



## FÍSICA

4.- Un espello esférico cóncavo, de 1 m de radio, está enfrente dun espello plano colocado perpendicularmente ao eixo do espello, como se ve na figura. A distancia entre os dous espellos é 1,70 m. A 30 cm do espello plano e, apoiada sobre o eixo, atópase unha frecha obxecto de 2 cm de altura, de maneira que calquera raio que parte dela, reflíctese primeiro no espello plano e despois no esférico. Determinar:

- A posición da imaxe final.
- O tamaño da imaxe final, indicando se é real ou virtual.
- Se a reflexión se producise primeiro no espello cóncavo e despois no plano, ¿obteríase o mesmo resultado?. Xustifica a resposta representándoa graficamente.

*4. Un espejo cóncavo esférico, de 1 m de radio, está en frente de un espejo plano colocado perpendicular al eje del espejo, como se muestra en la figura. La distancia entre ambos espejos es de 1,70 m. A 30 cm del espejo plano y, apoyada sobre el eje, se encuentra una flecha objeto de 2 cm de altura, de modo que cualquier rayo que parte de ella, se refleja primero en el espejo plano y después en el esférico. Determinar:*

- La posición de la imagen final.*
- El tamaño de la imagen final, indicando si es real o virtual.*
- Si la reflexión se produjese primero en el espejo cóncavo y después en el plano, ¿se obtendría el mismo resultado?. Justifica la respuesta representándola gráficamente.*

*Referencia:*

*2001-Valencia-F4 donde también se razona si la imagen final es real o virtual habiendo sido virtual en un punto intermedio.*

No se dispone de enunciado original con la figura citada, pero leyendo el enunciado completo se ve que es un espejo plano en frente de uno cóncavo. Según convenio DIN 1335 los rayos parten del objeto y se propagan de izquierda a derecha, por lo que si se dice que inciden primero en el espejo plano, se puede pensar que el dibujo tendría el espejo plano a la derecha; tiene sentido que sea así para que sea “más lioso” pensar cómo tratar luego los signos en el cóncavo.

La idea esencial es que cuando tenemos un sistema óptico formado por varios elementos aplicamos superposición: consideramos el primer elemento por el que pasan los rayos, y la imagen obtenida la utilizamos como objeto del siguiente elemento, realizando las transformaciones necesarias para adaptar el nuevo centro óptico y eje óptico al nuevo elemento que tratemos.

Para poder utilizar las ecuaciones de espejos asumimos aproximación paraxial, que podemos ver que se cumple cualitativamente: tenemos distancias de m frente a tamaño de objeto de cm.  $y/f=2/50=0,04$ , y el error de asumir  $0,04=\sin(0,04)$  es inferior al 1%, aceptable.

a) Planteamos primero el espejo plano a la derecha del objeto, que según convenio DIN 1335 tendrá una posición  $s_1=-30$  cm, y una imagen  $s_1'=30$  cm.

Esa imagen del espejo plano pasa a ser el objeto del espejo cóncavo que es el nuevo elemento óptico, pero ahora tenemos que cambiar eje óptico: los rayos yendo de izquierda a derecha implica que la posición del objeto  $s_2=-170-30=-200$  cm, a la izquierda del espejo que transformando las referencias pasa a estar a la derecha. Con esta transformación, como el espejo es cóncavo, su radio es negativo,  $R=-100$  cm.

Planteamos la ecuación para el espejo:

