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:
   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.)

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.)

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

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. $41{,}2°$ b. $0{,}85°$ c. $48{,}75°$ (1 pt.)

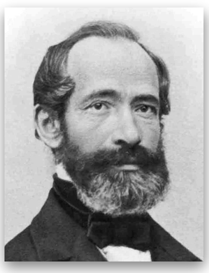
II. En una lámina de vidrio de caras **plano-paralelas**, de **índice de refracción** $1{,}4$ y situada en el aire ($n = 1$), incide un rayo de luz de frecuencia $4{,}3 \cdot 10^{14}\ Hz$ con un ángulo de **incidencia** de $30°$. El **ángulo de refracción en el vidrio** y la **longitud de onda del rayo refractado** son respectivamente:
   a. $0{,}78°$ y $6{,}977 \cdot 10^{-7}\ m$
   b. $20{,}92°$ y $6{,}977 \cdot 10^{-7}\ m$
   c. $20{,}92°$ y $4{,}983 \cdot 10^{-7}\ m$
   Dato: $c = 3 \cdot 10^8\ m/s$

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.)



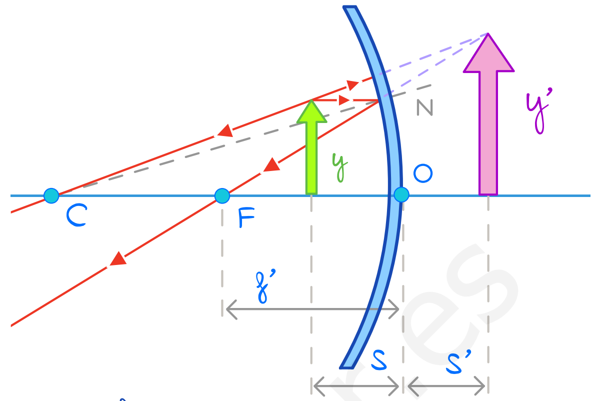
Carl Zeiss

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

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

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

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

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

$$\boxed{A = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}}$$ Aumento lateral en espejos esféricos

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

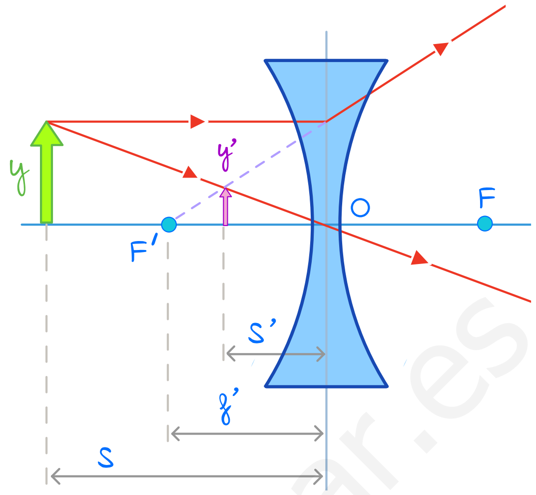
$y' = y \cdot A = 5\ cm \cdot 5 = 25\ cm$ (tamaño de la imagen)

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: $f' = -10\ cm < 0$ (divergente),

$s = -15\ cm$, $y = 5\ cm \Rightarrow$

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

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

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

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

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

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

$y' = y \cdot A = 5\ cm \cdot 0{,}4 = 2\ cm$ (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	negativas
s_i' (cm)	64,3	58,6	48,8	40,6	positivas

Trabajamos en metros para calcular la potencia en dioptrías.

