



Nombre y apellidos: _____

1. Un **espejo cóncavo** tiene 50 cm de **radio**. Un objeto de 5 cm de **altura** se coloca a una **distancia** de 20 cm delante del espejo:

- Dibuja el **diagrama de rayos** que se corresponda con los datos. (0,5 pt.)
- Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen. (2 pt.)

2. Un objeto de 5 cm de **altura** está situado 15 cm por delante de un lente **divergente** de **distancia focal** 10 cm :

- Dibuja el **diagrama de rayos** que se corresponda con los datos. (0,5 pt.)
- Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen. (2 pt.)

3. Se midieron en laboratorio los siguientes valores para las **distancias objeto e imagen** de una lente **convergente**. Determina el valor de la **potencia** de la lente y su **incertidumbre (con 2 decimales)**. (2 pt.)

$s_i\text{ (cm)}$	39,0	41,9	49,3	59,9
$s'_i\text{ (cm)}$	64,3	58,6	48,8	40,6

💡 CUESTIONES JUSTIFICADAS:

- I. Un rayo de luz monocromática pasa desde el agua ($n = 1,33$) al aire, **¿a partir de qué ángulo no se produce refracción?**

- $41,2^\circ$
 - $0,85^\circ$
 - $48,75^\circ$
- (1 pt.)

- II. En una lámina de vidrio de caras **plano-paralelas**, de **índice de refracción** $1,4$ y situada en el aire ($n = 1$), incide un rayo de luz de frecuencia $4,3 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$ con un ángulo de **incidencia** de 30° . El **ángulo de refracción en el vidrio** y la **longitud de onda del rayo refractado** son respectivamente:

- $0,78^\circ$ y $6,977 \cdot 10^{-7}\text{ m}$
- $20,92^\circ$ y $6,977 \cdot 10^{-7}\text{ m}$
- $20,92^\circ$ y $4,983 \cdot 10^{-7}\text{ m}$

Dato: $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$



Annie Jump Cannon



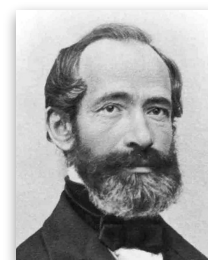
(2 pt.)

COMPLEMENTARIO

Un sistema óptico está formado por una **lente convergente** de 4 cm de **distancia focal (objetivo)** y, a su derecha, una **lente divergente** de 3 cm de **distancia focal (ocular)** situadas con una separación de 22 cm entre sí. Se coloca un objeto de 4 cm de **altura** a 5 cm de la primera lente (objetivo). Calcula la **posición, tamaño y características** de la **imagen final** y también el **aumento lateral total** del sistema óptico.

NOTA: NO HACE FALTA DIBUJAR EL DIAGRAMA DE RAYOS.

(1,5 pt.)



Carl Zeiss

1. Un **espejo cóncavo** tiene 50 cm de **radio**. Un objeto de 5 cm de **altura** se coloca a una **distancia** de 20 cm delante del espejo:

a. Dibuja el **diagrama de rayos** que se corresponda con los datos.

(0,5 pt.)

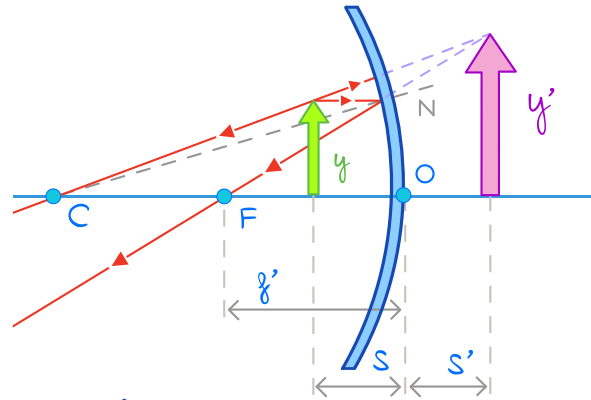
b. Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen.

