

Nombre y apellidos: _____



1. El **ángulo límite** vidrio-agua es de 60° ($n_a = 1,33$). Un rayo de luz que se propaga en el vidrio incide sobre la superficie de separación con un ángulo de 45° refractándose dentro del agua. Calcula:

- a. El **índice** de refracción del **vidrio**. $n_v = 1,54$ (1 pt.)
- b. El **ángulo** de **refracción** en el **agua**. $\alpha_r = 54,96^\circ$ (0,5 pt.)

2. Un **espejo cóncavo** tiene **50 cm** de **radio**. Un objeto de **5 cm** se coloca a **20 cm** del espejo:

- a. Dibuja el **diagrama de rayos**. (0,5 pt.)
- b. Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen. (1 pt.)

Imagen virtual, aumentada y derecha $s' = 1m$ $y' = 25cm$

3. Un objeto de **1,5 cm** de **altura** se sitúa a **15 cm** de una **lente divergente** que tiene una **focal** de **10 cm**.

- a. Dibuja el **diagrama de rayos**. (0,5 pt.)
- b. Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen. (1 pt.)
- c. ¿Se pueden obtener **imágenes reales** con una lente **divergente**? (0,5 pt.)

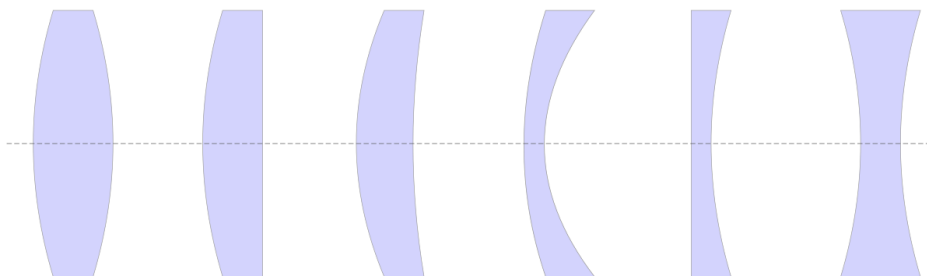
Imagen virtual, reducida y derecha.

4. **Dos lentes convergentes** iguales de **25 cm** de **focal** están separadas **80 cm**.

- a. Calcula la **posición y tamaño** que tiene la imagen de un objeto de **2 cm** situado a **55 cm** de la primera lente. (1 pt.)
- b. Calcula el **aumento** del **sistema** formado por las 2 lentes. (0,5 pt.)
- c. Dibuja el **diagrama de rayos**. (0,5 pt.)

$s'_2 = 93,16cm$ a la derecha de la segunda lente. $y'' = 4,54cm$

$$A = A_1 \cdot A_2 = -0,83 \cdot (-2,73) = 2,27$$





💡 CUESTIONES JUSTIFICADAS:

I. Cuando se observa el lecho de un río en dirección casi perpendicular, la **profundidad real** con relación a la **aparente** es:

- a) La misma.
- b) Menor.
- c) Mayor.

(1 pt.)

Dato: $n_{\text{agua}} > n_{\text{aire}}$

II. En un **espejo esférico convexo** la imagen que se forma de un objeto, es:

- a) Real invertida y de mayor tamaño que el objeto.
- b) Virtual derecha y de menor tamaño que el objeto.
- c) Virtual derecha y de mayor tamaño que el objeto.

(1 pt.)

III. Un ojo **miope** necesita una lente correctora de **-4 dioptrías** para ver con nitidez objetos muy lejanos. ¿Cuál es el **punto remoto** para este ojo sin la lente correctora?:

- a) + 25 cm.
- b) - 25 cm.
- c) Infinito.



(1 pt.)



