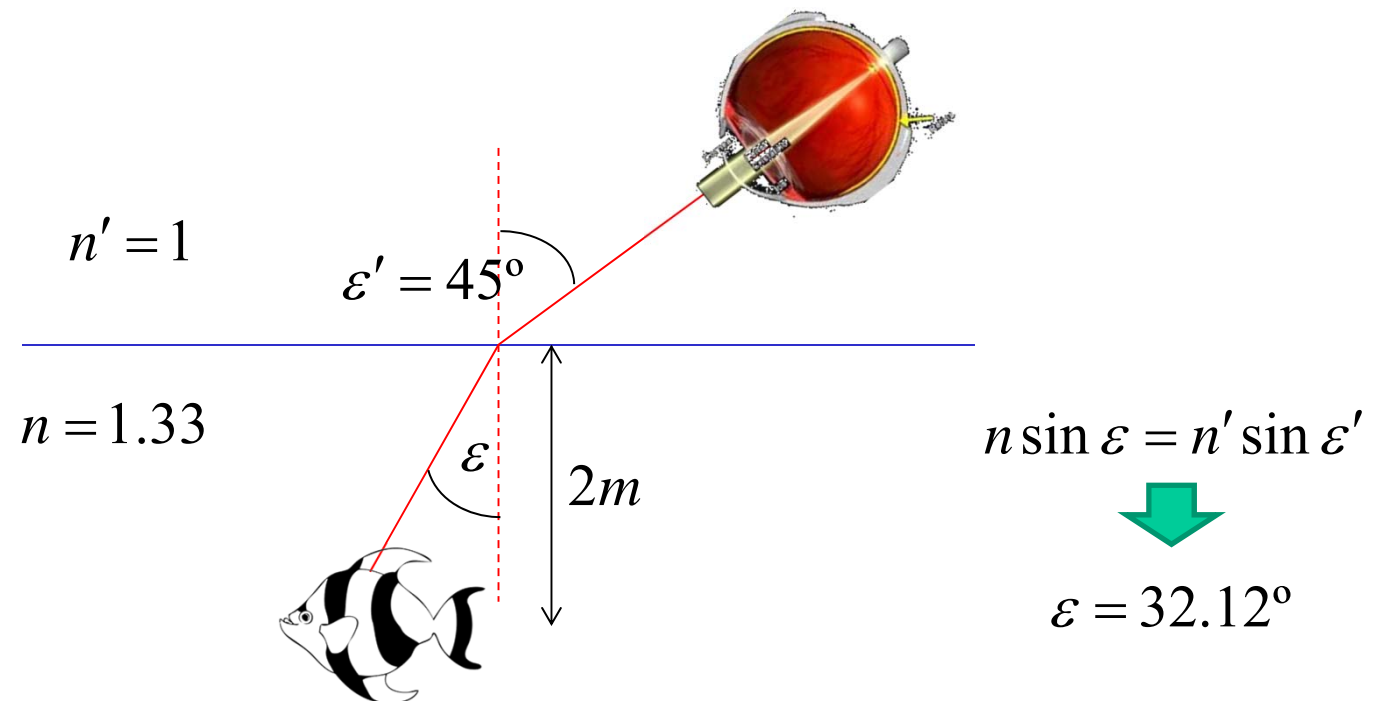


# **PROBLEMAS DE FÍSICA II. ÓPTICA GEOMÉTRICA**

## **Soluciones del Boletín 2**

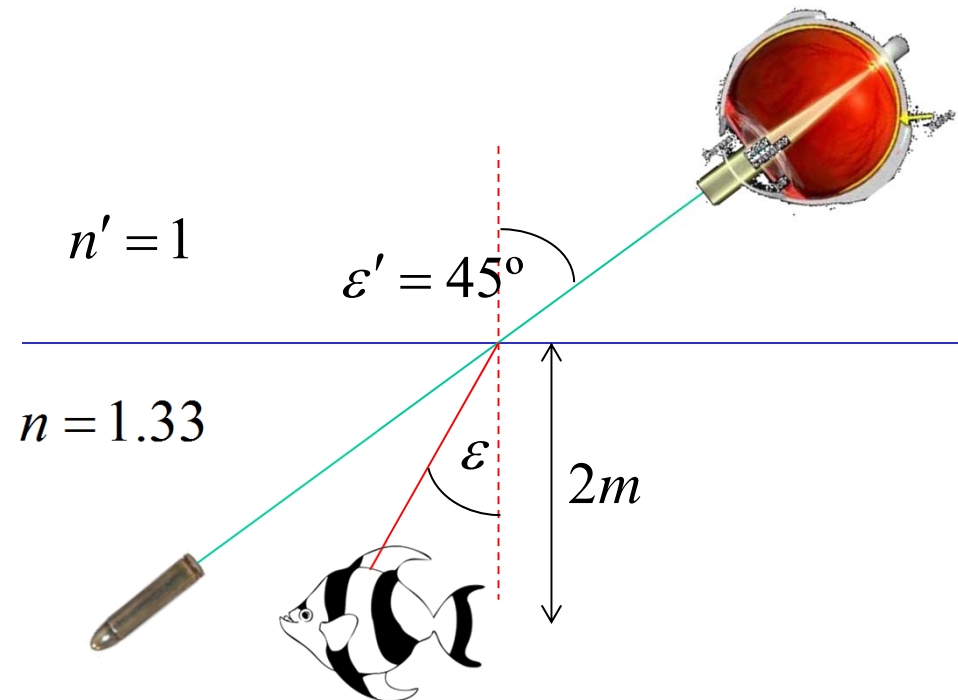
# Problemas

2.1. Un pez está 2 metros por debajo de la superficie del agua. Un hombre dispara su rifle apuntando al lugar donde el pez aparece con un ángulo de  $45^\circ$  con la vertical. Si el índice de refracción del agua es de 1.33 y se supone que la bala no se desvía al penetrar en el agua, dígame dónde cortará la bala a la vertical que pasa por el pez.



