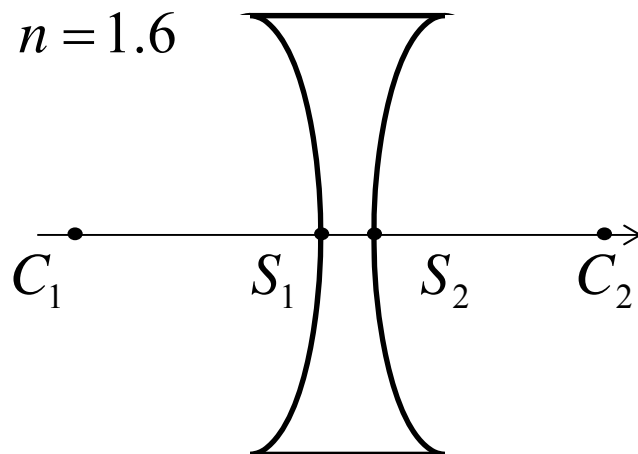


PROBLEMAS DE FÍSICA II. ÓPTICA GEOMÉTRICA

Soluciones del Boletín 5

Problemas

5.1. Se tiene una lente gruesa biconcava construida con un vidrio de índice de refracción $n = 1.6$. Sus caras tienen un radio de curvatura de 25 cm, y sus correspondientes vértices distan 1.3 cm. Además, se coloca un objeto real a 22 cm por delante de la primera cara de la lente. Hállense las posiciones de los planos principales y focales. Evalúese la posición y aumento lateral de la imagen generada utilizando los elementos cardinales del sistema compuesto.



$$\overline{S_1 S_2} = 1.3 \text{ cm}$$

$$R_1 = \overline{S_1 C_1} = -25 \text{ cm}$$

$$R_2 = \overline{S_2 C_2} = 25 \text{ cm}$$

Problemas

Hállense las posiciones de los planos principales y focales.

ECUACIONES GENERALES

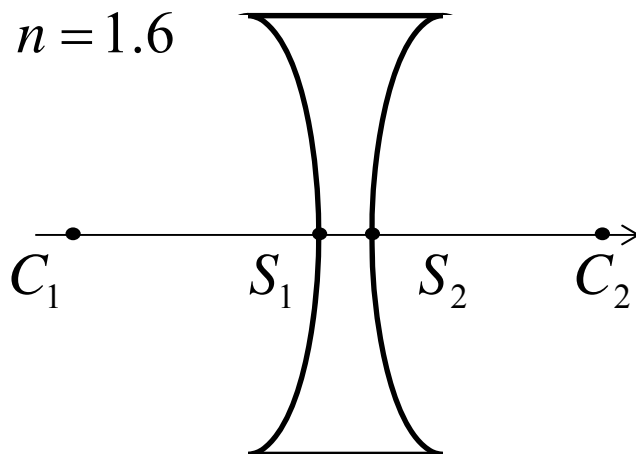
$$f' = \frac{n'}{n' - n} R \quad \frac{f'}{f} = -\frac{n'}{n}$$

$$f'_1 = \frac{n}{n-1} R_1 = -66.7 \text{ cm} \quad f'_2 = \frac{1}{1-n} R_2 = -41.7 \text{ cm}$$

$$f_1 = -\frac{1}{n} f'_1 = 41.7 \text{ cm} \quad f_2 = -\frac{n}{1} f'_2 = 66.7 \text{ cm}$$

$$e = \overline{H'_1 H_2} = 1.3 \text{ cm}$$

$$t = \overline{F'_1 F_2} = -f'_1 + e + f_2 = 134.7 \text{ cm}$$



$$\overline{S_1 S_2} = 1.3 \text{ cm}$$

$$R_1 = \overline{S_1 C_1} = -25 \text{ cm}$$

$$R_2 = \overline{S_2 C_2} = 25 \text{ cm}$$

Problemas

Hállense las posiciones de los planos principales y focales.

$$\overline{H_1 H} = \frac{e}{t} f_1 = 0.40 \text{ cm}$$

$$\overline{H'_2 H'} = \frac{e}{t} f'_2 = -0.40 \text{ cm}$$

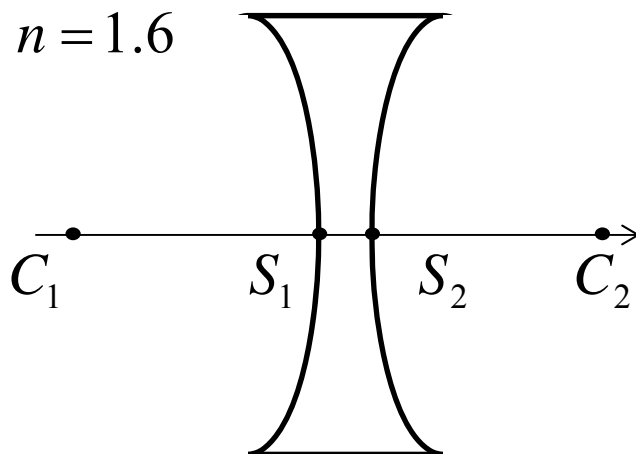
$$f' = -\frac{f'_1 f'_2}{t} = -20.65 \text{ cm}$$

$$e = \overline{H'_1 H_2} = 1.3 \text{ cm}$$

$$f'_1 = \frac{n}{n-1} R_1 = -66.7 \text{ cm} \quad f'_2 = \frac{1}{1-n} R_2 = -41.7 \text{ cm}$$

$$f_1 = -\frac{1}{n} f'_1 = 41.7 \text{ cm} \quad f_2 = -\frac{n}{1} f'_2 = 66.7 \text{ cm}$$

$$t = \overline{F'_1 F_2} = -f'_1 + e + f_2 = 134.7 \text{ cm}$$



$$\overline{S_1 S_2} = 1.3 \text{ cm}$$

$$R_1 = \overline{S_1 C_1} = -25 \text{ cm}$$

$$R_2 = \overline{S_2 C_2} = 25 \text{ cm}$$

Problemas

Hállense las posiciones de los planos principales y focales.