COMPLEMENTARIO

C1 Un rayo de luz de **frecuencia $5 \cdot 10^{14}$ Hz** incide, con un ángulo de incidencia de **30°**, sobre una lámina de vidrio de caras **plano-paralelas** de espesor **10 cm**. Sabiendo que el **índice** de refracción del **vidrio** es **1,50** y el del **aire** **1,00**:

Gauss

- a. Enuncia las **leyes de la refracción** y dibuja la **marcha** de los **rayos** en el **aire** y en el interior de la lámina de **vidrio**. (0,5 pt.)
- b. Calcula la **longitud de onda** de la **luz** en el **aire** y en el **vidrio**, y la **longitud recorrida** por el rayo en el **interior** de la **lámina**. (1 pt.)
- c. Halla el **ángulo** que forma el **rayo** de **luz** con la **normal** cuando **emerge** de nuevo al **aire**. (0,5 pt.)

Dato: **Velocidad** de la **luz** $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

$$\lambda_{\text{aire}} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \lambda_{\text{vidrio}} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}, 10,6 \text{ cm}, \alpha_{r2} = 30^\circ$$

1. El **ángulo límite** vidrio-agua es de **60°** ($n_a = 1,33$). Un rayo de luz que se propaga en el vidrio **incide** sobre la superficie de separación con un ángulo de **45°** refractándose dentro del agua. Calcula:

a) El **índice de refracción** del **vidrio**.

b) El **ángulo de refracción** en el **agua**.

a) El **índice de refracción** del **vidrio**.

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \quad \text{Ley de Snell,}$$

$$\text{En el ángulo límite } n_v \cdot \sin 60^\circ = 1,33 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow n_v = \frac{1,33}{\sin 60^\circ} = 1,54$$

b) El **ángulo de refracción** en el **agua**.

$$1,54 \cdot \sin 45^\circ = 1,33 \cdot \sin \alpha_r \Rightarrow \sin \alpha_r = \frac{1,54 \cdot \sin 45^\circ}{1,33} = 0,82 \Rightarrow \alpha_r = \sin^{-1}\left(\frac{1,54 \times \sin 45^\circ}{1,33}\right) \approx 54,96^\circ$$

Como $n_a < n_v$ el rayo se aleja de la normal.

2. Un **espejo cóncavo** tiene **50 cm** de **radio**. Un **objeto** de **5 cm** se coloca a **20 cm** del espejo:

a) Dibuja el **diagrama de rayos**.

b) Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen.

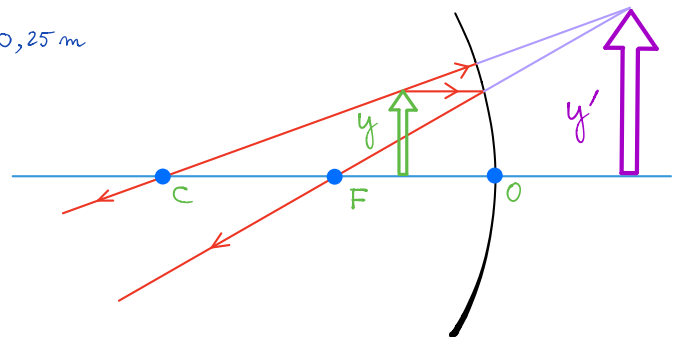
$$f = f' = \frac{R}{2} \quad \text{Distancia focal en un espejo esférico.} \Rightarrow f = \frac{-0,5 \text{ m}}{2} = -0,25 \text{ m}$$

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \quad \text{Ec. espejos esféricos} \Rightarrow s = -20 \text{ cm} = -0,2 \text{ m}$$

$$\frac{1}{1} + \frac{1}{-0,2} = \frac{1}{-0,25} \Rightarrow s' = 1 \text{ m}$$

$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad \text{Aumento lateral en espejos esféricos} \Rightarrow A = \frac{-1 \text{ m}}{-0,2 \text{ m}} = 5$$

$$\text{El tamaño de la imagen } y' = A \cdot y = 5 \cdot 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$



Espejo Cóncavo: Objeto situado entre F y O.