# Problemas

2.1. Un pez está 2 metros por debajo de la superficie del agua. Un hombre dispara su rifle apuntando al lugar donde el pez aparece con un ángulo de  $45^\circ$  con la vertical. Si el índice de refracción del agua es de 1.33 y se supone que la bala no se desvía al penetrar en el agua, dígame dónde cortará la bala a la vertical que pasa por el pez.



# Problemas

Si el índice de refracción del agua es de 1.33 y se supone que la bala no se desvía al penetrar en el agua, dígame dónde cortará la bala a la vertical que pasa por el pez.

$$\varepsilon = 32.12^\circ$$

$$\tan \varepsilon = d/2m \Rightarrow d = 1.26m$$

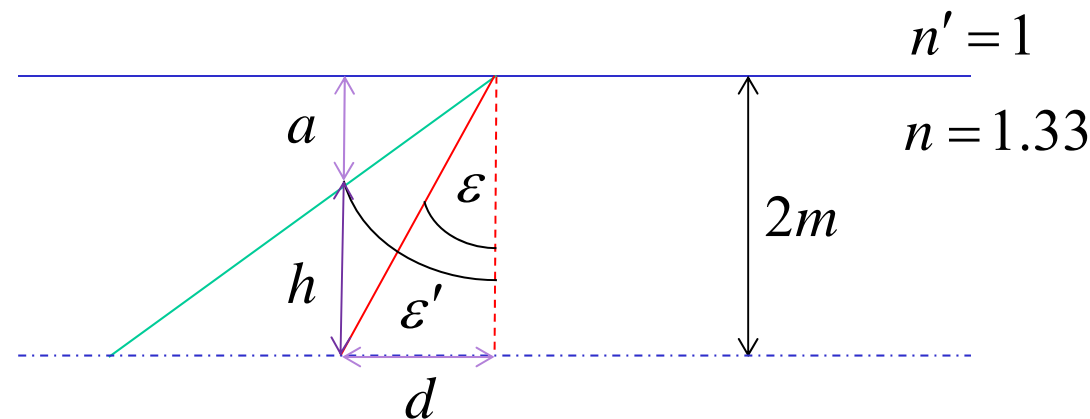
$$a + h = 2m$$

$$\varepsilon' = 45^\circ$$

$$\tan \varepsilon' = d/a = 1 \Rightarrow a = d$$

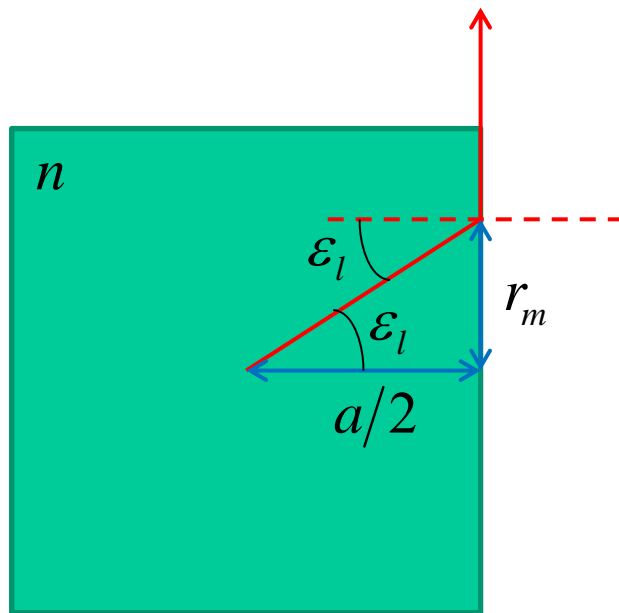


$$h = 0.74m$$



# Problemas

2.2. En el centro de un cubo transparente de arista  $a$  y de índice de refracción  $n$  se tiene una fuente de luz puntual. Mirando desde el exterior al cubo, hállese el radio mínimo de un círculo de papel negro que, pegado a la cara del cubo, tape la luz de la fuente.



$$\sin \varepsilon_l = 1/n$$

$$\tan \varepsilon_l = \frac{r_m}{a/2} \Rightarrow r_m = \frac{a}{2} \tan \varepsilon_l$$