$$\overline{H_1 H} = \overline{S_1 H} = 0.40 \text{ cm}$$

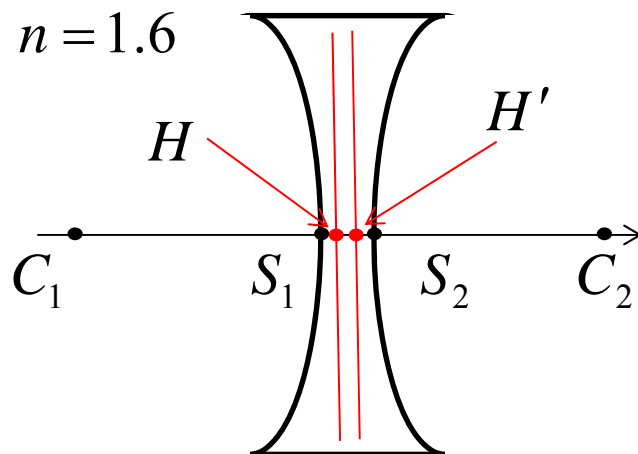
$$\overline{H'_2 H'} = \overline{S_2 H'} = -0.40 \text{ cm}$$

$$f' = -\frac{f'_1 f'_2}{t} = -20.65 \text{ cm}$$

Observamos que los planos principales están muy cerca de los vértices de la lente. Por lo tanto, la **aproximación de lente delgada** es válida:

$$\frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = -0.048 \text{ cm}^{-1}$$

$$f' = -20.83 \text{ cm}$$



$$\overline{S_1 S_2} = 1.3 \text{ cm}$$

$$R_1 = \overline{S_1 C_1} = -25 \text{ cm}$$

$$R_2 = \overline{S_2 C_2} = 25 \text{ cm}$$

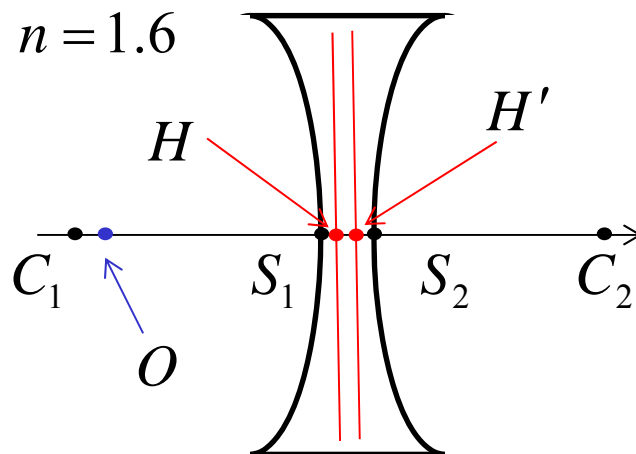
Problemas

Además, se coloca un objeto real a 22 cm por delante de la primera cara de la lente. Evalúese la posición y aumento lateral de la imagen generada utilizando los elementos cardinales del sistema compuesto.

$$\overline{S_1 O} = -22\text{cm} \Rightarrow a = \overline{HO} = \overline{HS_1} + \overline{S_1 O} = -22.40\text{cm}$$

$$-\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f'} \Rightarrow a' = \overline{H'O'} = -10.74\text{cm}$$

$$\beta' = \frac{a'}{a} = 0.479$$



$$\overline{S_1 S_2} = 1.3\text{cm} \quad f' = -\frac{f'_1 f'_2}{t} = -20.65\text{cm}$$

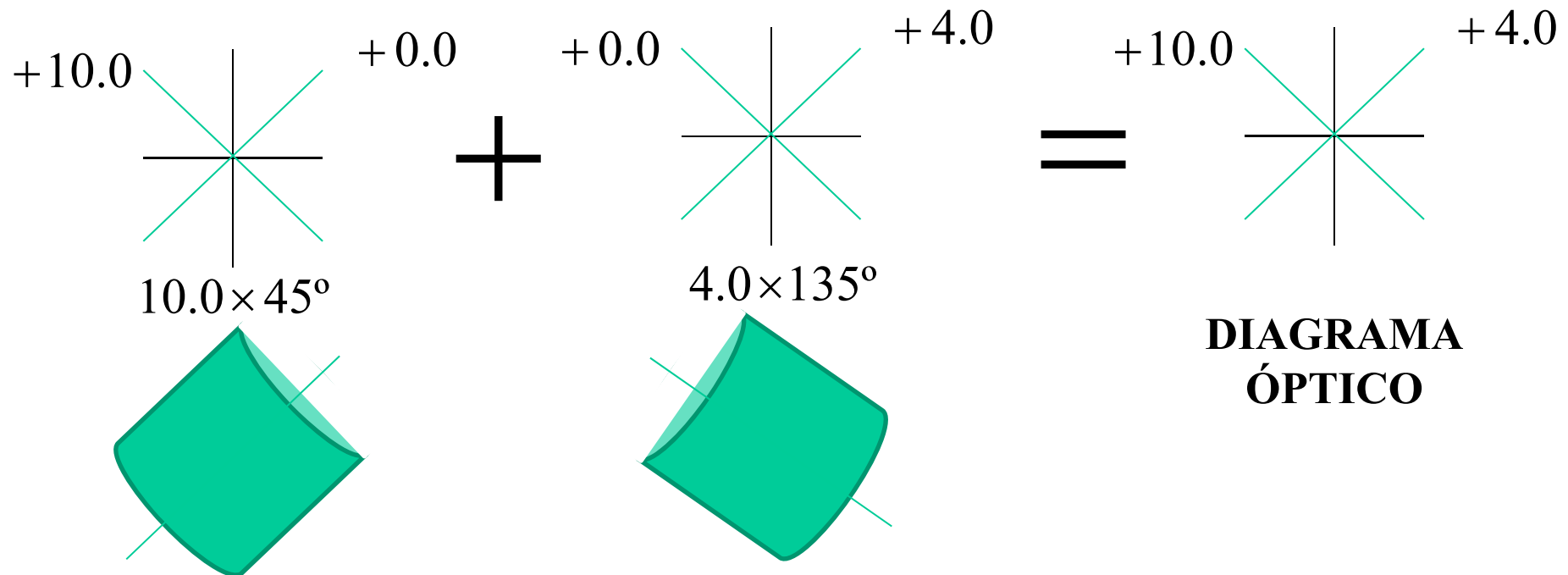
$$\overline{H_1 H} = \overline{S_1 H} = 0.40\text{cm}$$

