lente debería colocarse el objeto para que la imagen fuera 3 veces mayor pero invertida?

VER VÍDEO <https://youtu.be/B8HfaXHJGN8>

$$\begin{cases} s = -40 \text{ mm.} \\ y' = 3 \cdot y \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = 3 \rightarrow s' = 3s = -120 \text{ mm.} \\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \rightarrow \frac{1}{-120} - \frac{1}{-40} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{60} \rightarrow f' = 60 \text{ mm.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} f' = 60 \text{ mm.} \\ y' = -3 \cdot y \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = 3 \rightarrow s' = -3s \\ \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \rightarrow \frac{1}{-3s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{60} \rightarrow s = -80 \text{ mm.} \end{cases}$$

48. A 100 mm de una lente convergente de distancia focal 40 mm hay una flecha perpendicular al eje óptico de la lente. Determina gráficamente la imagen de la flecha con los 3 rayos principales. Comprueba que la posición de la imagen obtenida es coherente con la posición calculada mediante la ecuación de Descartes. ¿A qué distancia de la lente está la imagen?

VER VÍDEO <https://youtu.be/YMUr3spa-aA>

66,67 cm.

49. A 42 mm de una lente convergente de distancia focal 60 mm hay una mina de lápiz de 2,4 mm perpendicular al eje óptico de la lente. Determina gráficamente la imagen mediante los 3 rayos principales. Comprueba que la posición y el tamaño de la imagen obtenida es coherente con la posición calculada mediante la ecuación de Descartes y el tamaño calculado con el aumento transversal. ¿Cuál es el tamaño de la imagen?

VER VÍDEO <https://youtu.be/Of7YcNnSq5g>

$$s' = -140 \text{ mm.}$$

$$y' = 8 \text{ mm.}$$

50. La separación entre las lentes objetivo y ocular en un telescopio de Galileo es de 250 mm. Si la distancia focal del ocular es de -50 mm. ¿Cuál es el aumento del telescopio?

VER VÍDEO <https://youtu.be/3DaQsc1wQqo>

$$\text{Aumento} = 6$$

#### 4. ESPEJOS ESFÉRICOS.

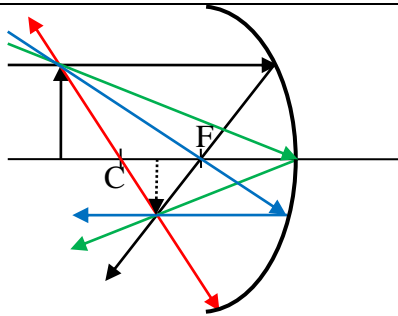
$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f'}$$

$s$  es la distancia del objeto al espejo. La tomamos siempre negativa.  
 $s'$  es la distancia de la imagen al espejo  $\left\{ \begin{array}{l} \text{si es } + \text{ la imagen es virtual} \\ \text{si es } - \text{ la imagen es real} \end{array} \right.$   
 $R$  es el radio del espejo  
 $f'$  y  $f$  son las distancias focales.  $f = f' \left\{ \begin{array}{l} \text{Espejos concavos} \rightarrow f' < 0 \\ \text{Espejos convexos} \rightarrow f' > 0 \end{array} \right.$

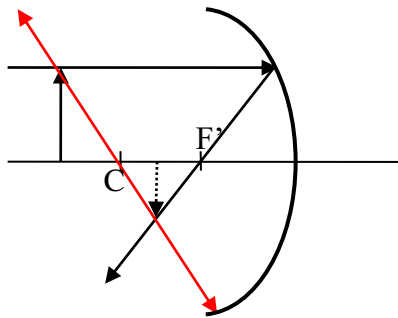
$$\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$$

$y$  es el tamaño del objeto. Lo tomamos positivo.  
 $y'$  es el tamaño de la imagen  $\left\{ \begin{array}{l} y' > 0 \rightarrow \text{imagen derecha} \\ y' < 0 \rightarrow \text{imagen invertida} \end{array} \right.$   
 $\beta$  es el aumento lateral  $\left\{ \begin{array}{l} |\beta| > 1 \rightarrow \text{imagen mayor} \\ |\beta| < 1 \rightarrow \text{imagen menor} \\ \beta > 0 \rightarrow \text{imagen derecha} \\ \beta < 0 \rightarrow \text{imagen invertida} \end{array} \right.$

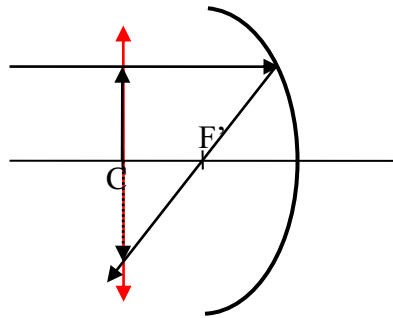
#### Esquemas.