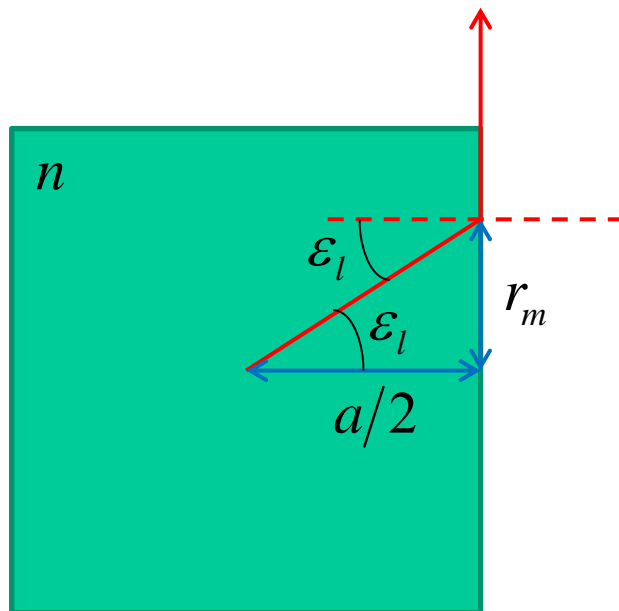
$$\tan \varepsilon_l = \frac{\sin \varepsilon_l}{\cos \varepsilon_l} = \frac{\sin \varepsilon_l}{\sqrt{1 - \sin^2 \varepsilon_l}} = \frac{(1/n)}{\sqrt{1 - (1/n)^2}}$$

$$r_m = \frac{a/2}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

# Problemas

2.2. En el centro de un cubo transparente de arista  $a$  y de índice de refracción  $n$  se tiene una fuente de luz puntual. Mirando desde el exterior al cubo, hállese el radio mínimo de un círculo de papel negro que, pegado a la cara del cubo, tape la luz de la fuente.

## EJEMPLOS NUMÉRICOS

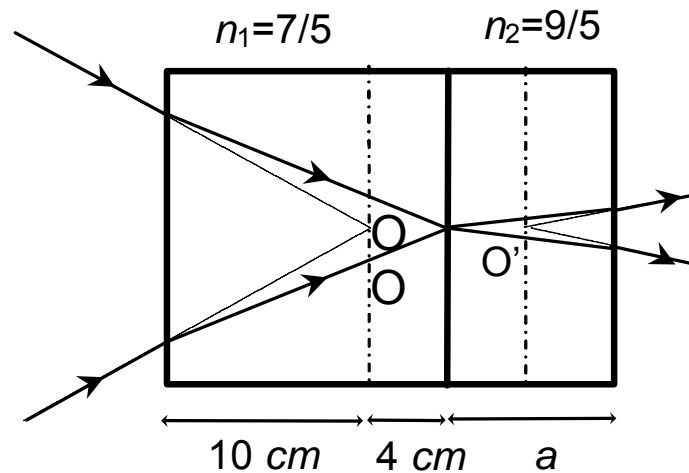


$$\left. \begin{array}{l} a = 10\text{cm} \\ n = 1.54 \end{array} \right\} r_m = 4.27\text{cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} a = 10\text{cm} \\ n = 1.77 \end{array} \right\} r_m = 3.42\text{cm}$$

# Problemas

2.3. Se tienen dos bloques de vidrio juntos de índices  $n_1$  y  $n_2$  según se indica en la figura. Un haz de rayos de pequeña apertura angular procedente de un medio exterior de índice de refracción unidad apunta hacia  $O$ . ¿Donde vería la imagen de  $O$  un observador situado a la derecha del bloque?



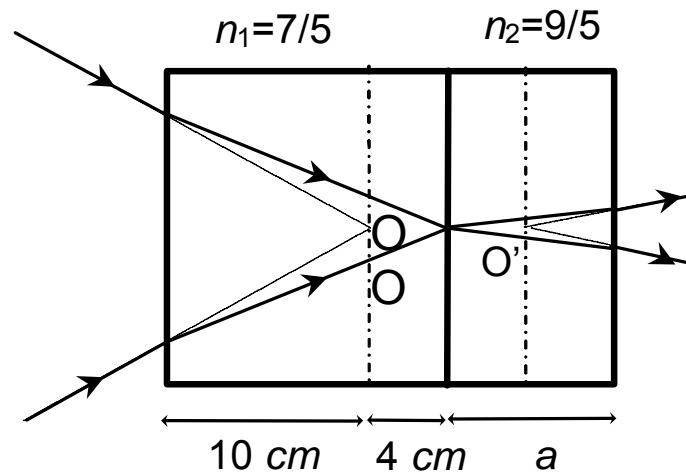
$$s' = \frac{n'}{n} s$$

Refracción en el 1<sup>er</sup> dioptrio

$$\left. \begin{array}{l} s = 10 \text{ cm} \\ n = 1 \\ n' = 7/5 \end{array} \right\} s' = 14 \text{ cm}$$

# Problemas

2.3. Se tienen dos bloques de vidrio juntos de índices  $n_1$  y  $n_2$  según se indica en la figura. Un haz de rayos de pequeña apertura angular procedente de un medio exterior de índice de refracción unidad apunta hacia  $O$ . ¿Donde vería la imagen de  $O$  un observador situado a la derecha del bloque?



