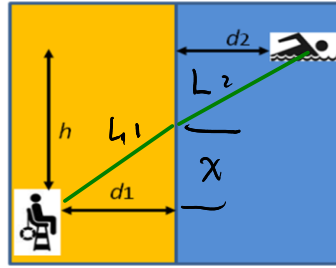


→ optical path

1. El salvavidas de la figura puede correr a una velocidad c sobre la arena y nadar a una velocidad c/n ($n > 1$) en el agua. Estando vigilante a una distancia d_1 de la playa, el salvavidas nota que un bañista se está ahogando a una distancia h a lo largo de la línea costera y alejado de la playa una distancia d_2 . ¿Cuál es la trayectoria que debe seguir el salvavidas para auxiliar lo más pronto posible al bañista?



$$OPL = nL$$

$$n = c$$

→ (Minimum distance)
 $= L_1 + L_2$

$$\rightarrow \begin{aligned} L_1 &= (d_1^2 + x^2)^{1/2} \\ L_2 &= (d_2^2 + (h-x)^2)^{1/2} \end{aligned}$$

$$L(x) = (d_1^2 + x^2)^{1/2} + (d_2^2 + (h-x)^2)^{1/2}$$

$$(d_1^2 + h^2 - 2hx + x^2)^{1/2}$$

$$v = L/t$$

$$c = \frac{L_1}{t_1}$$

$$\frac{c}{n} = \frac{L_2}{t_2}$$

$$\rightarrow t = t_1 + t_2 = \frac{L_1}{c} + \frac{nL_2}{c}$$

$$= \frac{1}{c} (d_1^2 + x^2)^{1/2} + \frac{n}{c} (d_2^2 + (h-x)^2)^{1/2}$$

$$= \frac{1}{c} (d_1^2 + x^2)^{1/2} + \frac{n}{c} (d_2^2 + (h-x)^2)^{1/2}$$

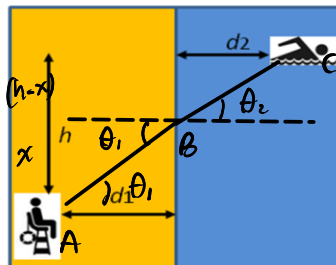
$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{2} x (d_1^2 + x^2)^{-1/2} + \frac{n}{c} \cdot (d_2^2 + (h-x)^2)^{-1/2} \cdot 2(h-x) \cdot (-1) = 0$$

$$\frac{x}{\sqrt{d_1^2 + x^2}} - \frac{n(h-x)}{\sqrt{d_2^2 + (h-x)^2}} = 0$$

$$x (d_2^2 + (h-x)^2)^{1/2} - n(h-x) (d_1^2 + x^2)^{1/2} = 0$$

$$\frac{x}{\sqrt{d_1^2 + x^2}} = \frac{n(h-x)}{\sqrt{d_2^2 + (h-x)^2}}$$

1. El salvavidas de la figura puede correr a una velocidad c sobre la arena y nadar a una velocidad c/n ($n > 1$) en el agua. Estando vigilante a una distancia d_1 de la playa, el salvavidas nota que un bañista se está ahogando a una distancia h a lo largo de la línea costera y alejado de la playa una distancia d_2 . ¿Cuál es la trayectoria que debe seguir el salvavidas para auxiliar lo más pronto posible al bañista?



$$\sin \theta_1 = \frac{x}{\sqrt{d_1^2 + x^2}}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{h-x}{\sqrt{d_2^2 + (h-x)^2}}$$