$$\boxed{\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} = P}$$

Potencias

Redondeo a 2 decimales

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

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

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

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

El valor medio de la potencia:

$$\overline{P} = \frac{4,12 + 4,09 + 4,08 + 4,13}{4} \simeq 4,11\ m^{-1}$$

Desviaciones

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

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

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

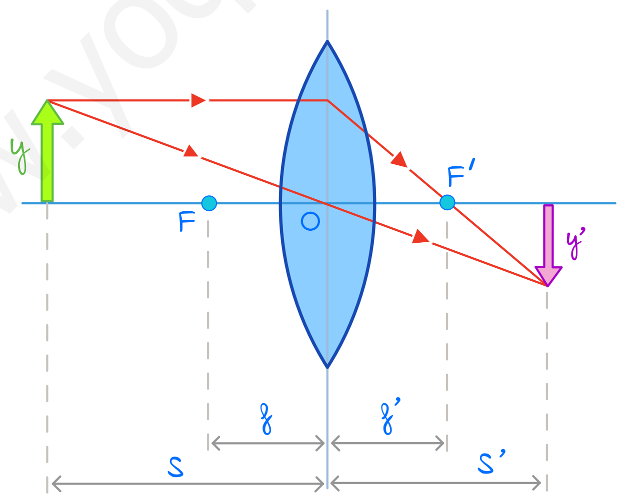
$$|4,13 - 4,11| = 0,02$$

Incertidumbre ; Desviación estándar :

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

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

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



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. $41{,}2°$ b. $0{,}85°$ c. $48{,}75°$ (1 pt.)

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

$$\boxed{n_1 \cdot \text{sen}\,\hat{i} = n_2 \cdot \text{sen}\,\hat{r}}$$ Ley de refracción Snell - Descartes

$$\boxed{n_1 \cdot \text{sen}\,\ell = n_2 \cdot \underbrace{\text{sen}\,90°}_{1}} \Rightarrow \text{sen}\,\ell = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \ell = \text{arc sen}\,\frac{n_2}{n_1}$$

Ángulo límite (ℓ)

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

$$\ell = \text{arc sen}\,\frac{1}{1{,}33} \simeq 48{,}75°$$ (Ángulo límite) La opción correcta es la 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 $4{,}3 \cdot 10^{14}\ Hz$ 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. $0{,}78°$ y $6{,}977 \cdot 10^{-7}\ m$

b. $20{,}92°$ y $6{,}977 \cdot 10^{-7}\ m$

c. $20{,}92°$ y $4{,}983 \cdot 10^{-7}\ m$

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

Annie Jump Cannon

(2 pt.)

Calculemos la longitud de onda del rayo refractado.

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

$$1 \cdot \text{sen}\,30° = 1{,}4 \cdot \text{sen}\,\hat{r} \Rightarrow \hat{r} = \text{arc sen}\left(\frac{\text{sen}\,30°}{1{,}4}\right) \simeq 20{,}92°$$

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

$$\left.\begin{array}{l} \text{En el vacío: } \lambda_0 \cdot f = c \\ \text{En otro medio: } \lambda \cdot f = v \end{array}\right\} \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{c}{v} = n \Rightarrow \boxed{n = \frac{\lambda_0}{\lambda}}$$ Relación de dispersión $\Rightarrow$

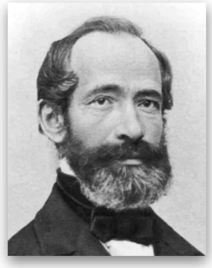
$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{c}{f \cdot n} = \frac{3 \cdot 10^8\ m/s}{4{,}3 \cdot 10^{14}\ Hz \cdot 1{,}4} \simeq 4{,}983 \cdot 10^{-7}\ m$$; La opción correcta es la c

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}$$

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

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

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

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

$$\boxed{\frac{1}{S'_2} - \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f'_2}} \Rightarrow \frac{1}{S'_2} - \frac{1}{-2} = \frac{1}{-3} \Rightarrow \frac{1}{S'_1} = -\frac{1}{3} - \frac{1}{2} = \frac{-3-2}{2 \cdot 3} = -\frac{5}{6} \Rightarrow$$

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

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

$y = 4\ cm$

$y' = A_1 \cdot y = -4 \cdot 4\ cm = -16\ cm$

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

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

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

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

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

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