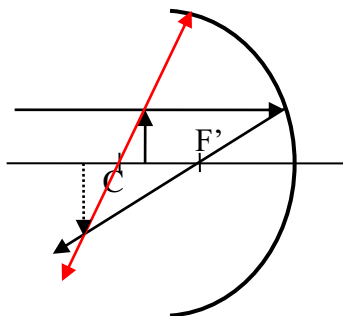
- El rayo paralelo al eje se desvía hacia  $f'$
- El rayo que pasa por el foco se desvía paralelo al eje.
- El rayo que da en el origen se refleja con el mismo ángulo.
- El rayo que pasa por el centro no se desvía.



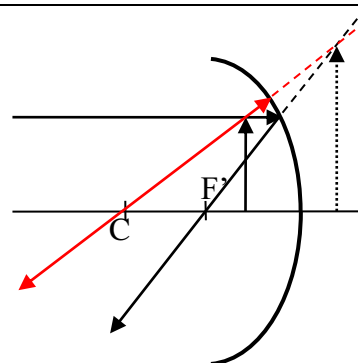
Espejo cóncavo.  $f' < 0$   
 Objeto más allá del centro.  
 Imagen { Real.  
           Invertida.  
           Menor



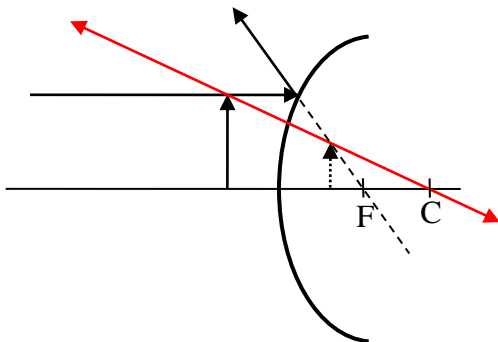
Espejo cóncavo.  $f' < 0$   
 Objeto sobre el centro.  
 Imagen { Real.  
           Invertida.  
           Igual



Espejo cóncavo.  $f' < 0$   
 Objeto entre C y  $f'$ .  
 Imagen { Real.  
           Invertida.  
           Mayor



Espejo cóncavo.  $f' < 0$   
 Objeto entre  $f'$  y espejo.  
 Imagen { Virtual.  
           Derecha.  
           Mayor



Espejo convexo.  $f' > 0$   
 No depende de la posición del objeto.  
 Imagen { Virtual.  
           Derecha.  
           Menor



**SI TE GUSTAN LOS VÍDEOS PARA PREPARAR LOS EXÁMENES, COMPÁRTELOS CON TUS COMPAÑEROS Y AMIGOS.**

**ÉCHAME UNA MANO PARA QUE LA WEB CREZCA. CADA VEZ QUE MIRES UN VÍDEO DALE A ME GUSTA.**

**51. En un parque de atracciones se desea instalar un espejo esférico tal que, cuando una persona se coloca a 2m. de él, se vea con una altura que sea cuatro veces su estatura. Establece el tipo de espejo y su radio.**

Para que la imagen sea mayor debe ser un espejo cóncavo.

$$\left. \begin{array}{l} s = -2\text{m.} \\ \beta = 4 \end{array} \right\} \beta = -\frac{s'}{s} \rightarrow s' = -s \cdot \beta = 8\text{ m.} \quad \frac{1}{-2} + \frac{1}{8} = \frac{2}{r} \rightarrow r = -\frac{16}{3}\text{ m.}$$

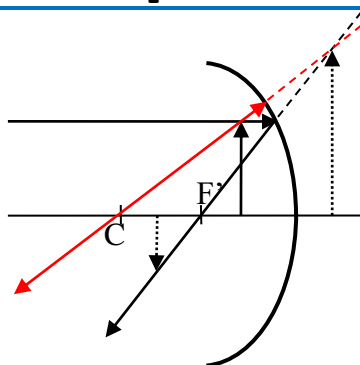
$r < 0 \rightarrow$  confirma espejo cóncavo.