$$\overline{H'_2 H'} = \overline{S_2 H'} = -0.40\text{cm}$$

Ejercicio: Hágase el cálculo utilizando la aproximación de lente delgada

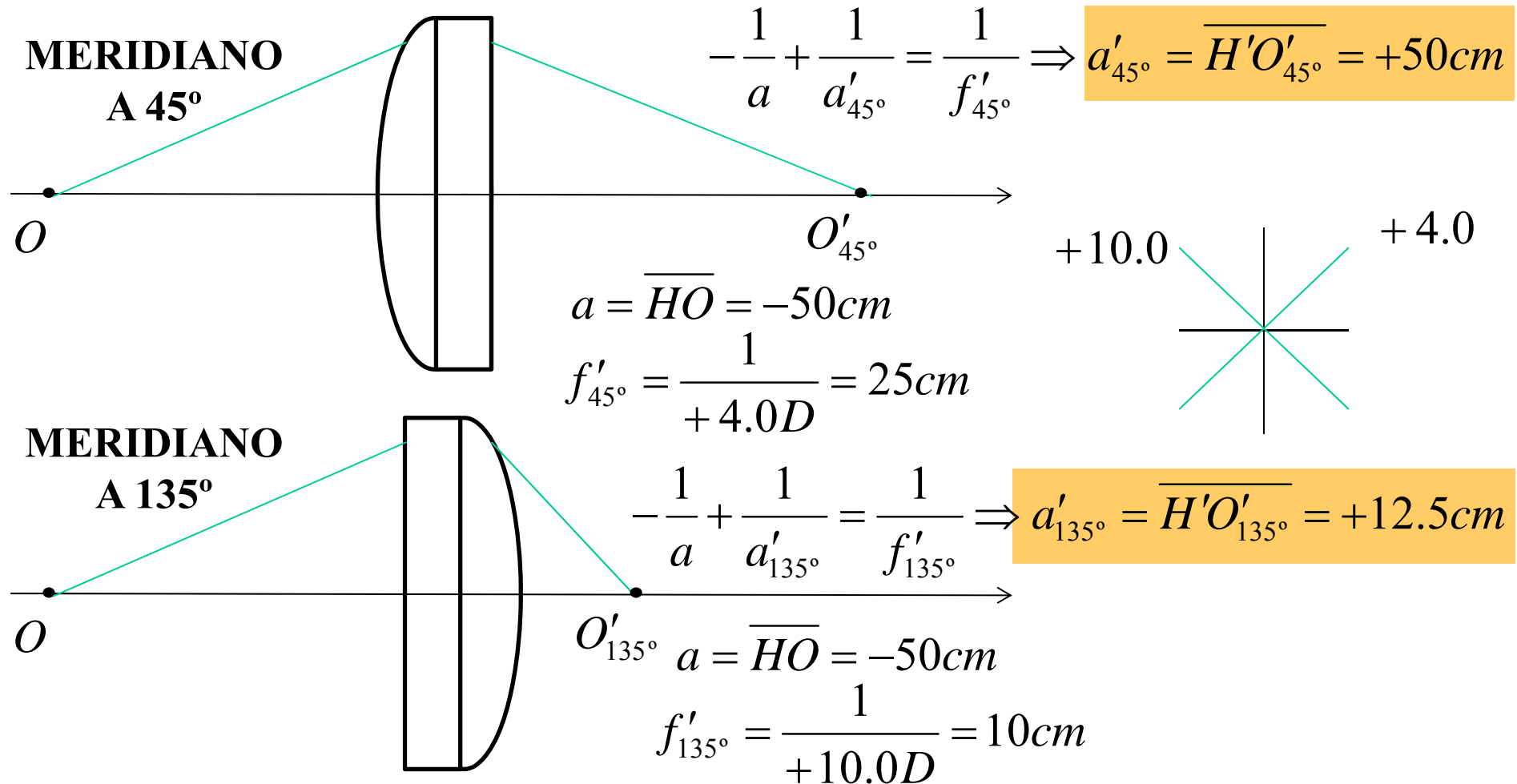
Problemas

5.3. Considérese el acoplamiento de una lente cilíndrica descrita por el diagrama óptico $10.0 \times 45^\circ$ y otra lente cilíndrica cruzada y pegada a la anterior, descrita por el diagrama $4.0 \times 135^\circ$. Determinénse el intervalo de Sturm para un punto objeto situado a 50 cm delante del doblete.



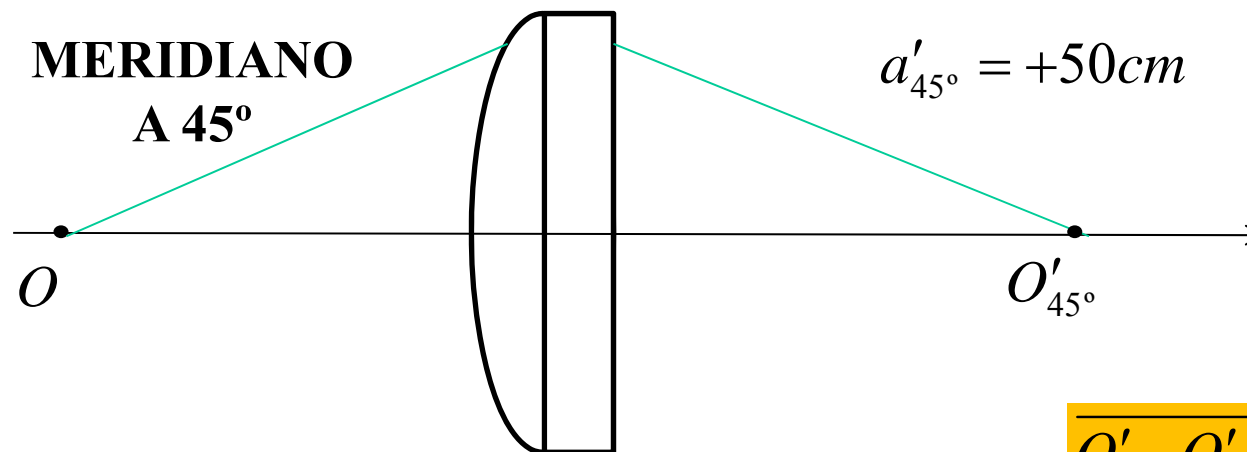
Problemas

Determinense el intervalo de Sturm para un punto objeto situado a 50 cm delante del doblete.



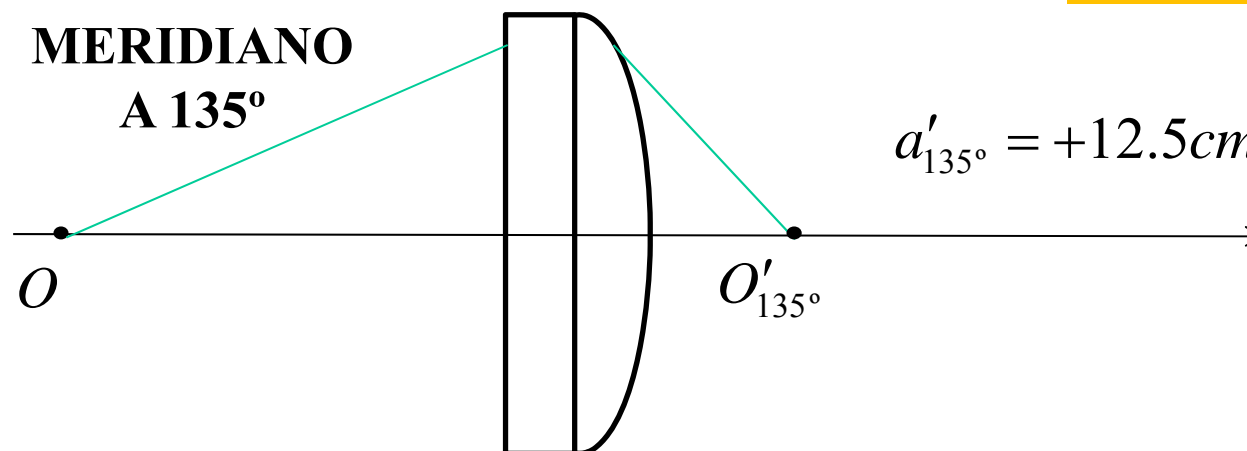
Problemas

Determinéense el intervalo de Sturm para un punto objeto situado a 50 cm delante del doblete.



