Nombre y apellidos: ____

1. Un rayo de luz viaja desde el **diamante**, con un **índice** de **refracción** de $2{,}43$, al aire de **índice** 1.
   ¿A partir de qué **ángulo de incidencia** se produce la **reflexión interna total** ? $l = 24{,}3^\circ$ (1 pt.)

2. Un **espejo cóncavo** tiene $30\ cm$ de **radio**. Un objeto de $4\ cm$ se coloca a $20\ cm$ 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. (1,5 pt.)
   $s' = -60$ cm , $y' = -12$ cm , Imagen real, aumentada e invertida

3. Mediante una **lente delgada** de **distancia focal** $f' = 15\ cm$ se quiere obtener una imagen **derecha** y de **tamaño triple** que el objeto. Calcula la **posición** donde debe colocarse el **objeto** y la **posición** de la **imagen**. ¿La imagen es **real** o **virtual**? ¿La lente es **convergente** o **divergente**? (2 pt.)
   $s = -10$ cm , convergente , $s' = -30$ cm (imagen virtual)

4. Un sistema óptico está formado por **dos lentes convergentes** iguales de $20\ cm$ de **distancia focal** situadas con una separación de $70\ cm$. Se coloca un objeto de $3\ cm$ de **altura** a $30\ cm$ de la primera lente. 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 (2,5 pt.)
   $s_2' = -20$ cm , $y'' = -12$ cm , $A = -4$, La imagen final es virtual, invertida y aumentada $(-4x)$

💡 **CUESTIONES JUSTIFICADAS:**

I. En una **lente divergente**, la **imagen** que se forma de un objeto situado **en el punto focal** (**F**) es:

a) **Virtual derecha** y de **mayor** tamaño que el objeto.
b) **Virtual derecha** y de **igual** tamaño que el objeto.
c) **Virtual derecha** y de **menor** tamaño que el objeto.
Justifícalo con el diagrama de rayos. (0,5 pt.)

II. Cuando se observa el lecho de un río en dirección casi perpendicular, la **profundidad aparente** de un objeto que se encuentra a una profundidad real h es?

a) **La misma**.
b) $(3 \cdot h)/4$ es decir, **menor que la profundidad real.**
c) $(4 \cdot h)/3$ es decir, **mayor que la profundidad real.**
Justifícalo haciendo el cálculo. Datos: $n_{agua} = 4/3$, $n_{aire} = 1$ (1 pt.)


Jocelyn Bell Burnell
(Astrofísica)

III. La astrofísica *Jocelyn Bell Burnell* es **hipermétrope** y necesita una lente correctora de $+3$ dioptrías para ver objetos situados a $25\ cm$ de sus ojos.
¿Cuál es el **punto próximo** para sus ojos sin la lente correctora? :

a) $-100\ cm$
b) $-50\ cm$
c) **Infinito** (1 pt.)

COMPLEMENTARIO. LABORATORIO: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE UN MEDIO

Al tomar datos con diferentes inclinaciones de los rayos de luz en una lente semicircular suspendida en el aire (índice $n = 1$) se obtiene la siguiente tabla de datos para los ángulos (en grados) **incidentes** y **refractados**:

θ_i (°)	θ_r (°)
30	19
45	28
60	35
80	42

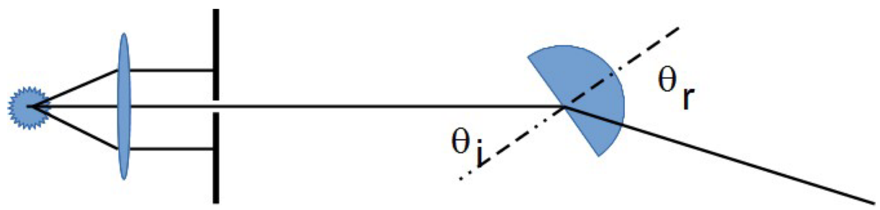
a. Describe brevemente (2 o 3 líneas) cómo realizarías el **montaje**. (0,25 pt.)

b. Determina el **índice de refracción (media aritmética)** de la lente y estima su **incertidumbre (pseudodesviación típica)**. Usa **2** decimales de precisión. (1 pt.)