(2 pt.)

a) Diagrama de rayos

Espejo Cóncavo: Objeto situado entre F y O.

Imagen virtual, aumentada y derecha: $R < 0, s' < 0$



b) Datos: $R = -50\text{ cm} < 0$ (cóncavo),

$s = -20\text{ cm}$, $y = 5\text{ cm} \Rightarrow$ Objeto entre el foco y el origen.

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

Ecuación de los espejos esféricos $\Rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{-20} = \frac{2}{-50} = -\frac{1}{25} \Rightarrow$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{25} + \frac{1}{20} \Rightarrow \frac{1}{s'} = \frac{-20 + 25}{25 \cdot 20} = \frac{5}{500} = \frac{1}{100} \Rightarrow s' = 100\text{ cm a la derecha (imagen virtual en un espejo)}$$

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

Aumento lateral en espejos esféricos

$$A = -\frac{s'}{s} = -\frac{100}{-20} = 5 \text{ aumentos} \Rightarrow \text{La imagen final es virtual como vimos antes, aumentada y derecha.}$$

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

2. Un objeto de 5 cm de **altura** está situado 15 cm por delante de un lente **divergente** de **distancia focal** 10 cm :

a. Dibuja el **diagrama de rayos** que se corresponda con los datos.

(0,5 pt.)

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

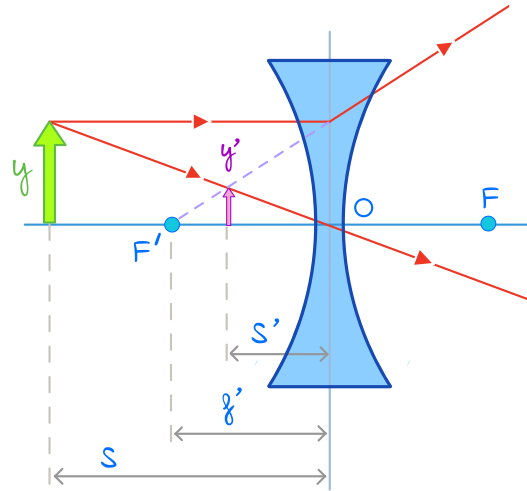
(2 pt.)

a) Diagrama de rayos

Lente divergente: Cualquier posición.

Imagen virtual, reducida y derecha.

La distancia focal imagen f' es negativa. $f' < 0$



b) Datos: $f' = -10\text{ cm} < 0$ (divergente) ,

$s = -15\text{ cm}$, $y = 5\text{ cm} \Rightarrow$

$$\boxed{\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}} \quad \text{Ecuación de las lentes delgadas} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-15} = \frac{1}{-10} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{-15-10}{15 \cdot 10} = \frac{-25}{150} \Rightarrow$$

$$s' = \frac{150}{-25} = -6\text{ cm} < 0 \text{ a la izquierda (imagen virtual en una lente)}$$

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

$$A = \frac{s'}{s} = \frac{-6}{-15} = +0,4 \text{ aumentos}$$

La imagen final es virtual como vimos antes, reducida y derecha.

$$y' = y \cdot A = 5\text{ cm} \cdot 0,4 = 2\text{ cm} \text{ (tamaño de la imagen)}$$

3. Se midieron en laboratorio los siguientes valores para las **distancias objeto e imagen** de una lente **convergente**. Determina el valor de la **potencia** de la lente y su **incertidumbre (con 2 decimales)**. (2 pt.)

s_i (cm)	39,0	41,9	49,3	59,9
s'_i (cm)	64,3	58,6	48,8	40,6

negativas

positivas

Trabajamos en metros para calcular la potencia en dioptrías.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f} = p$$

Potencias

Redondeo
a 2 decimales

$$\frac{1}{0,643} - \frac{1}{-0,39} = 4,12 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{0,586} - \frac{1}{-0,419} = 4,09 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{0,488} - \frac{1}{-0,493} = 4,08 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{0,406} - \frac{1}{-0,599} = 4,13 \text{ m}^{-1}$$