Imagen virtual, aumentada y derecha:

$$R < 0, f' < 0$$

3. Un objeto de **1,5 cm** de **altura** se sitúa a **15 cm** de una **lente divergente** que tiene una **focal** de **10 cm**.

a) Dibuja el **diagrama de rayos**.

b) Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen.

c) ¿Se pueden obtener imágenes **reales** con una lente **divergente**?

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \text{Ec. de Gauss para lentes delgadas} \Rightarrow f' = -10 \text{ cm} = -0,1 \text{ m (divergente)} ; s = -15 \text{ cm} = -0,15 \text{ m}$$

$$\frac{1}{-0,06} - \frac{1}{-0,15} = \frac{1}{-0,1} \Rightarrow s' = -0,06 \text{ m} = -6 \text{ cm}$$

El objeto $y = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m}$

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \text{Aumento lateral en lentes delgadas} \Rightarrow$$

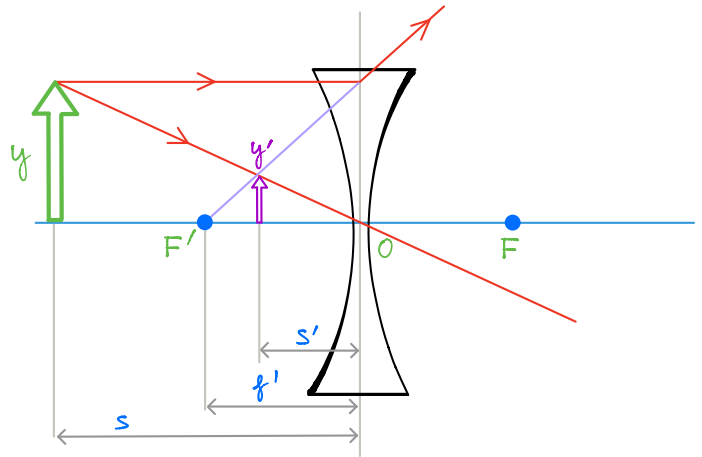
$$y' = y \cdot \frac{s'}{s} = 0,015 \text{ m} \cdot \frac{-0,06 \text{ m}}{-0,15 \text{ m}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 6 \text{ mm}$$

Las imágenes en las lentes divergentes son siempre virtuales.

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} &= \frac{1}{f'} \\ \frac{1}{s'} &= \frac{1}{f'} + \frac{1}{s} \end{aligned} \right\} \quad s' = \frac{1}{\frac{1}{f'} + \frac{1}{s}}$$

$s < 0$ y $f' < 0$ (divergente), luego

$$\frac{1}{f'} + \frac{1}{s} < 0 \Rightarrow s' < 0 \text{ siempre. La imagen se forma a la izquierda y es virtual.}$$



Lente divergente: Cualquier posición.

Imagen virtual, reducida y derecha.

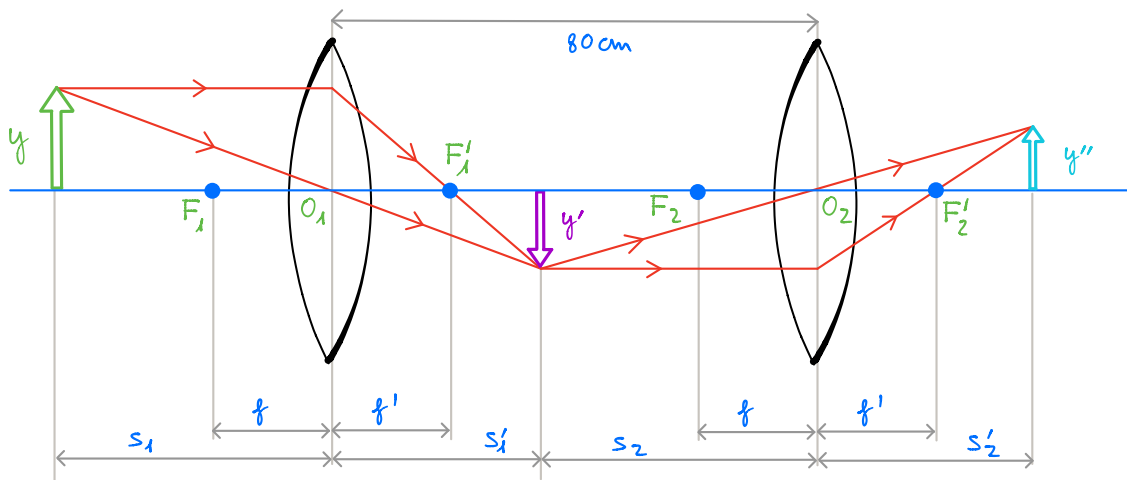
La distancia focal imagen f' es negativa.