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

$$\frac{d\Delta}{dx} = 0$$

$$\overline{AB} + \overline{BC}$$

Bajo

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

Es la trayectoria optima

$$\cos \theta_1 = \frac{d_1}{n}$$

$$\frac{d_1}{n}$$

$$\rightarrow$$

$$h =$$

$$\frac{d_1}{\cos \theta_1}$$

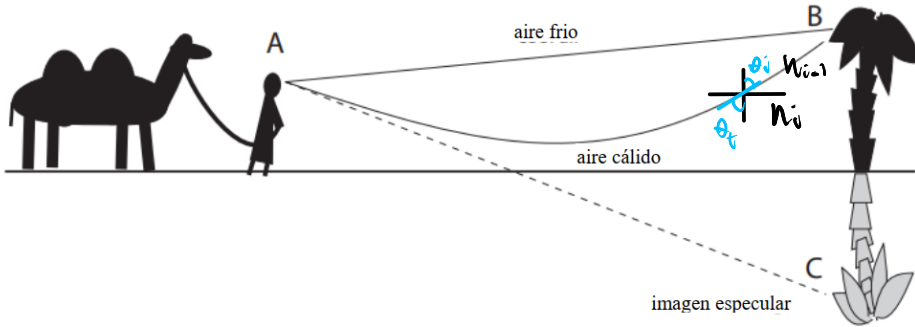
$$\rightarrow$$

but we have to

opt

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$$

2. Explique, de acuerdo con el principio de Fermat, por qué el observa en A no solo ve la imagen directa de la línea de visión de la copa del árbol en B, sino que también le parece que la copa del árbol tiene una imagen especular en C.



$n_i < n_{i+1} \rightarrow$ pues n_i aumenta con la T

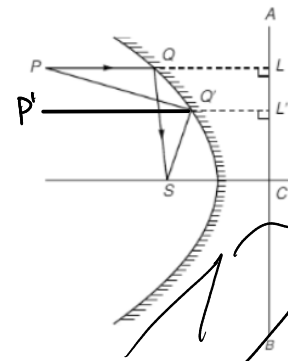
NCT)

como $n_i < n_{i+1}$
 θ_t se aleja de la normal

esto hace que el opL sea el curvo

Ya que presenta un estado estacionario

3. Considere un conjunto de rayos paralelos al eje que inciden en un reflector paraboloide. Demuestre, utilizando el principio de Fermat, que todos los rayos pasarán por el foco del paraboloide. Recuerde que un paraboloide se obtiene girando una parábola alrededor de su eje. Esta es la razón por la que se utiliza reflectores paraboloides para enfocar rayos paralelos procedentes de una fuente lejana, como en radioastronomía.



$$QL = QS \quad \text{y} \quad Q'L = Q'S$$

$$OPL_1 = n(\vec{PQ} + \vec{QS}) \quad OPL_2 = n(\vec{PQ'} + \vec{Q'S'})$$

Por propiedades de la parábola

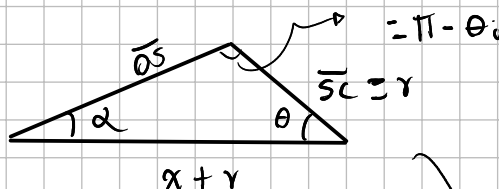
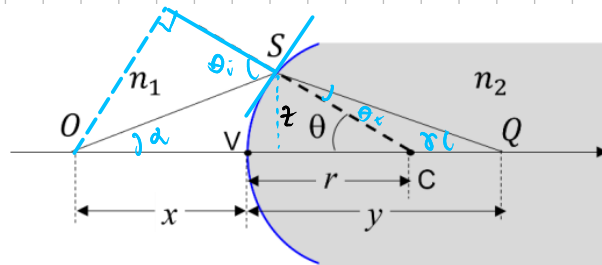
$$\vec{QS} = \vec{QL} \quad Q'S' = Q'L' \rightarrow \text{pero } Q'L' = Q'S = Q'S'$$

$$\Delta OPL_1 = OPL_2 - OPL_1 = 0 \rightarrow n(\vec{PQ} + \vec{QS}) = n(\vec{PQ'} + \vec{Q'S'})$$

$$\rightarrow \vec{PQ} + \vec{QS} = \vec{PQ'} + \vec{Q'S'} = \vec{P'Q'} + \vec{Q'S}$$

$$\rightarrow OPL_1 = OPL_2 \rightarrow \text{Terminando en S. (foco)}$$

4. Use exclusivamente el principio de Fermat para demostrar la fórmula de formación de imagen de Gauss para un dioptrio. Considere la figura en que se muestra la formación de imagen del punto objeto O con un rayo de luz refractándose en el punto S y formando la imagen Q. Para ello, exprese, de una parte, la distancia OS en términos de x, r y θ ; de otra parte, la distancia SQ en términos de y, r y θ . Asuma, por un lado, que θ es pequeño para determinar la imagen paraxial del punto O usando $\cos \theta \approx 1 - \theta^2/2$ y, por otro lado, que cuando se tiene un término pequeño $\epsilon \ll 1$ se puede aplicar la aproximación $\sqrt{1 \pm \epsilon} \approx 1 \pm \frac{1}{2}\epsilon$.