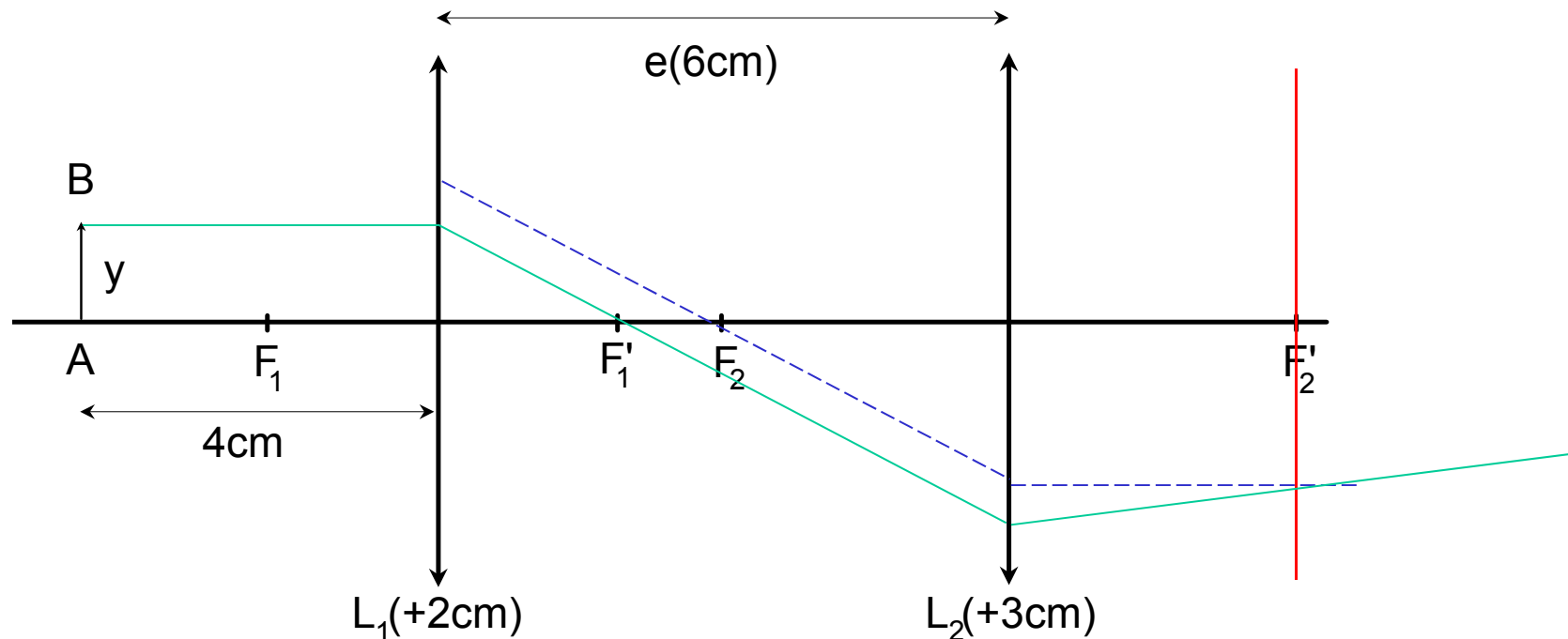
El **intervalo de Sturm** es la distancia entre las dos imágenes (lineales):

$$\overline{O'_{135^\circ} O'_{45^\circ}} = a'_{45^\circ} - a'_{135^\circ} = 37.5cm$$



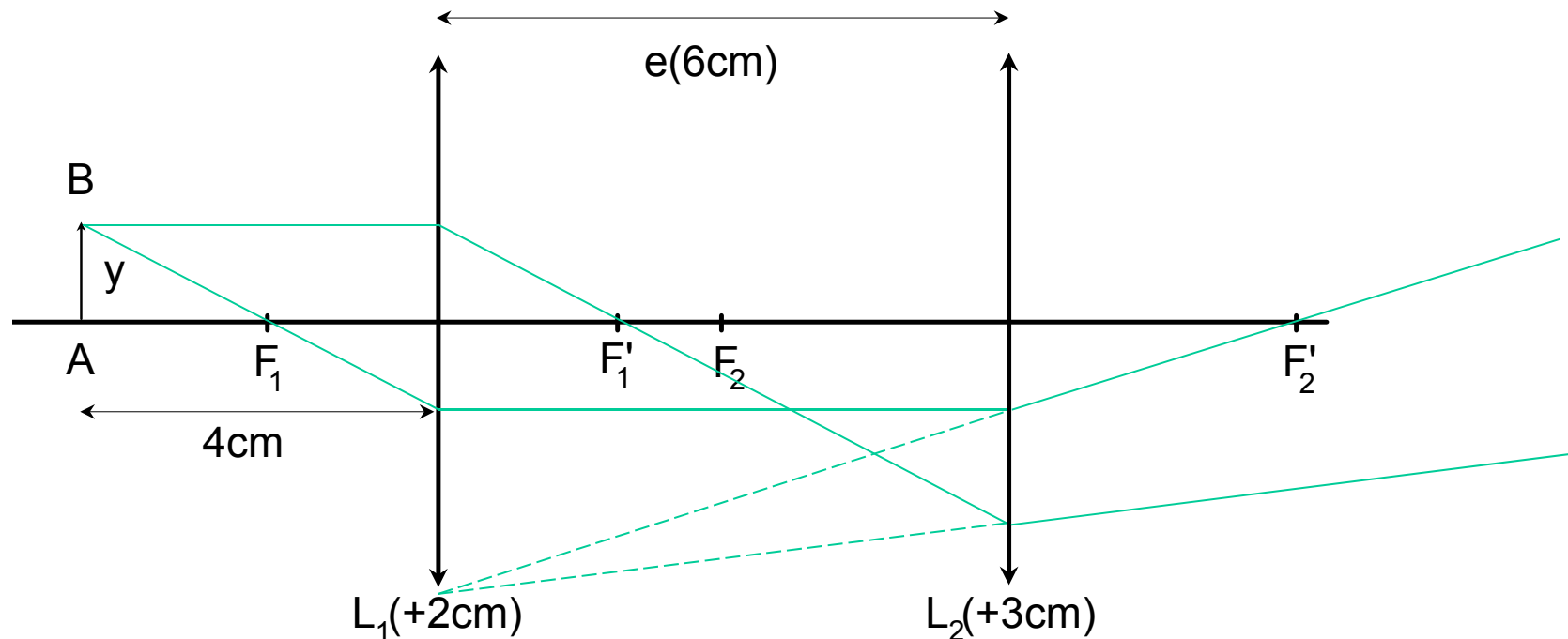
Problemas

5.4. Hállese tanto gráficamente como analíticamente la posición y tamaño de la imagen a través de todo el sistema de la figura. Considérense los elementos cardinales del sistema acoplado. Indíquese si la imagen es real o virtual.