El valor medio de la potencia:

$$\bar{p} = \frac{4,12 + 4,09 + 4,08 + 4,13}{4} \approx 4,11 \text{ m}^{-1}$$

Desviaciones

$$|4,12 - 4,11| = 0,01$$

$$|4,09 - 4,11| = 0,02$$

$$|4,08 - 4,11| = 0,03$$

$$|4,13 - 4,11| = 0,02$$

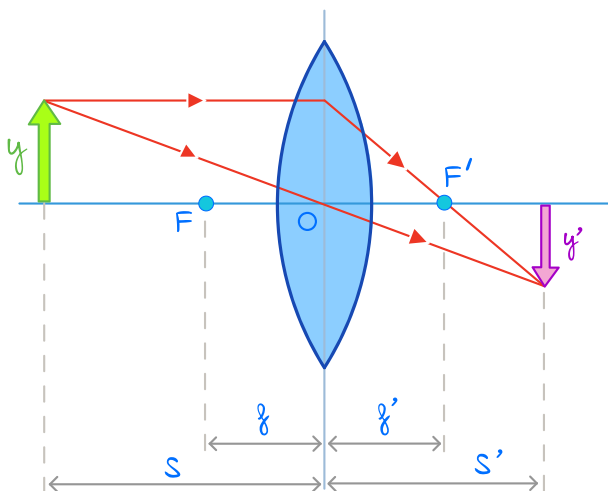
Incertidumbre; Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4-1} \cdot (0,01^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,02^2)} = 0,0244 \approx 0,02$$

$$\text{Potencia } \bar{p} \pm \sigma = 4,11 \pm 0,02 \text{ D } [\text{m}^{-1}]$$



Lente convergente: Objeto situado con $s > f$.

Imagen real e invertida (mayor o menor según s). $f' > 0$

💡 CUESTIONES JUSTIFICADAS:

- I. Un rayo de luz monocromática pasa desde el agua ($n = 1,33$) al aire, ¿a partir de qué ángulo no se produce refracción?
- a. $41,2^\circ$ b. $0,85^\circ$ c. $48,75^\circ$ (1 pt.)

Para que no se refracte, tiene que producirse una reflexión total.

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \quad \begin{array}{l} \text{Ley de refracción} \\ \text{Snell - Descartes} \end{array}$$

$$n_1 \cdot \sin \ell = n_2 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \ell = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \ell = \arcsen \frac{n_2}{n_1}$$

Ángulo límite ↗

La reflexión total sólo es posible cuando $n_1 > n_2$, es decir, cuando la luz se transmite desde el agua hacia el aire.

$$\ell = \arcsen \frac{1}{1,33} \simeq 48,75^\circ \quad (\text{Ángulo límite}) \quad \text{La opción correcta es la } \textcircled{C}$$

- II. En una lámina de vidrio de caras plano-paralelas, de índice de refracción 1,4 y situada en el aire ($n = 1$), incide un rayo de luz de frecuencia $4,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ con un ángulo de incidencia de 30° . El ángulo de refracción en el vidrio y la longitud de onda del rayo refractado son respectivamente:

- a. $0,78^\circ$ y $6,977 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 b. $20,92^\circ$ y $6,977 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 c. $20,92^\circ$ y $4,983 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

Dato: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$



Annie Jump Cannon



(2 pt.)

Calculemos la longitud de onda del rayo refractado.