$$\frac{\sin \theta}{OS} = \frac{\sin(\pi - \theta)}{x + r}$$

$$\rightarrow OS = \frac{x + r \sin \theta}{\sin(\pi - \theta)}$$

$$\pi = \alpha + \theta + \pi - \theta$$

$$\theta_i = \alpha + \theta$$

$$\vec{SC}^2 = \vec{OS}^2 + (x + r)^2 - 2OS(x + r)\cos(\theta)$$

$$\cos \theta \approx 1 - \theta^2/2$$

$$\vec{SC}^2 = \vec{OS}^2 + (x + r)^2 - 2OS(x + r)(1 - \theta^2/2)$$

$$\cos(\pi - \theta) = \cos \pi \cos(\theta) + \sin(\pi) \sin(\theta)$$

$$\bar{S}O^2 = \bar{S}Q^2 + (y-r)^2 - 2\bar{S}Q(y-r)\cos(\pi - \theta)$$

$$= \bar{S}Q^2 + (y-r)^2 + 2\bar{S}Q(y-r)(1 - \theta^2/2)$$

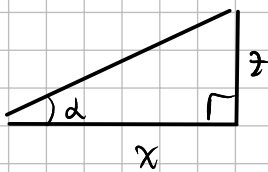
$$\bar{O}S^2 + (x+r)^2 - 2\bar{O}S(x+r)(1 - \theta^2/2) = \bar{S}Q^2 + (y-r)^2 + 2\bar{S}Q(y-r)(1 - \theta^2/2)$$

Aproximación Paraxial: $\bar{O}S \approx x$ \wedge $\bar{S}Q \approx y$

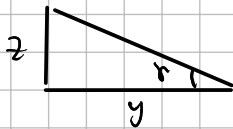
por ley de Snell

Se demuestra usando el principio de Fermat

$$n \sin \theta_i = n' \sin \theta_t \quad \wedge \quad \theta_i \text{ y } \theta_t \text{ pequeños}$$



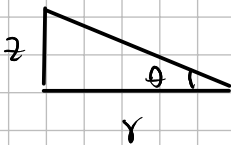
$$\sin \alpha = \frac{z}{x} \quad \alpha = \theta - \theta_i \quad \theta_i = \alpha + \theta$$



$$\tan \gamma = \frac{z}{y} \approx \gamma$$

$$\theta - \theta + \theta_t + \gamma = \theta \quad \theta_t = \theta - \gamma$$

$$n(\theta + \alpha) = n'(\theta - \gamma)$$

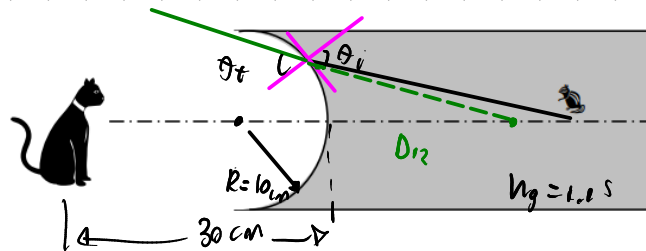


$$\tan \theta \approx \theta = \frac{z}{y}$$

$$\rightarrow n\left(\frac{z}{y} + \frac{z}{x}\right) = n'\left(\frac{z}{y} - \frac{z}{x}\right)$$

$$\frac{n}{x} + \frac{n'}{y} = \frac{n' - n}{y}$$

5. Considere un tanque con un gas de descontaminación ($n_g = 1.15$) como el que se muestra en la figura al lado. Si un ratón se sitúa a 30 cm del vértice del hemisferio y este último tiene una radio de 10 cm, localizar la imagen vista por el gato. Mostrar, además, si la imagen es real o virtual.