**52. Dado un espejo que forma una imagen real, invertida y de medida doble de un objeto situado a 20cm. del espejo. Calcula la posición de la imagen.**

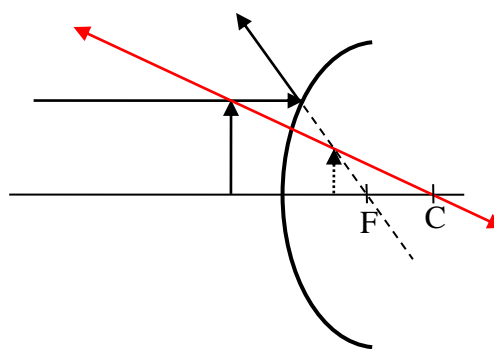
$$\left. \begin{array}{l} s = -20\text{ cm.} \\ \beta = -2 \end{array} \right\} \beta = -\frac{s'}{s} \rightarrow s' = -s \cdot \beta = -40\text{ cm.} \quad \frac{1}{-20} + \frac{1}{-40} = \frac{2}{r} \rightarrow r = -26'67\text{ cm.}$$

Real  $\rightarrow$  concavo.  
 $r < 0 \rightarrow$  confirma espejo cóncavo.

**53. Indica qué tipos de espejos y en qué condiciones producen una imagen virtual. Justificarlo mediante gráficos.**



Espejo cóncavo.  $f' < 0$   
Objeto entre  $f$  y espejo.  
Imagen  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Virtual.} \\ \text{Derecha.} \\ \text{Mayor} \end{array} \right.$



Espejo convexo.  $f' > 0$   
No depende de la posición del objeto.  
Imagen  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Virtual.} \\ \text{Derecha.} \\ \text{Menor} \end{array} \right.$

**54. Delante de un espejo esférico convexo de 50 cm. de radio de curvatura se sitúa un objeto de 4 cm de altura, perpendicularmente al eje óptico del espejo y a 75 cm. de distancia de su vértice. Calcular:**  
a.- La distancia focal del espejo.  
b.- La posición de la imagen.

**c.- El tamaño de la imagen.**

a.  $f^* = R/2 = 25 \text{ cm.}$

b.  $s' = \frac{s \cdot f'}{s - f'} = 18'75 \text{ cm.}$

c.  $y' = -y \frac{s'}{s} = 1 \text{ cm}$

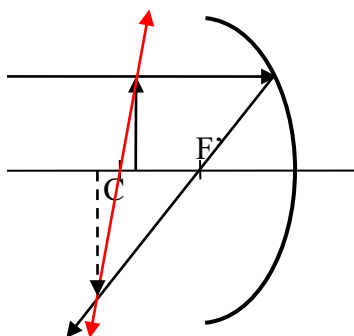
**55. Dado un espejo que forma una imagen real, invertida y de doble tamaño que los objetos situados a 20 cm:**

- Determine el radio de curvatura del espejo;
- Determine la posición de la imagen;
- Dibuje un esquema que muestre el progreso de los rayos.

a,b.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Real} \rightarrow \text{concavo} \\ \beta = -2 \\ s = -20 \text{ cm.} \end{array} \right\} \beta = -\frac{s'}{s} \rightarrow s' = -40 \text{ cm.} \rightarrow \frac{1}{-40} + \frac{1}{-20} = \frac{2}{R} \rightarrow R = -26'67 \text{ cm.}$$

c.



**56. Un espejo esférico, que actúa como retrovisor de un coche estacionado, proporciona una imagen virtual de un vehículo que se aproxima a velocidad constante. El tamaño de esta imagen es 1/10 del tamaño real del vehículo cuando se encuentra en 8 m del espejo.**

- ¿Cuál es el radio de curvatura del espejo?
- ¿A qué distancia del espejo está la imagen correspondiente?
- Si un segundo después la imagen observada en el espejo se duplica, ¿se podría decir con que velocidad se aproxima el vehículo?

a.)

$$\left. \begin{array}{l} y' = \frac{1}{10} \cdot y \\ s = -8 \text{ m} \end{array} \right\} \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \rightarrow s' = 0'8 \text{ m.} \quad \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \rightarrow R = \frac{16}{9} \text{ m.}$$

b)  $s' = 0'8 \text{ m.}$ 

c)

27

$$y' = \frac{1}{5} \cdot y \left\{ \begin{array}{l} \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \\ \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \end{array} \right. \rightarrow s = \frac{-32}{9}.$$

Estaba a  $s = -8$  m y al cabo de un segundo está a  $s = -32/9$  m su velocidad es 4'44 m/s.