$$s' = \frac{n'}{n} s$$

Refracción en el 2º dioptrio

$$s = 0 \text{ cm}$$

$$n = 7/5$$

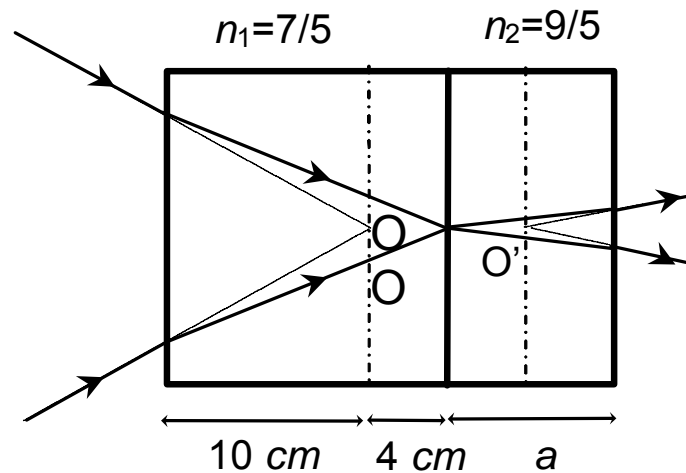
$$n' = 9/5$$

$$s' = 0 \text{ cm}$$



# Problemas

2.3. Se tienen dos bloques de vidrio juntos de índices  $n_1$  y  $n_2$  según se indica en la figura. Un haz de rayos de pequeña apertura angular procedente de un medio exterior de índice de refracción unidad apunta hacia  $O$ . ¿Donde vería la imagen de  $O$  un observador situado a la derecha del bloque?



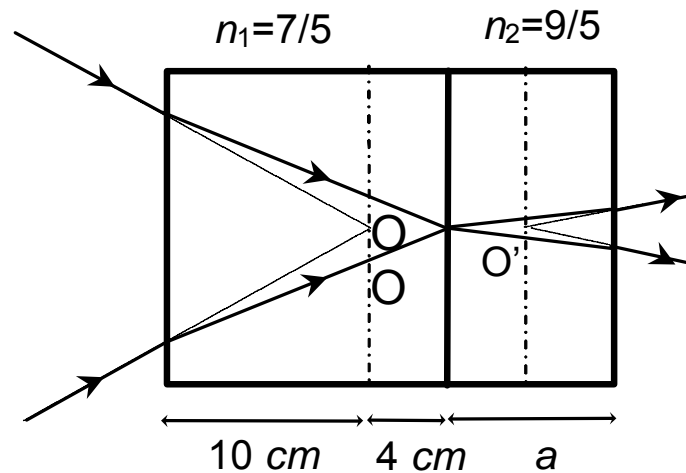
$$s' = \frac{n'}{n} s$$

Refracción en el 3<sup>er</sup> dioptrio

$$\left. \begin{array}{l} s = -a \\ n = 9/5 \\ n' = 1 \end{array} \right\} s' = -5a/9$$

# Problemas

2.3. Se tienen dos bloques de vidrio juntos de índices  $n_1$  y  $n_2$  según se indica en la figura. Un haz de rayos de pequeña apertura angular procedente de un medio exterior de índice de refracción unidad apunta hacia  $O$ . ¿Donde vería la imagen de  $O$  un observador situado a la derecha del bloque?



$$\Delta = \left(1 - \frac{1}{n}\right)d$$

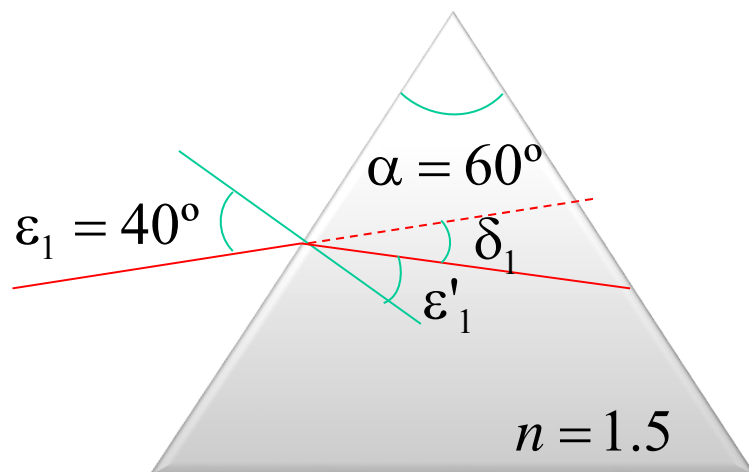
**Desplazamiento axial de los dos bloques**

$$\left. \begin{array}{l} n = 7/5 \\ d = 14\text{cm} \end{array} \right\} \Delta = 4\text{cm} \quad \text{1er bloque}$$

$$\left. \begin{array}{l} n = 9/5 \\ d = a \end{array} \right\} \Delta = 4a/9 \quad \text{2º bloque}$$

# Problemas

2.4. Un rayo incide sobre un prisma óptico de ángulo de refringencia de  $60^\circ$  y de índice de refracción 1.5, formando un ángulo de  $40^\circ$  con la normal. Calcúlese la desviación del rayo emergente. ¿Cuál es la desviación angular mínima que puede producir este prisma?