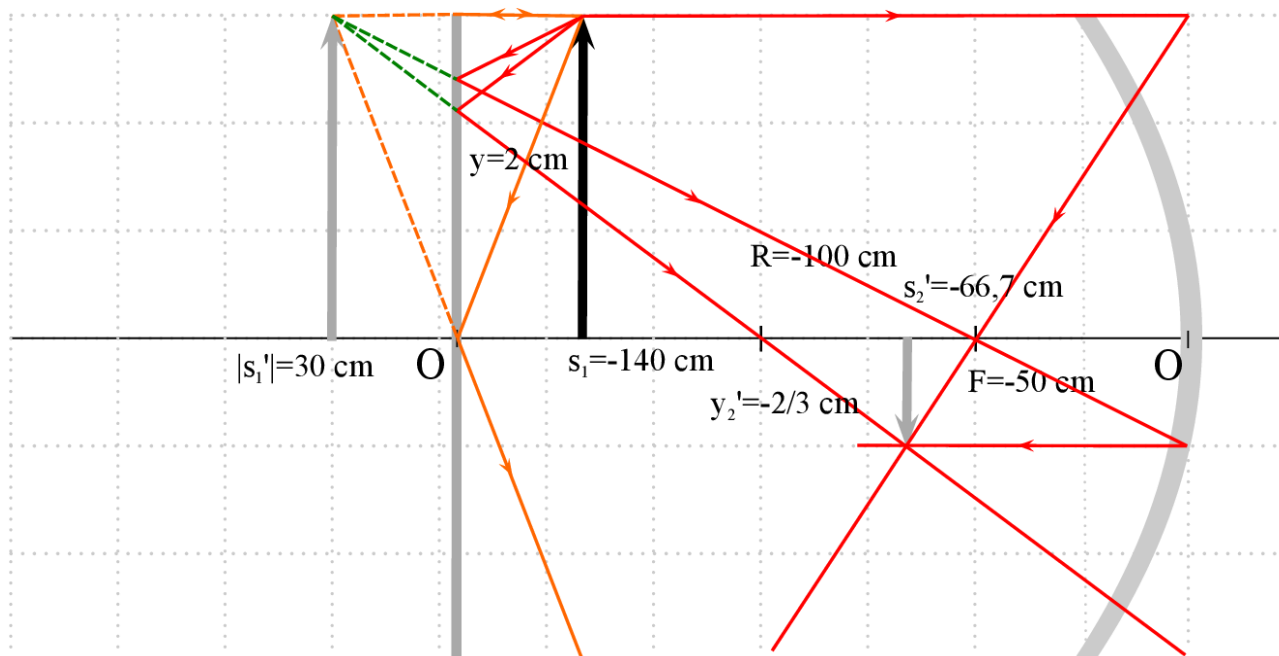
$$\frac{1}{s_2'} + \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow s_2' = \frac{1}{\frac{2}{R} - \frac{1}{s_2}} = \frac{1}{\frac{2}{-100} - \frac{1}{-200}} = \frac{-200}{3} \approx -66,7 \text{ cm}$$

Esta posición está medida respecto al espejo cóncavo y en dirección hacia el espejo plano.



b) El aumento de un espejo plano es la unidad y no lo tenemos en cuenta.

$$A = \frac{y_2'}{y_2} = \frac{-s_2'}{s_2} = \frac{200}{3 \cdot (-200)} = \frac{-1}{3} \Rightarrow y_2' = \frac{-1}{3} y_2 = \frac{-2}{3} \text{ cm}$$



Para razonar si es real o virtual hacemos el trazado de rayos (aunque en este apartado no se pide explícitamente en el siguiente se pide indirectamente para razonar si son iguales), pero podemos ver cualitativamente que si está en una posición “delante del espejo plano” no es virtual para el espejo plano y será real. Es real si los rayos se cortan en su recorrido, no sus prolongaciones.

c) Ahora planteamos que primero  $s_1 = -140$  cm para el espejo cóncavo, y usamos la ecuación del espejo con la nueva referencia.