Aplicamos la ley de Snell. $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$ Ley de refracción
Snell - Descartes $n_{\text{aire}} = 1$; $n = 1,4$

$$1 \cdot \sin 30^\circ = 1,4 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow \hat{r} = \arcsen \left(\frac{\sin 30^\circ}{1,4} \right) \simeq 20,92^\circ$$

Las frecuencias son iguales en todos los medios, sin embargo cambian las longitudes de onda:

$$\left. \begin{array}{l} \text{En el vacío: } \lambda_o \cdot f = c \\ \text{En otro medio: } \lambda \cdot f = v \end{array} \right\} \frac{\lambda_o}{\lambda} = \frac{c}{v} = n \Rightarrow n = \frac{\lambda_o}{\lambda} \quad \begin{array}{l} \text{Relación de} \\ \text{dispersión} \end{array} \Rightarrow$$

$$\lambda = \frac{\lambda_o}{n} = \frac{c}{f \cdot n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \cdot 1,4} \simeq 4,983 \cdot 10^{-7} \text{ m} ; \quad \text{La opción correcta es la } \textcircled{C}$$

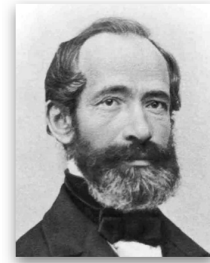
$$\lambda_o = \frac{c}{f}$$

COMPLEMENTARIO

Un sistema óptico está formado por **una lente convergente** de 4 cm de **distancia focal (objetivo)** y, a su derecha, **una lente divergente** de 3 cm de **distancia focal (ocular)** situadas con una separación de 22 cm entre sí. Se coloca un objeto de 4 cm de **altura** a 5 cm de la primera lente (objetivo). Calcula la **posición, tamaño y características** de la **imagen final** y también el **aumento lateral total** del sistema óptico.

NOTA: NO HACE FALTA DIBUJAR EL DIAGRAMA DE RAYOS.

(1,5 pt.)



Carl Zeiss

Datos: $f'_1 = 4\text{ cm}$, $f'_2 = -3\text{ cm}$, Separación 22 cm , $S_1 = -5\text{ cm}$, $y = 4\text{ cm} \Rightarrow$

$$\boxed{\frac{1}{S'_1} - \frac{1}{S_1} = \frac{1}{f'_1}} \Rightarrow \frac{1}{S'_1} - \frac{1}{-5} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{S'_1} = \frac{1}{4} - \frac{1}{5} = \frac{5-4}{4 \cdot 5} = \frac{1}{20} \Rightarrow$$

$S'_1 = 20\text{ cm}$ a la derecha. Esta imagen es el objeto de la 2ª lente.

$S_2 = -(22 - 20) = -2\text{ cm}$; calculemos la 2ª imagen (la final).

$$\boxed{\frac{1}{S'_2} - \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f'_2}} \Rightarrow \frac{1}{S'_2} - \frac{1}{-2} = \frac{1}{-3} \Rightarrow \frac{1}{S'_2} = -\frac{1}{3} - \frac{1}{2} = \frac{-3-2}{2 \cdot 3} = -\frac{5}{6} \Rightarrow$$

$S'_2 = -\frac{6}{5}\text{ cm} = -1,2\text{ cm}$ a la izquierda de la 2ª lente convergente. La imagen es **virtual**. ($S'_2 < 0$)

El aumento lateral $A_1 = \frac{y'}{y} = \frac{S'_1}{S_1} \Rightarrow A_1 = \frac{20}{-5} = -4 \times \Rightarrow$

$y = 4\text{ cm}$

$$y' = A_1 \cdot y = -4 \cdot 4\text{ cm} = -16\text{ cm}$$

$$A_2 = \frac{y''}{y'} = \frac{S'_2}{S_2} \Rightarrow A_2 = \frac{-\frac{6}{5}}{-2} = 0,6 \times \Rightarrow$$

$$y'' = A_2 \cdot y' = 0,6(-16\text{ cm}) = -9,6\text{ cm}$$

El aumento lateral total $A_T = \frac{y''}{y} = \frac{-9,6\text{ cm}}{4\text{ cm}} = -2,4 \times$

La imagen final es **virtual, aumentada e invertida** (con respecto al objeto inicial).

Método II: $\boxed{A_T = A_1 \cdot A_2} = (-4)(0,6) = -2,4 \times,$

$$y'' = A_T \cdot y = -2,4 \cdot 4\text{ cm} = -9,6\text{ cm}$$