Problemas

5.4. Hállese tanto gráficamente como analíticamente la posición y tamaño de la imagen a través de todo el sistema de la figura.



Problemas

5.4. Hállese tanto gráficamente como analíticamente la posición y tamaño de la imagen a través de todo el sistema de la figura.

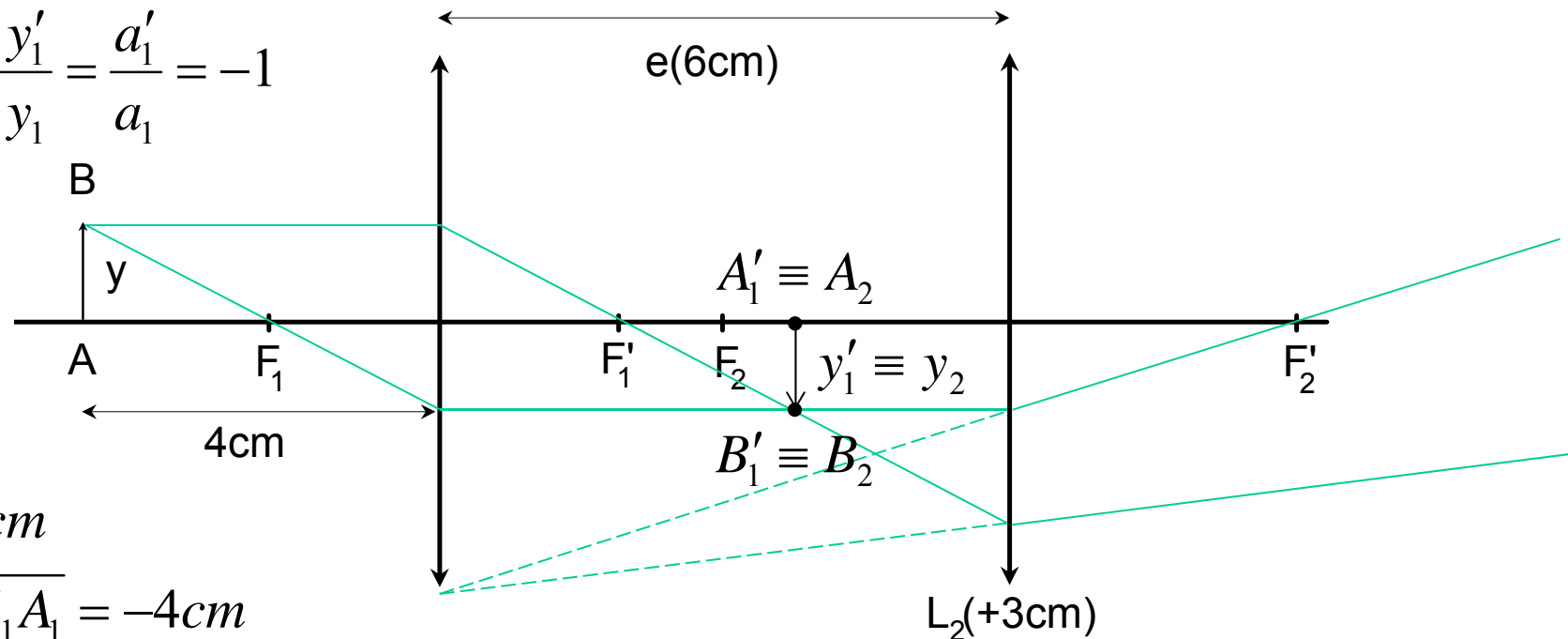
La imagen intermedia es **real** y está **invertida**

$$-\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a'_1} = \frac{1}{f'_1} \Rightarrow a'_1 = \overline{H'_1 A'_1} = 4\text{cm}$$