$\overline{n} \pm \sigma = 1{,}51 \pm 0{,}03$ o bien $1{,}505 \pm 0{,}029$

---

a) Se necesita una fuente de rayos de luz paralelos, un láser unidireccional o bien una bombilla situada en el punto focal de una lente convergente; usaremos un transportador de ángulos o un disco de Hartle para medir diferentes ángulos de incidencia y refracción. Para variar los ángulos, o bien giramos la fuente de luz o bien giramos el medio (normalmente un vidrio) sobre el disco de Hartle.



Para calcular el índice de refracción utilizaremos la ley de Snell. $\boxed{n_1 \cdot \text{sen}\, \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen}\, \hat{r}}$

$n_1 = 1$ (índice del aire), $n_2 = n$ es el índice que queremos calcular: $n = \dfrac{\text{sen}\, \hat{i}}{\text{sen}\, \hat{r}} = \dfrac{\text{sen}\, \theta_i}{\text{sen}\, \theta_r}$

Completamos la tabla:

θ_i	θ_r	$n = \dfrac{\text{sen}\,\theta_i}{\text{sen}\,\theta_r}$	Desviación absoluta $\Delta n_i = \lvert n_i - \overline{n} \rvert$
30	19	1,54	0,03
45	28	1,50	0,01
60	35	1,51	0,00
80	42	1,47	0,04

Media $\overline{n} = \dfrac{1{,}54+1{,}50+1{,}51+1{,}47}{4} \simeq 1{,}505 \simeq 1{,}51$

Incertidumbre (pseudodesviación típica) $\boxed{\sigma = \sqrt{\dfrac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}}$

$\sigma = \sqrt{\dfrac{1}{4-1} \cdot (0{,}03^2 + 0{,}01^2 + 0{,}00^2 + 0{,}04^2)} \approx 0.029439 \simeq 0{,}029 \simeq 0{,}03$

El índice de refracción es $\begin{cases} \overline{n} \pm \sigma = 1{,}51 \pm 0{,}03 & \text{o bien} \\ \overline{n} \pm \sigma = 1{,}505 \pm 0{,}029 \end{cases}$

1. Un rayo de luz viaja desde el **diamante**, con un **índice** de **refracción** de $2{,}43$, al aire de **índice** 1. ¿A partir de qué **ángulo de incidencia** se produce la **reflexión interna total** ? (1 pt.)

Aplico la ley de Snell al caso límite $\hat{r} = 90^\circ$. Llamamos $\ell = \hat{\imath}$ (límite)

$$\boxed{n_1 \cdot \underbrace{\operatorname{sen} \ell}_{\text{Ángulo límite}} = n_2 \cdot \underbrace{\operatorname{sen} 90^\circ}_{1}} \Rightarrow, \quad \operatorname{sen} \ell = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \ell = \arcsin \frac{n_2}{n_1} = \arcsin \frac{1}{2{,}43}$$

$$\ell = \sin^{-1}\left(\frac{1}{2{,}43}\right) \approx 24.300520, \quad \ell = 24{,}3^\circ$$

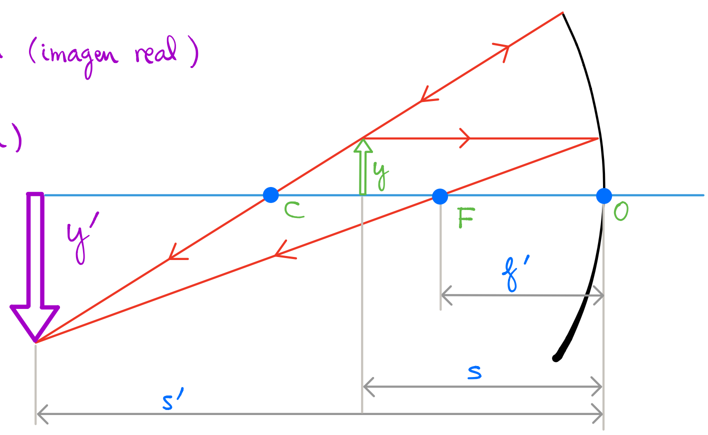
2. Un **espejo cóncavo** tiene $30\ cm$ de **radio**. Un objeto de $4\ cm$ se coloca a $20\ cm$ del espejo:
   a. Dibuja el **diagrama de rayos** que se corresponda con los datos. (0,5 pt.)
   b. Calcula la **posición**, **tamaño** y **características** de la imagen. (1,5 pt.)