4. Dos lentes convergentes iguales de 25 cm de focal están separadas 80 cm.

a) Calcula la **posición** y **tamaño** que tiene la imagen de un **objeto** de 2 cm situado a 55 cm de la primera lente.

b) Calcula el **aumento** del **sistema** formado por las 2 lentes.

c) Dibuja el **diagrama** de **rayos**. Datos: $f' = 25 \text{ cm}$, $y = 2 \text{ cm}$, $s_1 = -55 \text{ cm}$



$$\frac{1}{s_1'} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{45,83} - \frac{1}{-55} \approx \frac{1}{25} \Rightarrow s_1' = 45,83 \text{ cm}$$

$s_2 = 80 \text{ cm} - 45,83 \text{ cm} = 34,17 \text{ cm}$. La imagen está 34,17 cm a la izquierda de la segunda lente.

La imagen y' es el objeto de la segunda lente, luego $s_2 = -34,17 \text{ cm}$

$$\frac{1}{s_2'} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{93,16} - \frac{1}{-34,17} \approx \frac{1}{25} \Rightarrow s_2' = 93,16 \text{ cm a la derecha de la segunda lente.}$$

$$\text{Calculamos el aumento lateral: } A_1 = \frac{y'}{y} = \frac{s_1'}{s_1} = \frac{45,83 \text{ cm}}{-55 \text{ cm}} = -0,83, \quad A_2 = \frac{y''}{y'} = \frac{s_2'}{s_2} = \frac{93,16 \text{ cm}}{-34,17 \text{ cm}} = -2,73$$

$$\text{El aumento lateral total: } A = A_1 \cdot A_2 = -0,83 \cdot (-2,73) = 2,27$$

$$A = \frac{y''}{y} \Rightarrow y'' = A \cdot y = 2,27 \cdot 2 \text{ cm} = 4,54 \text{ cm (tamaño de la imagen final)}$$

💡 CUESTIONES JUSTIFICADAS:

I. Cuando se observa el lecho de un río en dirección casi perpendicular, la **profundidad real** con relación a la **aparente** es:

- a) La misma.
- b) Menor.
- c) Mayor.

Dato: $n_{\text{agua}} > n_{\text{aire}}$

$$\frac{n_2}{s'} - \frac{n_1}{s} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Ley del dioptrio esférico de Gauss