$$\beta'_1 = \frac{y'_1}{y_1} = \frac{a'_1}{a_1} = -1$$

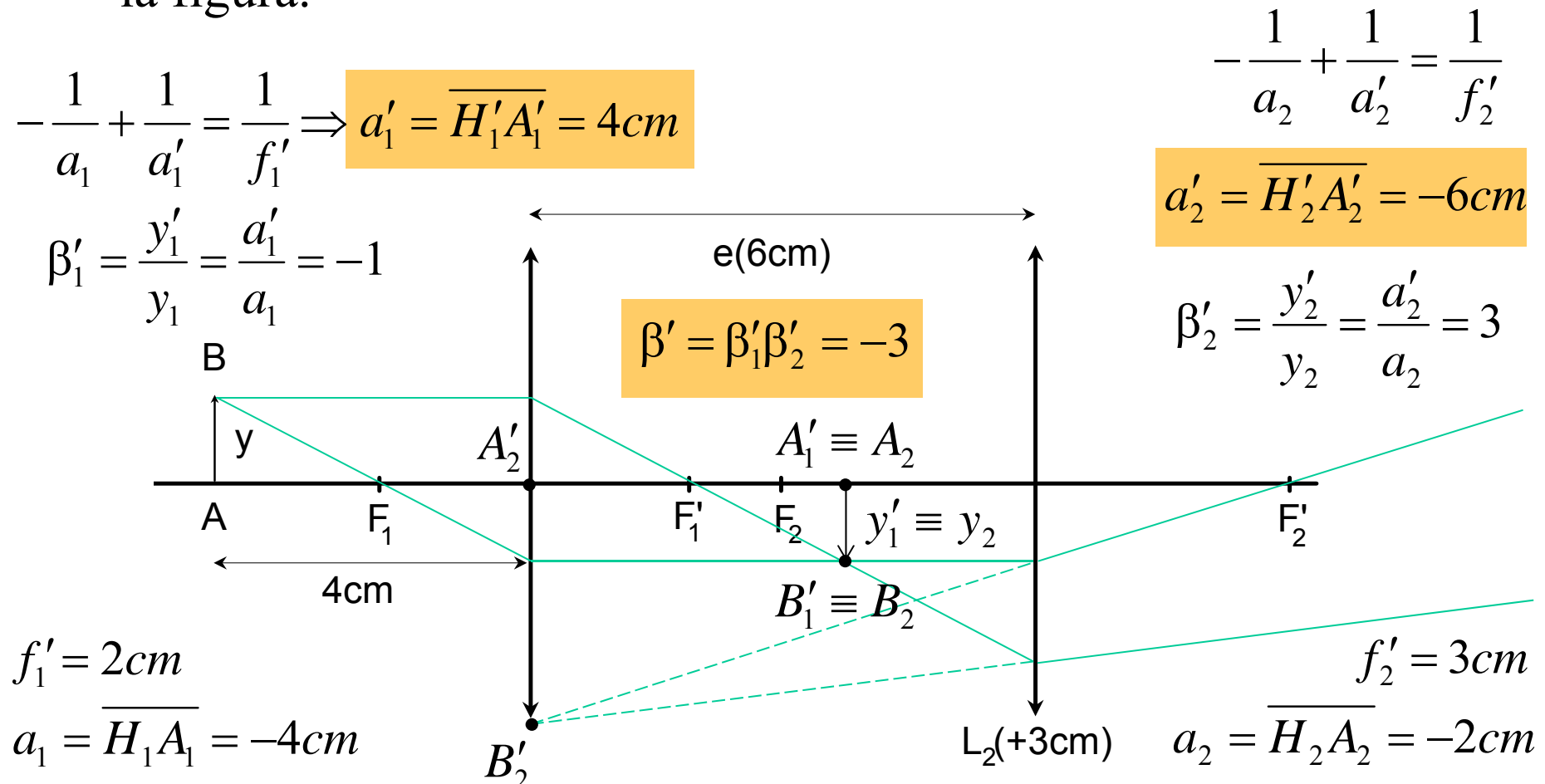
$$f'_1 = 2\text{cm}$$

$$a_1 = \overline{H_1 A_1} = -4\text{cm}$$



Problemas

5.4. Hállese tanto gráficamente como analíticamente la posición y tamaño de la imagen a través de todo el sistema de la figura.



Problemas

Considérense los elementos cardinales del sistema acoplado.
Indíquese si la imagen es real o virtual.

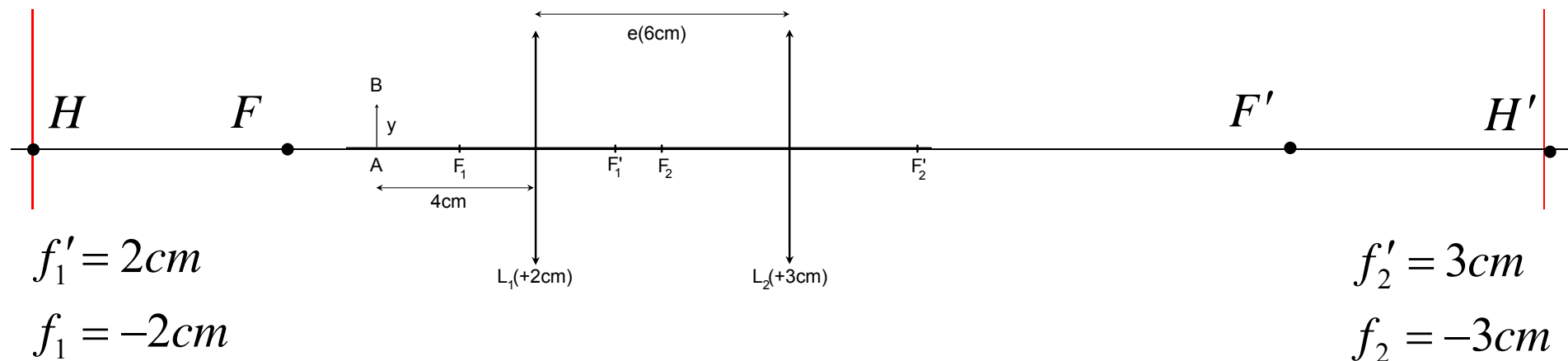
$$e = \overline{H'_1 H_2} = 6cm$$

$$t = \overline{F'_1 F_2} = -f'_1 + e + f_2 = 1cm$$

$$\overline{H_1 H} = \frac{e}{t} f_1 = -12cm$$

$$\overline{H'_2 H'} = \frac{e}{t} f'_2 = 18cm$$

$$f' = -\frac{f'_1 f'_2}{t} = -6cm$$



Problemas

Considérense los elementos cardinales del sistema acoplado.
Indíquese si la imagen es real o virtual.

$$a = \overline{HA} = +8cm$$

$$-\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f'} \Rightarrow a' = \overline{H'A'} = -24cm$$

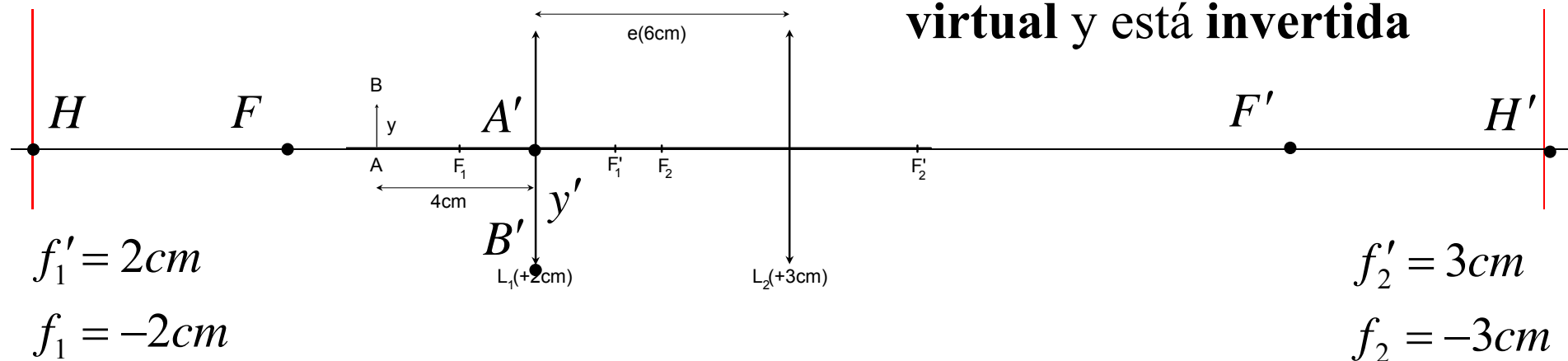
$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{a'}{a} = -3$$