Datos: $y = 4\ cm$, $s = -20\ cm$, $R = -30\ cm \Rightarrow f = \frac{R}{2} = -15\ cm$

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-60} + \frac{1}{-20} = \frac{1}{-15} \Rightarrow s' = -60\ cm \text{ (imagen real)}$$

$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} = -\frac{-60\ cm}{-20\ cm} = -3 \text{ (aumentada e invertida)}$$

$$y' = A \cdot y = -3 \cdot 4\ cm = -12\ cm$$



Espejo Cóncavo: Objeto situado entre C y F.

Imagen real, aumentada e invertida: $R < 0$, $f' < 0$

3. Mediante una **lente delgada** de **distancia focal** $f' = 15\ cm$ se quiere obtener una imagen **derecha** y de **tamaño triple** que el objeto. Calcula la **posición** donde debe colocarse el **objeto** y la **posición** de la **imagen**. ¿La imagen es **real** o **virtual**? ¿La lente es **convergente** o **divergente**? (2 pt.)

$A = 3$ (triple y derecha) $\quad A = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow 3 = \frac{s'}{s} \Rightarrow s' = 3s$

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{3s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{15} \Rightarrow \frac{s - 3s}{3s^2} = \frac{1}{15} \Rightarrow \frac{-2}{3s} = \frac{1}{15} \Rightarrow s = \frac{-2 \cdot 15}{3} \Rightarrow s = -10\ cm$$

Luego $s' = 3s = -30\ cm$ (imagen virtual)

La focal es positiva, así que la lente es convergente.

4. Un sistema óptico está formado por **dos lentes convergentes** iguales de $20\ cm$ de **distancia focal** situadas con una separación de $70\ cm$. Se coloca un objeto de $3\ cm$ de **altura** a $30\ cm$ de la primera lente. 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 (2,5 pt.)

Datos: $f' = 20\ cm$, $y = 3\ cm$, $s_1 = -30\ cm$

$$\frac{1}{s_1'} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{60} - \frac{1}{-30} = \frac{1}{20} \Rightarrow s_1' = 60\ cm \quad (\text{imagen real})$$

$s_2 = 70\ cm - 60\ cm = 10\ cm$. La imagen está 10 cm a la izquierda de la segunda lente.

La imagen y' es el objeto de la segunda lente, luego $s_2 = -10\ cm$

$$\frac{1}{s_2'} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{-20} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{20} \Rightarrow s_2' = -20\ cm$$

La imagen final y'' está 10 cm a la izquierda de la segunda lente.

Calculemos el aumento lateral: $A_1 = \frac{y'}{y} = \frac{s_1'}{s_1} = \frac{60\ cm}{-30\ cm} = -2 \Rightarrow A_2 = \frac{y''}{y'} = \frac{s_2'}{s_2} = \frac{-20\ cm}{-10\ cm} = 2$

Calculemos el tamaño: $y' = A_1 \cdot y = -2 \cdot 3\ cm \simeq -6\ cm \Rightarrow y'' = A_2 \cdot y' = 2 \cdot (-6\ cm) = -12\ cm$

El aumento lateral total: $\boxed{A = A_1 \cdot A_2} = -2 \cdot 2 = -4$, $A = \frac{y''}{y} \Rightarrow y'' = A \cdot y = (-4) \cdot 3\ cm = -12\ cm$

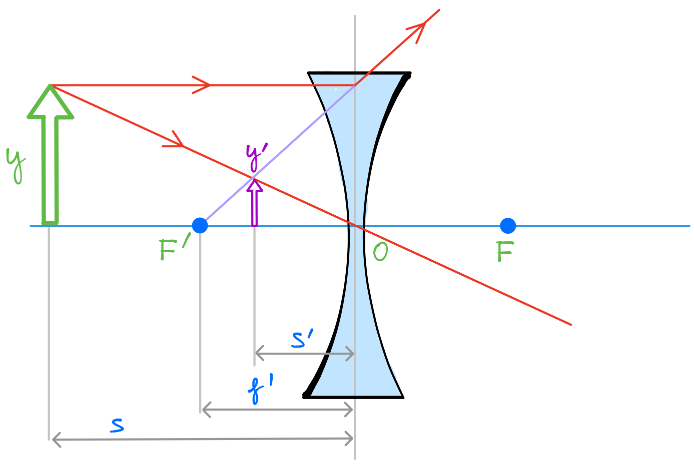
La imagen final es virtual, invertida y aumentada $(-4\times)$

💡 **CUESTIONES JUSTIFICADAS:**

I. En una **lente divergente**, la **imagen** que se forma de un objeto situado **en el punto focal** (**F**) es:

a) **Virtual derecha** y de **mayor** tamaño que el objeto.
b) **Virtual derecha** y de **igual** tamaño que el objeto.
c) **Virtual derecha** y de **menor** tamaño que el objeto.
Justifícalo con el diagrama de rayos. (0,5 pt.)