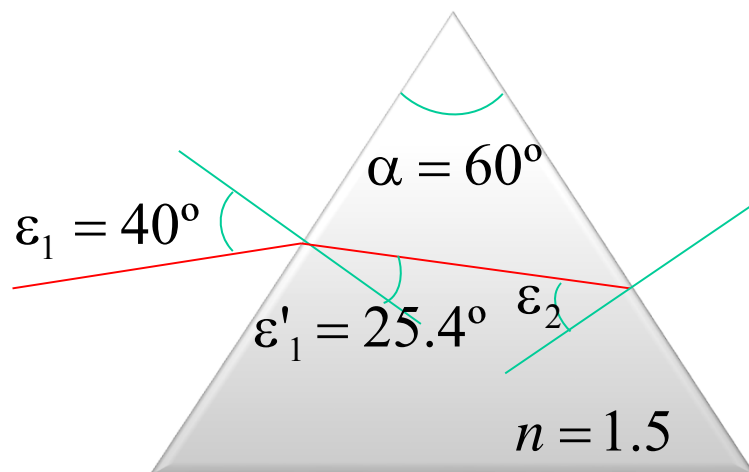
LEY DE SNELL

$$\sin \epsilon_1 = n \sin \epsilon'_1 \quad \rightarrow \quad \epsilon'_1 = 25.374^\circ$$

$$\delta_1 = \epsilon_1 - \epsilon'_1 \quad \rightarrow \quad \delta_1 = 14.626^\circ$$

# Problemas

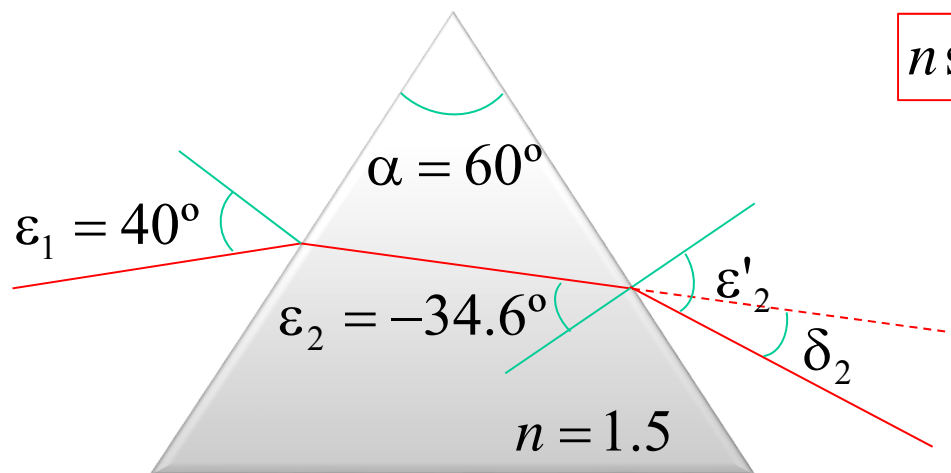
2.4. Un rayo incide sobre un prisma óptico de ángulo de refringencia de  $60^\circ$  y de índice de refracción 1.5, formando un ángulo de  $40^\circ$  con la normal. Calcúlese la desviación del rayo emergente. ¿Cuál es la desviación angular mínima que puede producir este prisma?



$$\alpha = \varepsilon'_1 - \varepsilon_2 \quad \rightarrow \quad \varepsilon_2 = -34.626^\circ$$

# Problemas

2.4. Un rayo incide sobre un prisma óptico de ángulo de refringencia de  $60^\circ$  y de índice de refracción 1.5, formando un ángulo de  $40^\circ$  con la normal. Calcúlese la desviación del rayo emergente. ¿Cuál es la desviación angular mínima que puede producir este prisma?



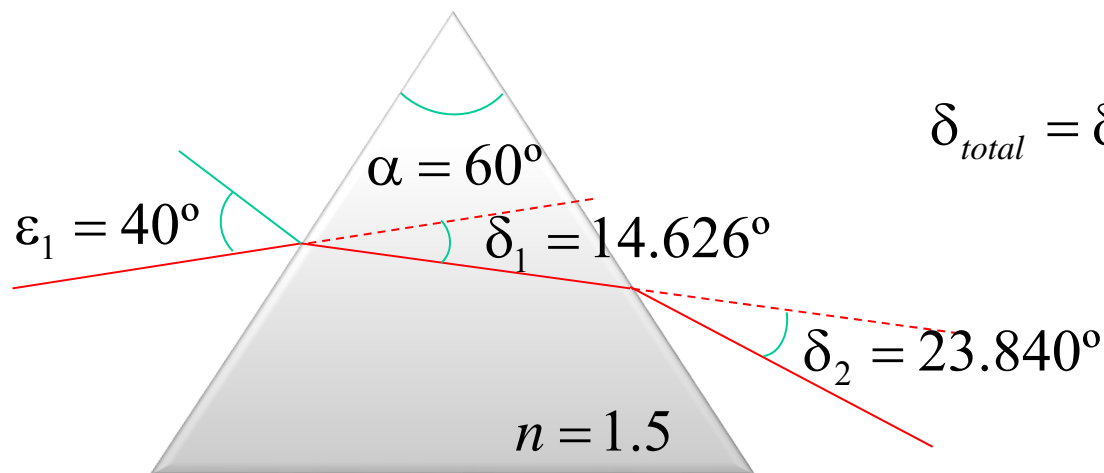
LEY DE SNELL

$$n \sin \epsilon_2 = \sin \epsilon'_2 \quad \rightarrow \quad \epsilon'_2 = -58.466^\circ$$

$$\delta_2 = \epsilon_2 - \epsilon'_2 \quad \rightarrow \quad \delta_2 = 23.840^\circ$$

# Problemas

2.4. Un rayo incide sobre un prisma óptico de ángulo de refringencia de  $60^\circ$  y de índice de refracción 1.5, formando un ángulo de  $40^\circ$  con la normal. Calcúlese la desviación del rayo emergente. ¿Cuál es la desviación angular mínima que puede producir este prisma?