$$\overline{H_1H} = \frac{e}{t} f_1 = -12cm$$

$$\overline{H'_2H'} = \frac{e}{t} f'_2 = 18cm$$

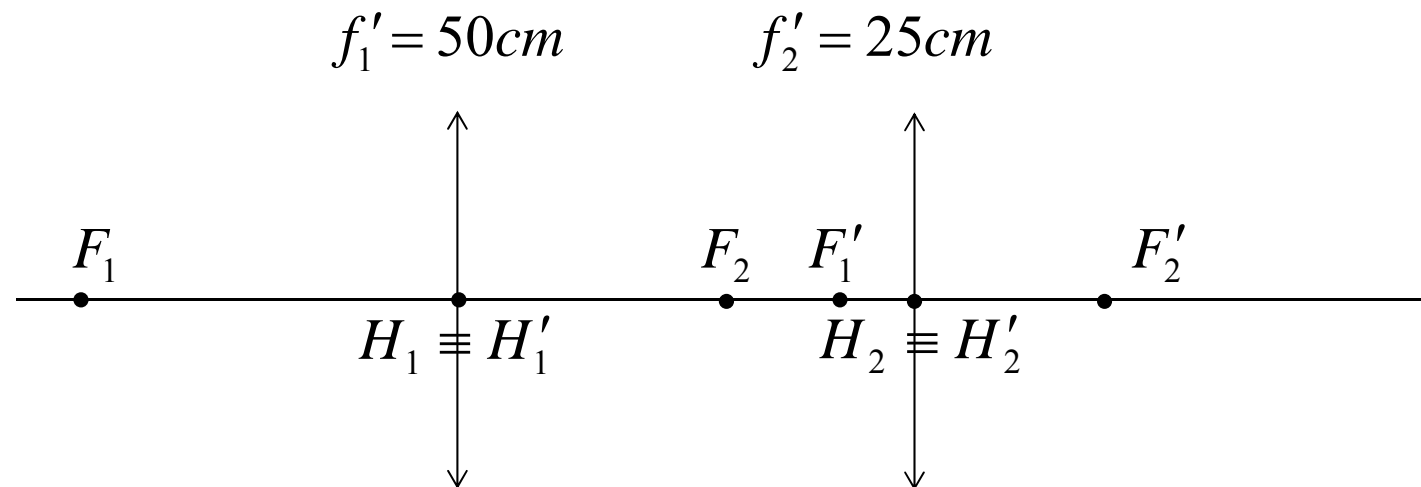
$$f' = -\frac{f'_1 f'_2}{t} = -6cm$$

La imagen final es
virtual y está invertida



Problemas

5.5. Dos lentes delgadas convergentes $\phi_1' = 2D$ y $\phi_2' = 4D$ forman un sistema centrado. Calcúlese la potencia del sistema y la posición de sus focos y planos principales cuando la separación entre las lentes es de: (a) $e = 20$ cm, (b) $e = 60$ cm, (c) $e = 1$ m. Analícese en cada caso si el sistema es convergente o divergente. Hágase el trazado de rayos que vienen del infinito a través del sistema.



Problemas

Calcúlese la potencia del sistema y la posición de sus focos y planos principales cuando la separación entre las lentes es de (b) $e = 60 \text{ cm}$. Analícese en cada caso si el sistema es convergente o divergente.

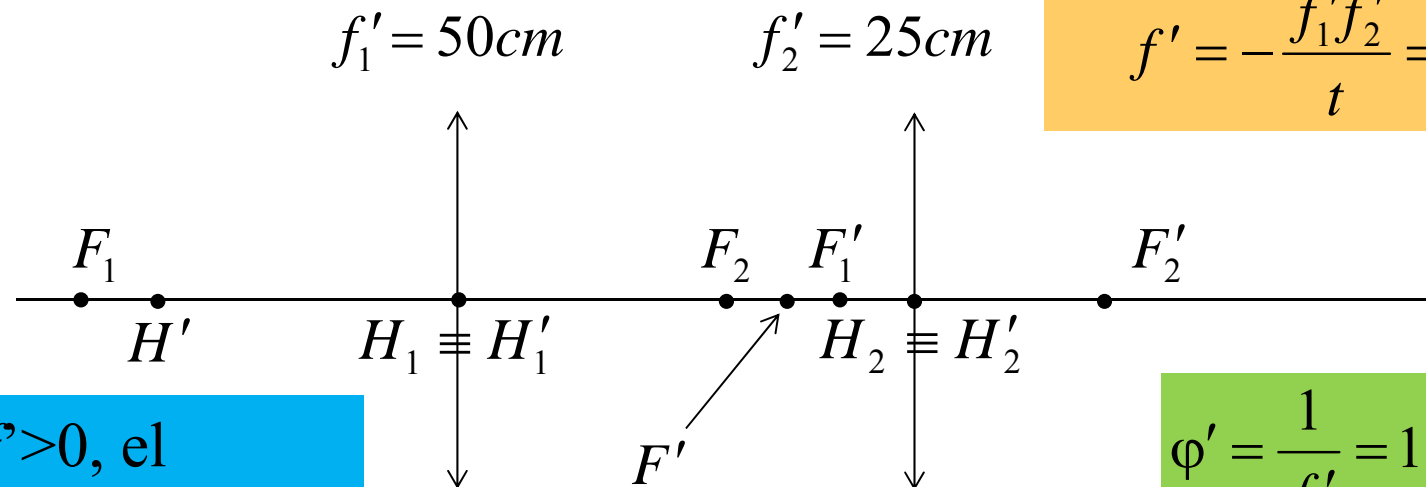
$$t = \overline{F_1'F_2} = -f_1' + e + f_2 = -15 \text{ cm}$$