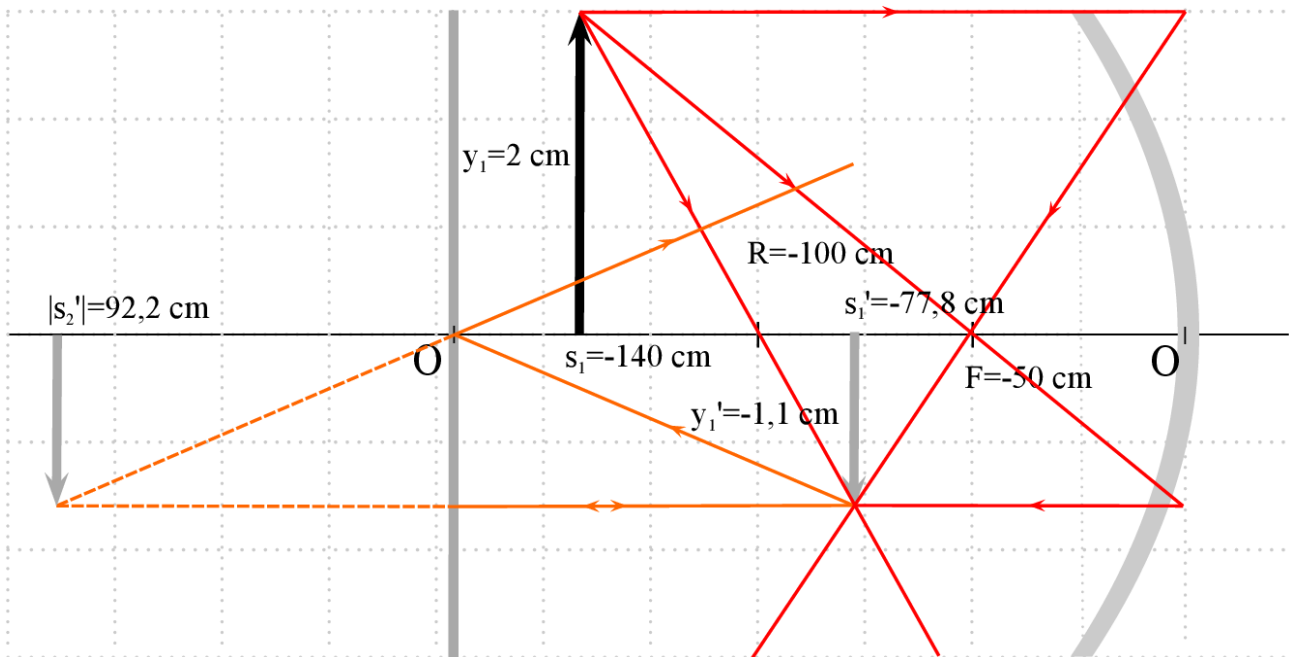
$$\frac{1}{s_1'} + \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow s_1' = \frac{1}{\frac{2}{R} - \frac{1}{s_1}} = \frac{1}{\frac{2}{-100} - \frac{1}{-140}} = \frac{-700}{9} \approx -77,8 \text{ cm}$$

Esa posición de imagen es respecto al espejo cóncavo, y esa imagen del espejo cóncavo pasa a ser el objeto del espejo plano que es el nuevo elemento óptico, pero ahora tenemos que cambiar eje óptico: los rayos van de izquierda a derecha, e implica que la posición del objeto respecto al espejo es negativa respecto al espejo, y su valor depende de la distancia de 170 cm entre ambos

$$s_2 = -\left(\frac{-700}{9} + 170\right) = \frac{-830}{9} \approx -92,2 \text{ cm}$$

Esta es una posición a la izquierda del espejo plano tras la transformación de referencias. Por lo tanto la imagen se forma a 92,2 cm del espejo plano, “detrás de él”, siendo virtual. Realizamos el trazado de rayos, y calculamos el aumento para validar si coincide con lo representado; el aumento de un espejo plano es la unidad y no lo tenemos en cuenta.

$$A = \frac{y_1'}{y_1} = \frac{-s_1'}{s_1} = \frac{-(-700)}{9 \cdot (-140)} = \frac{-5}{9} \approx -0,56 \Rightarrow y_1' = \frac{-5}{9} y_2 = \frac{-10}{9} \approx -1,11 \text{ cm}$$



La respuesta a la pregunta es que no se obtiene el mismo resultado. Estando entre ambos espejos, los rayos pueden ir hacia ambos lados, y cada espejo forma una imagen, que no coinciden. Que haya varias imágenes no lo veo cualitativamente mal, es como ponerse en un ascensor entre dos espejos y ver múltiples imágenes que se van repitiendo asociadas a múltiples reflexiones en cada espejo, cada una con una posición; en este problema también habría múltiples imágenes, pero solamente calculamos las primeras.