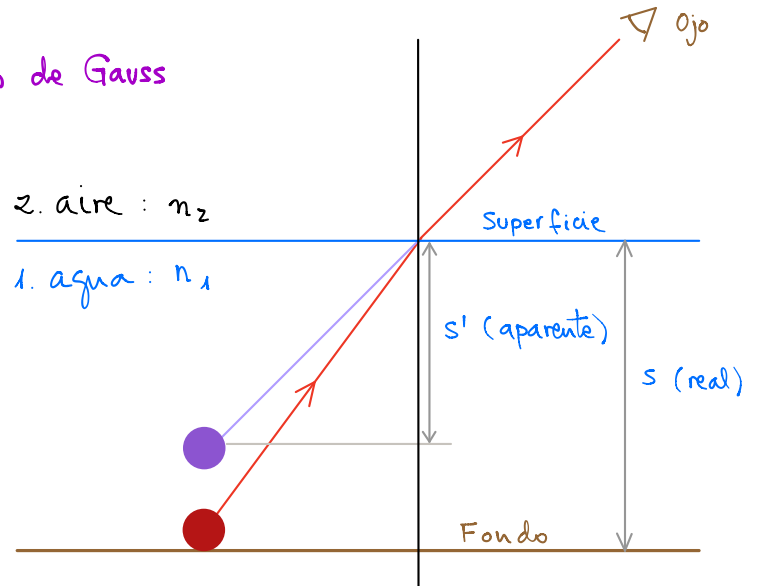
Plano, $R = \infty$

$$\frac{n_2}{s'} - \frac{n_1}{s} = 0 \Rightarrow \boxed{\frac{n_2}{s'} = \frac{n_1}{s}}, \quad s' \equiv \text{profundidad aparente}$$

$$\frac{n_{\text{aire}}}{s'} = \frac{n_{\text{agua}}}{s} \quad \left. \begin{array}{l} n_1 = n_{\text{agua}} \\ n_2 = n_{\text{aire}} \end{array} \right\}$$

Como $n_{\text{agua}} > n_{\text{aire}} \Rightarrow s > s'$

La respuesta es la c)

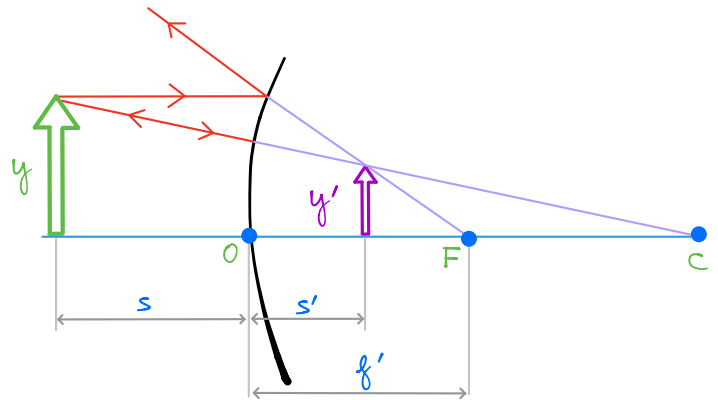


II. En un **espejo esférico convexo** la imagen que se forma de un objeto, es:

- a) **Real invertida** y de **mayor** tamaño que el objeto.
- b) **Virtual derecha** y de **menor** tamaño que el objeto.
- c) **Virtual derecha** y de **mayor** tamaño que el objeto.

Como se demuestra en el diagrama de rayos, la imagen es derecha, reducida y se forma a partir de las prolongaciones luego es virtual.

La respuesta es la b)



Espejo Convexo: Cualquier posición. Imagen virtual, reducida y derecha: $R > 0, f' > 0$

III. Un ojo **miope** necesita una lente correctora de **-4 dioptrías** para ver con nitidez objetos muy lejanos. ¿Cuál es el **punto remoto** para este ojo sin la lente correctora?:

- a) + 25 cm.
- b) - 25 cm.
- c) Infinito.

La distancia focal $f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{-4} = -0,25 \text{ m} = -25 \text{ cm}$ (< 0 , lente divergente),

$s = -\infty$ (objeto muy lejano)

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = P \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-\infty} = -4 \text{ D} \Rightarrow$$

$$s' = \frac{1}{-4} = -0,25 \text{ m} = -25 \text{ cm} \quad (\text{punto remoto del ojo miope}).$$

La respuesta es la b)

COMPLEMENTARIO

C1 Un rayo de luz de **frecuencia $5 \cdot 10^{14}$ Hz** incide, con un **ángulo de incidencia de 30°** , sobre una lámina de vidrio de caras **plano-paralelas** de **espesor 10 cm**. Sabiendo que el **índice de refracción del vidrio es 1,50** y el del **aire 1,00**:

- Enuncia las **leyes** de la **refracción** y dibuja la marcha de los **rayos** en el aire y en el interior de la lámina de vidrio.
- Calcula la **longitud de onda** de la luz en el aire y en el vidrio, y la **longitud recorrida** por el rayo en el interior de la lámina.
- Halla el **ángulo** que forma el **rayo** de luz con la **normal** cuando emerge de nuevo al aire.