$$\delta_{total} = \delta_1 + \delta_2$$



$$\delta_{total} = 38.466^\circ$$

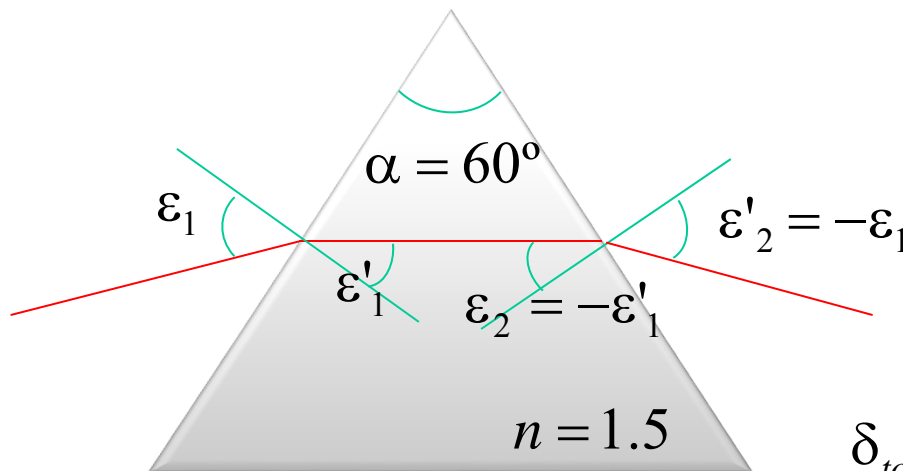
# Problemas

2.4. Un rayo incide sobre un prisma óptico de ángulo de refringencia de  $60^\circ$  y de índice de refracción 1.5, formando un ángulo de  $40^\circ$  con la normal. Calcúlese la desviación del rayo emergente. ¿Cuál es la desviación angular mínima que puede producir este prisma?

$$\alpha = \varepsilon'_1 - \varepsilon_2 \equiv 2\varepsilon'_1 \quad \rightarrow \quad \varepsilon'_1 = 30^\circ$$

LEY DE SNELL

$$\sin \varepsilon_1 = n \sin \varepsilon'_1 \quad \rightarrow \quad \varepsilon_1 = 48.590^\circ$$

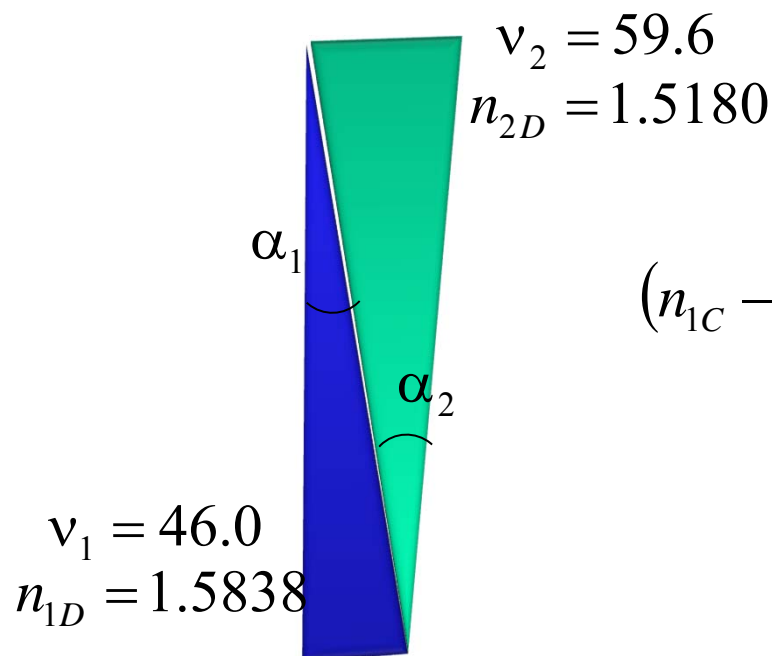


$$\delta_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon'_1 \quad \rightarrow \quad \delta_1 = 18.590^\circ$$

$$\delta_{total} = \delta_1 + \delta_2 \equiv 2\delta_1 \quad \rightarrow \quad \delta_{total} = 37.180^\circ$$

# Problemas

2.7. Se desea construir un prisma acromático con un vidrio flint de Bario de índice  $n=1.5838$ , número de Abbe  $v=46.0$ , y un vidrio crown de índice  $n=1.5180$  y  $v=59.6$ , de manera que la desviación angular de la raya D sea  $\delta=0.2664^\circ$ . ¿Con qué ángulo se tendrá que tallar cada uno de los prismas?



$$\delta_C = \delta_F$$



$$(n_{1C} - 1)\alpha_1 + (n_{2C} - 1)\alpha_2 = (n_{1F} - 1)\alpha_1 + (n_{2F} - 1)\alpha_2$$