La imagen es virtual, derecha y reducida, independientemente de la distancia del objeto a la lente. La opción c) es verdadera.



II. Cuando se observa el lecho de un río en dirección casi perpendicular, la **profundidad aparente** de un objeto que se encuentra a una profundidad real h es?

a) **La misma**.
b) $(3 \cdot h)/4$ es decir, **menor que la profundidad real**.
c) $(4 \cdot h)/3$ es decir, **mayor que la profundidad real**.

Justifícalo haciendo el cálculo. Datos: $n_{agua} = 4/3$, $n_{aire} = 1$ (1 pt.)

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

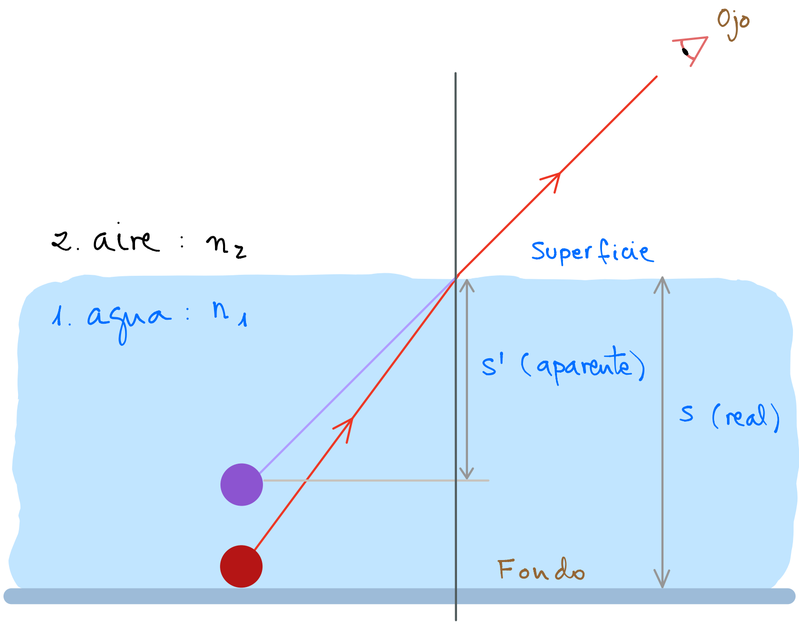
$$\frac{n_{aire}}{s'} = \frac{n_{agua}}{s}$$ $\left.\begin{matrix} n_1 = n_{agua} \\ n_2 = n_{aire} \end{matrix}\right\}$

$n_{aire} = 1$, $n_{agua} = \frac{4}{3}$,

$s = h$ (profundidad real)

$$s' = \frac{n_{aire}}{n_{agua}} \cdot s = \frac{1}{4/3} \cdot h = \frac{3}{4} \cdot h$$

La opción b) es verdadera.




Jocelyn Bell Burnell
(Astrofísica)

III. La astrofísica *Jocelyn Bell Burnell* es **hipermétrope** y necesita una lente correctora de $+3$ dioptrías para ver objetos situados a $25\ cm$ de sus ojos. ¿Cuál es el **punto próximo** para sus ojos sin la lente correctora? :

a) $-100\ cm$
b) $-50\ cm$
c) **Infinito** (1 pt.)

Punto próximo: es el punto donde el ojo es capaz de ver un objeto con nitidez.

$$\left.\begin{matrix} \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} = P \\ s = -25\ cm = -0{,}25\ m \end{matrix}\right\} \frac{1}{-1} - \frac{1}{-0{,}25} = 3D$$ (lente convergente de $P = 3D$)

$s' = -1\ m = -100\ cm$ (punto próximo del ojo hipermétrope).

La opción a) es verdadera.