Dato: Velocidad de la luz $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

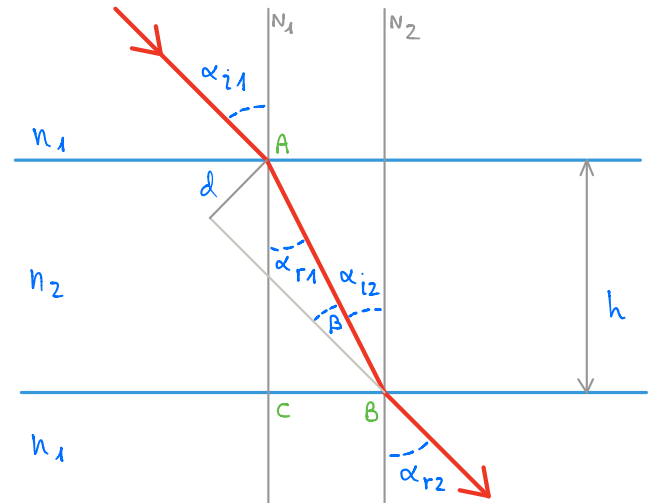
$$n_1 \operatorname{sen} \alpha_{i1} = n_2 \operatorname{sen} \alpha_{r1}$$

$$n_2 \operatorname{sen} \alpha_{i2} = n_1 \operatorname{sen} \alpha_{r2}$$

Por construcción se puede ver que $\alpha_{r1} = \alpha_{i2}$.

Como consecuencia el **ángulo incidente**
y el **emergente** son iguales:

$$\alpha_{i1} = \alpha_{r2}$$



- Calcula la **longitud de onda** de la luz en el aire y en el vidrio, y la **longitud recorrida** por el rayo en el interior de la lámina.

La velocidad de la luz en el aire $v_{\text{aire}} = \frac{c}{n_{\text{aire}}} = \frac{c}{1} = 3 \cdot 10^8$ m/s, luego $\lambda_{\text{aire}} = \frac{v_{\text{aire}}}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

La velocidad de la luz en el vidrio $v_{\text{vidrio}} = \frac{c}{n_{\text{vidrio}}} = \frac{c}{1,5} = 2 \cdot 10^8$ m/s, luego $\lambda_{\text{vidrio}} = \frac{v_{\text{vidrio}}}{f} = \frac{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

La longitud recorrida por el rayo es la hipotenusa del triángulo ABC. Aplicando Snell:

$$1 \cdot \operatorname{sen} 30^\circ = 1,5 \cdot \operatorname{sen} \alpha_{r1} \Rightarrow \operatorname{sen} \alpha_{r1} = \frac{1 \cdot \operatorname{sen} 30^\circ}{1,5} \approx 0,333 \Rightarrow \alpha_{r1} \approx 19,5^\circ$$

$$\text{La hipotenusa } AB = \frac{\text{Espesor (AC)}}{\cos \alpha_{r1}} = \frac{10 \text{ cm}}{\cos 19,5^\circ} \approx 10,6 \text{ cm}$$

Ley de Snell,

$$n_1 \operatorname{sen} \hat{i} = n_2 \operatorname{sen} \hat{r}$$

- Halla el **ángulo** que forma el **rayo** de luz con la **normal** cuando emerge de nuevo al aire.

Aplicamos de nuevo la ley de Snell entre el vidrio y el aire.

$$1,5 \cdot \operatorname{sen} 19,5^\circ = 1 \cdot \operatorname{sen} \alpha_{r2} \Rightarrow \operatorname{sen} \alpha_{r2} = \frac{1,5 \cdot \operatorname{sen} 19,5^\circ}{1} = 0,5 \Rightarrow \alpha_{r2} = 30^\circ$$

Como cabía esperar el rayo emerge con el mismo ángulo que $\alpha_{i1} = 30^\circ$.