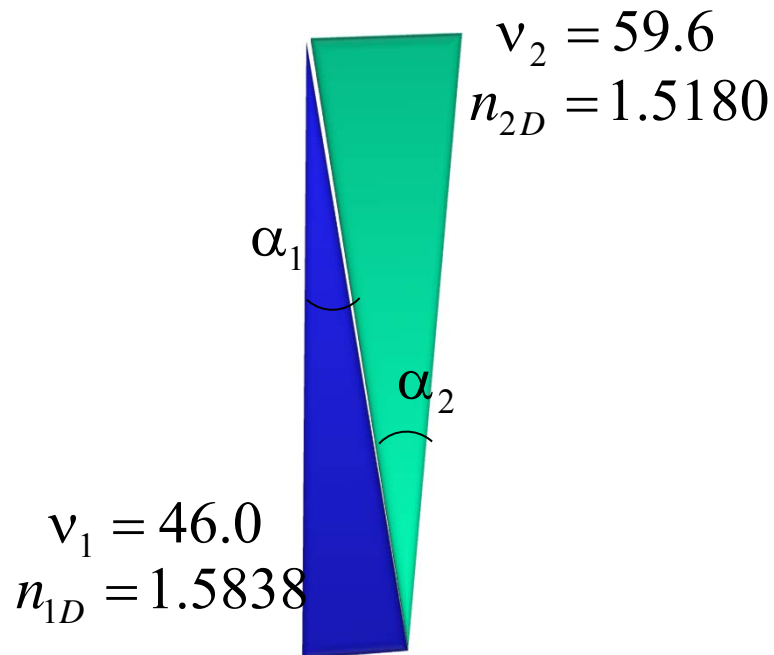


$$(n_{1C} - n_{1F})\alpha_1 = (n_{2F} - n_{2C})\alpha_2$$



# Problemas

2.7. Se desea construir un prisma acromático con un vidrio flint de Bario de índice  $n=1.5838$ , número de Abbe  $v=46.0$ , y un vidrio crown de índice  $n=1.5180$  y  $v=59.6$ , de manera que la desviación angular de la raya D sea  $\delta=0.2664^\circ$ . ¿Con qué ángulo se tendrá que tallar cada uno de los prismas?



$$(n_{1C} - n_{1F})\alpha_1 = (n_{2F} - n_{2C})\alpha_2$$



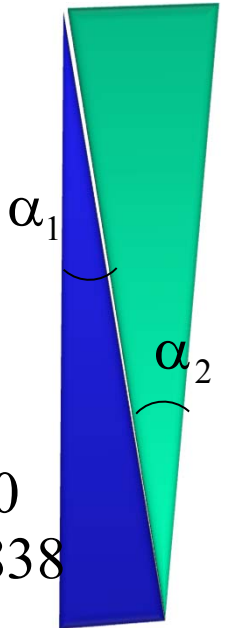
$$v = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$$

CONDICIÓN DE ACROMATISMO

$$\frac{1 - n_{1D}}{v_1} \alpha_1 = \frac{n_{2D} - 1}{v_2} \alpha_2$$

# Problemas

2.7. Se desea construir un prisma acromático con un vidrio flint de Bario de índice  $n=1.5838$ , número de Abbe  $v=46.0$ , y un vidrio crown de índice  $n=1.5180$  y  $v=59.6$ , de manera que la desviación angular de la raya D sea  $\delta=0.2664^\circ$ . ¿Con qué ángulo se tendrá que tallar cada uno de los prismas?



$v_2 = 59.6$   
 $n_{2D} = 1.5180$

$\alpha_1$   
 $\alpha_2$

$v_1 = 46.0$   
 $n_{1D} = 1.5838$

$$\delta_D = (n_{1D} - 1)\alpha_1 + (n_{2D} - 1)\alpha_2 \equiv 0.2664^\circ$$

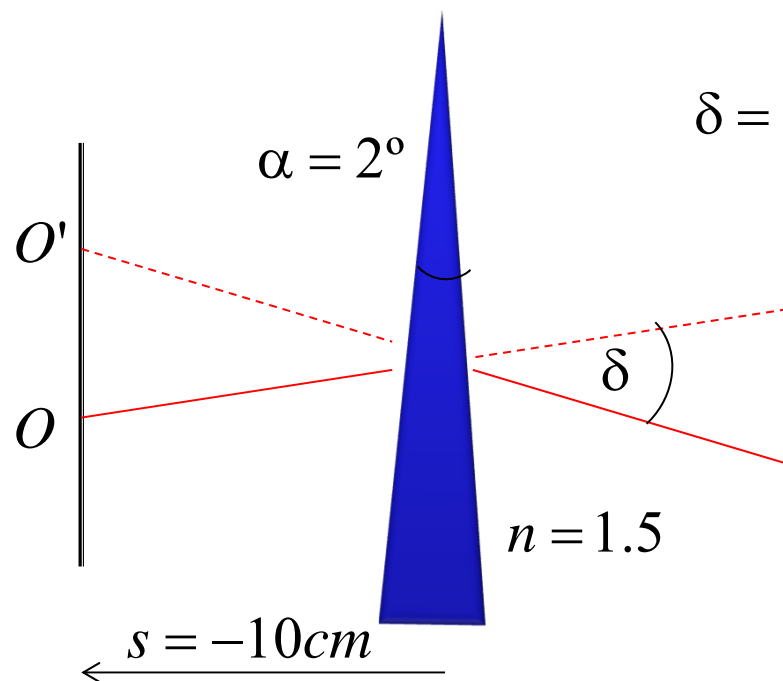
$\alpha_1 = -1.54^\circ$   
 $\alpha_2 = +2.26^\circ$

CONDICIÓN DE ACROMATISMO

$$\frac{1 - n_{1D}}{v_1} \alpha_1 = \frac{n_{2D} - 1}{v_2} \alpha_2$$

# Problemas

2.8. Determinénse la posición y tamaño de la imagen que, de un objeto extenso, genera una lente prismática situada a 10cm de éste, considerando que el grosor del prisma es despreciable, su ángulo de refringencia es de  $2^\circ$ , y está construido con un vidrio de índice de refracción  $n=1.5$ .