$$e = \overline{H_1'H_2} = 60 \text{ cm}$$

$$\overline{H_1H} = \frac{e}{t} f_1 = 200 \text{ cm}$$

$$\overline{H_2'H'} = \frac{e}{t} f_2' = -100 \text{ cm}$$

$$f' = -\frac{f_1'f_2'}{t} = 83 \text{ cm}$$

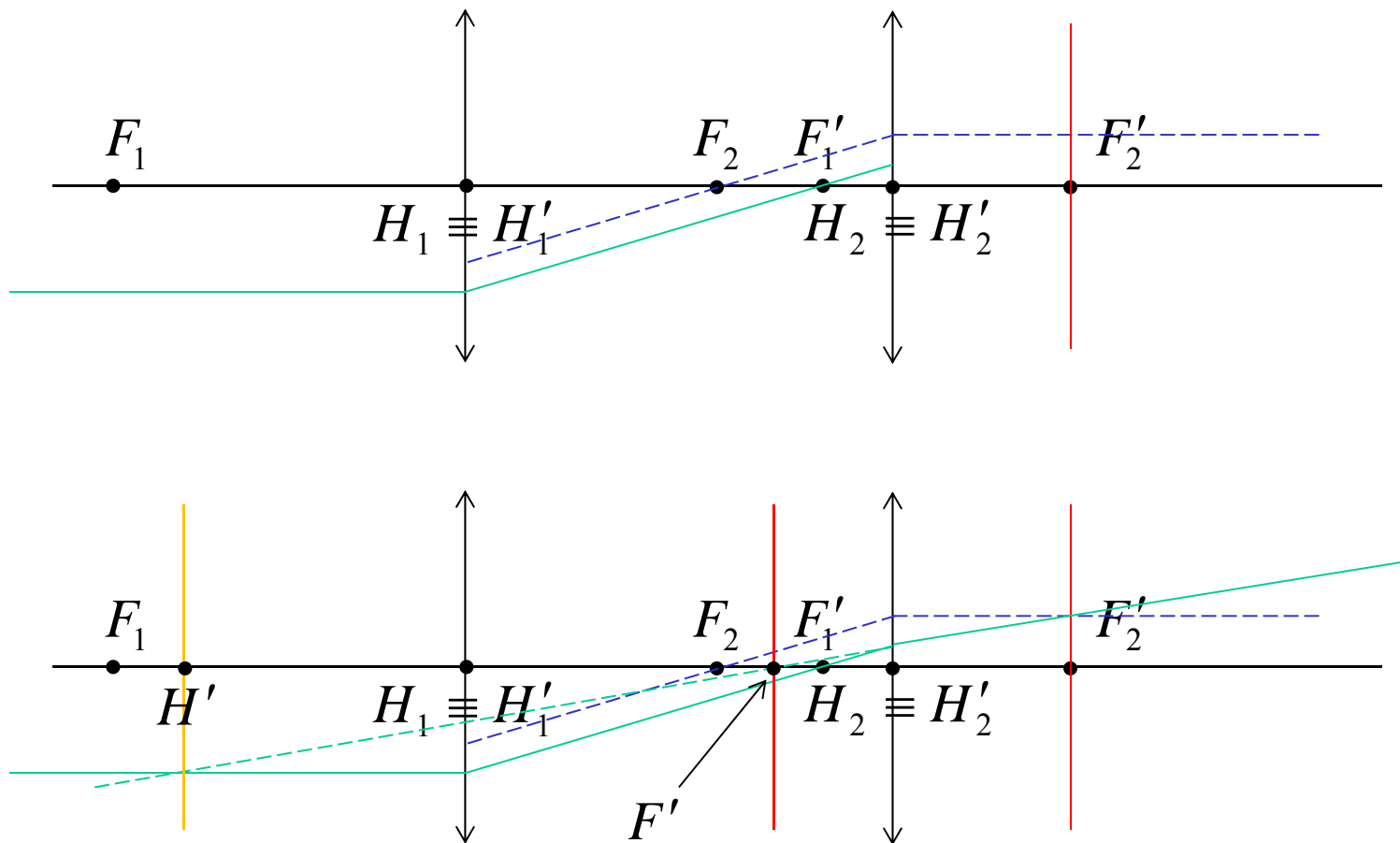


Aunque $f' > 0$, el sistema es **divergente**.

$$\phi' = \frac{1}{f'} = 1.2 \text{ D}$$

Problemas

Hágase el trazado de rayos que vienen del infinito a través del sistema.



Problemas

5.8. Se desea construir una lente acromática de 10 cm de distancia focal en forma de doblete cementado de vidrios crown y flint de los siguientes índices:

vidrio	n_C	n_D	n_F
Crown	1.50868	1.51100	1.51673
Flint	1.61611	1.62100	1.63327

Hállense los radios de curvatura de ambas lentes si la de vidrio crown ha de ser equiconvexa y la combinación ha de estar corregida para las rayas C y F .

$$v_1 = \frac{n_{D1} - 1}{n_{F1} - n_{C1}} = \frac{1.51100 - 1}{1.51673 - 1.50868} = 63.4783$$

$$v_2 = 36.1888$$

$$n_{D1} = 1.51100$$

$$n_{D2} = 1.62100$$

Problemas

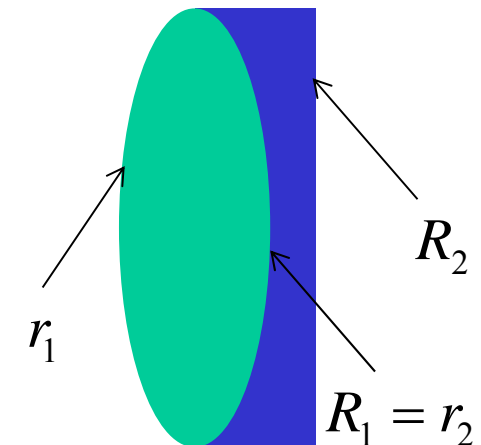
5.8. Se desea construir una lente acromática de 10 cm de distancia focal en forma de doblete cementado de vidrios crown y flint. Hállense los radios de curvatura de ambas lentes si la de vidrio crown ha de ser equiconvexa y la combinación ha de estar corregida para las rayas C y F .

$$\left. \begin{array}{l} \varphi'_1 + \varphi'_2 = \frac{1}{f'} = 10D \\ \frac{\varphi'_1}{v_1} + \frac{\varphi'_2}{v_2} = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \varphi'_1 = 23.26D \\ \varphi'_2 = -13.26D \end{array}$$

CONDICIÓN DE ACROMATISMO

$$v_1 = \frac{n_{D1} - 1}{n_{F1} - n_{C1}} = \frac{1.51100 - 1}{1.51673 - 1.50868} = 63.4783$$

$$n_{D1} = 1.51100$$



$$v_2 = 36.1888$$

$$n_{D2} = 1.62100$$

Problemas

5.8. Se desea construir una lente acromática de 10 cm de distancia focal en forma de doblete cementado de vidrios crown y flint. Hállense los radios de curvatura de ambas lentes si la de vidrio crown ha de ser equiconvexa y la combinación ha de estar corregida para las rayas C y F .

$$\left. \begin{aligned} \varphi'_1 &= (n_{D1} - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 23.26D \\ r_2 &= -r_1 \end{aligned} \right\} \quad r_1 = 4.39cm$$

$$\varphi'_2 = (n_{D2} - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = -13.26D \xrightarrow{R_1 = -r_1} R_2 = -71.13cm$$

$$v_1 = \frac{n_{D1} - 1}{n_{F1} - n_{C1}} = \frac{1.51100 - 1}{1.51673 - 1.50868} = 63.4783$$

$$v_2 = 36.1888$$

$$n_{D1} = 1.51100 \quad n_{D2} = 1.62100$$