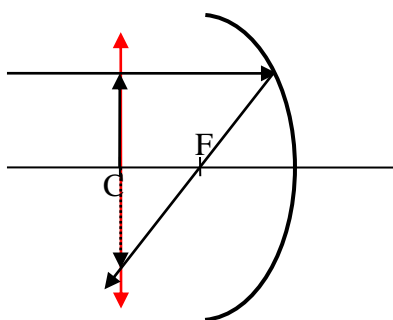
**57. a. Delante de que espejo esférico (cóncavo o convexo) debemos poner un objeto, y cómo, para que su imagen sea real. Razonen la respuesta.**

**b. Dibuje un diagrama de rayos y haga los cálculos apropiados en caso de que el objeto y la imagen (real) estén a la misma distancia del espejo. Tome como el módulo del radio de curvatura del espejo  $1\text{m}$  (el signo depende si usted ha elegido el espejo cóncavo o convexo).**

**c. ¿Cuál es el aumento en el caso anterior?**

a) Solo dan imágenes reales los espejos cóncavos.

b)



La imagen es REAL, INVERTIDA y del MISMO TAMAÑO.

$$\text{En este caso: } s = 2 \cdot f' \rightarrow s' = \frac{s \cdot f'}{s - f'} = \frac{2 \cdot f' \cdot f'}{2 \cdot f' - f'} = 2 \cdot f' = s.$$

La imagen está a la misma distancia de la lente que el objeto.

$$\beta = -\frac{s'}{s} = -1 \rightarrow \text{Imagen invertida y del mismo tamaño}$$

**58. ¿Cuál es la focal de un espejo esférico de radio  $r$ ? Comentar las ventajas de un espejo parabólico sobre uno esférico.**

En los espejos esféricos, la distancia focal objeto es igual a la distancia focal imagen, y, por tanto, solo se considera una distancia focal que es igual a la mitad del radio de curvatura del espejo.

Un espejo parabólico tiene la particularidad de que todos los rayos que llegan paralelos al eje óptico se reflejan pasando por el foco. Esta característica se aprovecha por ejemplo en la construcción de antenas parabólicas, hornos solares, etc.

De la misma manera todos los rayos que pasen por el foco se reflejan en el espejo saliendo paralelos al eje. Podemos observar esta propiedad al observar los faros de un

coche, en ellos la lámpara se coloca en el foco de manera que al salir los rayos de luz paralelos al eje la luz se concentra en la dirección de la carretera. Este comportamiento lo presentan sólo los espejos parabólicos, aunque también puede considerarse que se comportan así los espejos esféricos cuando corresponden a una pequeña sección de esfera. De hecho, a lo largo de la historia la gran mayoría de los espejos construidos han sido esféricos, porque resultan mucho más fáciles de construir.

**59. Un espejo cóncavo esférico tiene un radio de curvatura de 40 cm. A 100 cm frente al espejo, colocamos un objeto 10 cm en altura.**

- Determine la posición de la imagen de este objeto. Diga si la imagen es real o virtual.
- Determinar la altura de la imagen y decir si es directa o invertida.
- hacer un diagrama de rayos que represente la situación descrita.

$$\begin{array}{l} \text{a)} \\ R = -40 \text{ cm.} \\ s = -100 \text{ m.} \\ y = 10 \text{ cm.} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a)} \\ R = -40 \text{ cm.} \\ s = -100 \text{ m.} \\ y = 10 \text{ cm.} \end{array}} \right\} \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \rightarrow s' = -25 \text{ cm.} \rightarrow \text{imagen real.}$$

$$\begin{array}{l} \text{b)} \\ \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \rightarrow y' = -2'5 \text{ cm.} \end{array}$$

c)