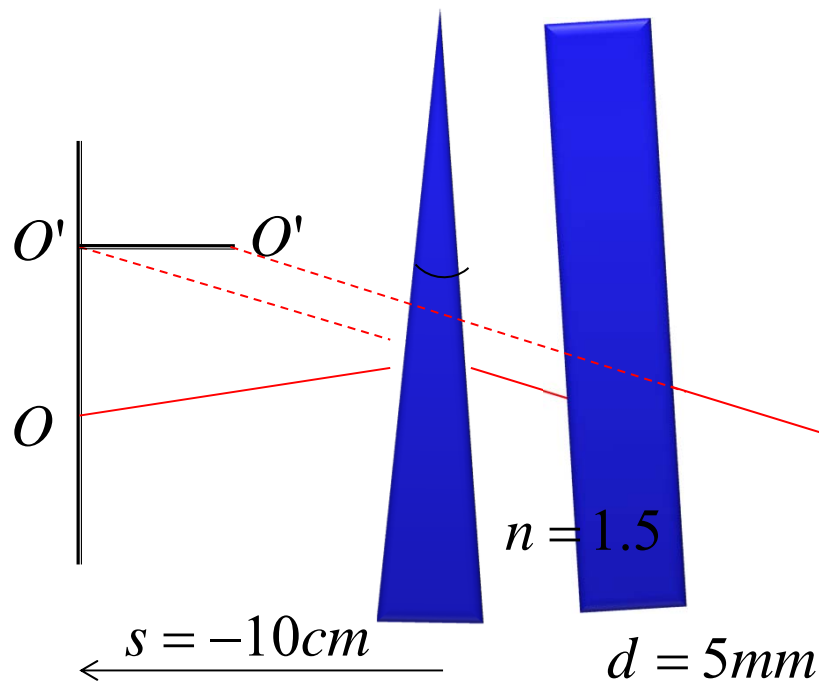


$$\delta = (n - 1)\alpha = (1.5 - 1) \times 0.035\text{rad} = 0.0175\text{rad}$$

$$\overline{OO'} = -s\delta = 1.75\text{mm}$$

# Problemas

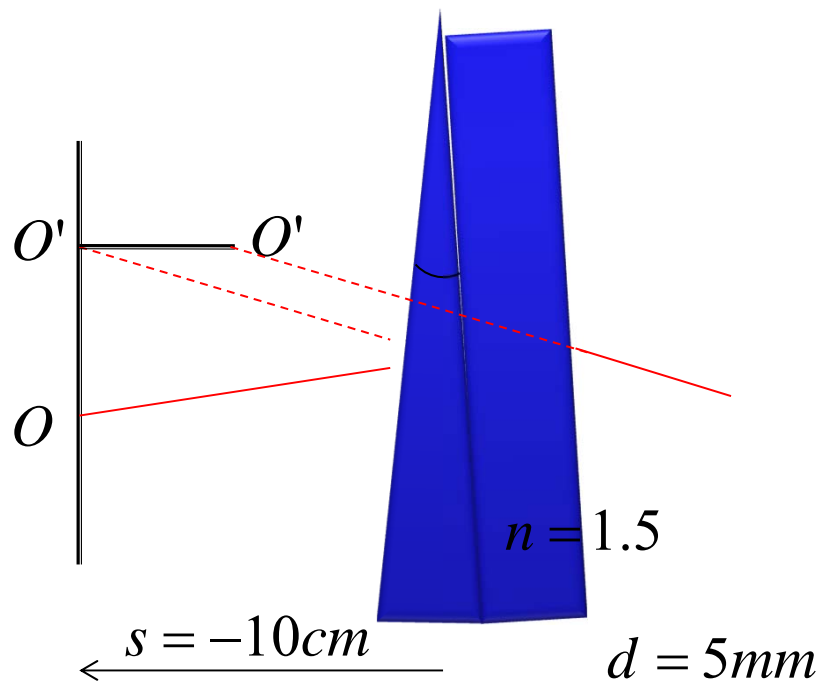
Evalúense de nuevo la posición y tamaño de este mismo objeto si detrás del prisma se coloca una lámina planoparalela, de 5mm de grosor y construida con el mismo vidrio que el prisma, de tal manera que la segunda cara del prisma y la primera de la lámina son paralelas.



$$O'O'' = \left(1 - \frac{1}{n}\right)d = 1.67\text{mm}$$

# Problemas

Obsérvese si el resultado depende de la separación entre el prisma y la lámina. ¿Podría utilizarse este resultado si consideramos exclusivamente la lente prismática pero con un grosor no despreciable de también 5mm?



## DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL

$$\overline{OO'} = -s\delta = 1.75\text{mm}$$

## DESPLAZAMIENTO LONGITUDINAL

$$O'O'' = \left(1 - \frac{1}{n}\right)d = 1.67\text{mm}$$