$$n < n_g \quad \rightarrow \quad \theta_t > \theta_i \quad D_{12} < 0$$

$$\frac{n_i}{D_{o1}} + \frac{n_t}{D_{12}} = \frac{n_t - n_i}{R}$$

$$D_{o1} = 30$$

$$R = 10$$

$$\frac{n_i}{D_{12}} = \frac{n_t - n_i}{R} - \frac{n_i}{D_{o1}}$$

$$n_i = 1.15 \quad n_t = 1$$

$$D_{12}$$

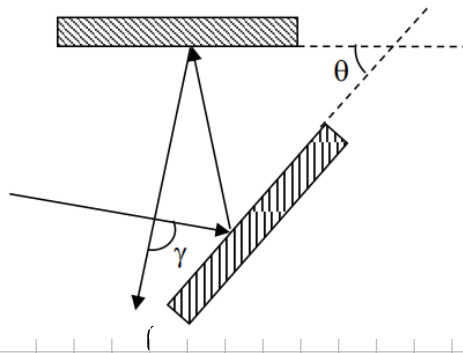
$D_{12} < 0$ pues está en el espacio objeto

$$\rightarrow \frac{D_{12}}{n_t} = \left(\frac{n_t - n_i}{R} - \frac{n_i}{D_{o1}} \right)^{-1} \rightarrow D_{12} = n_g \times \left(\frac{n_t - n_i}{R} - \frac{n_i}{D_{o1}} \right)^{-1} = -18.75 \text{ cm}$$

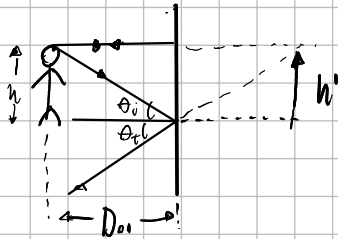
imagen virtual, rayos físicos no convergentes, esta se forma a partir de los rayos emergentes.

6.

- (a) Cuál es la longitud del espejo plano vertical de menor tamaño en el cual pueda verse una persona de cuerpo entero y en dónde debe quedar situado? (problema clásico).
 (b) Imagínese un rayo en un plano perpendicular a los dos espejos de la figura al frente. Demostrar que el rayo será desviado en un ángulo $\gamma = 2\theta$ independientemente de su ángulo de incidencia.



a)



$$\frac{1}{D_{o1}} + \frac{1}{D_{i2}} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{D_{i2}} + \frac{1}{D_{o1}}$$

curvas, en plano $R \gg D_{i2} \wedge R \gg D_{o1}$

$$m_x = -\frac{D_{i2}}{D_{o1}} = \frac{h_i}{h_o}$$

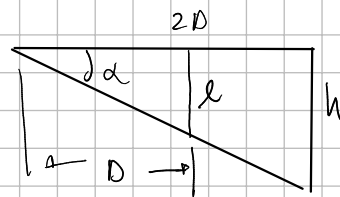
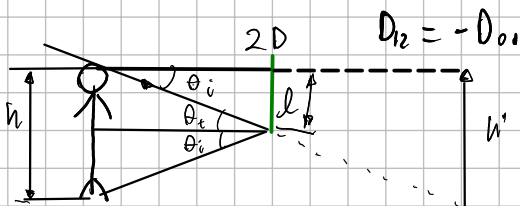
$$m_x = -\frac{D_{o1}}{D_{i2}}$$

$$\rightarrow \theta = \frac{1}{D_{i2}} + \frac{1}{D_{o1}} \rightarrow \frac{1}{D_{i2}} = -\frac{1}{D_{o1}}$$

$$\rightarrow D_{i2} = -D_{o1} \rightarrow m_x = -\frac{D_{i2}}{-D_{o1}} = 1$$

\rightarrow Es decir no depende de la posición del objeto

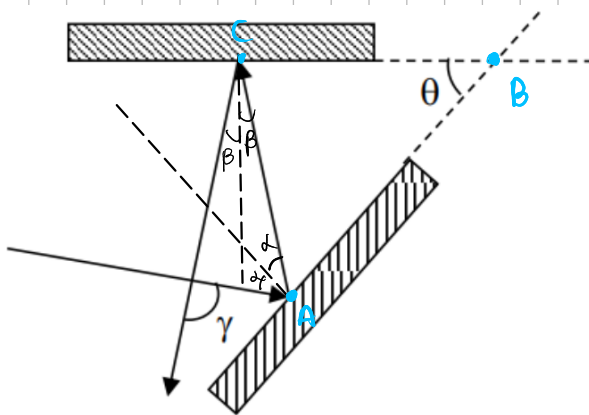
Ahora bien bien



$$\frac{l}{D} = \frac{h}{2D}$$

$$l = h/2 =$$

b)



$$\frac{1}{D_{o1}} + \frac{1}{D_{i2}} = 0$$

$$\Delta ABC: \frac{\pi}{2} - \beta + \frac{\pi}{2} - \alpha + \theta = \pi$$

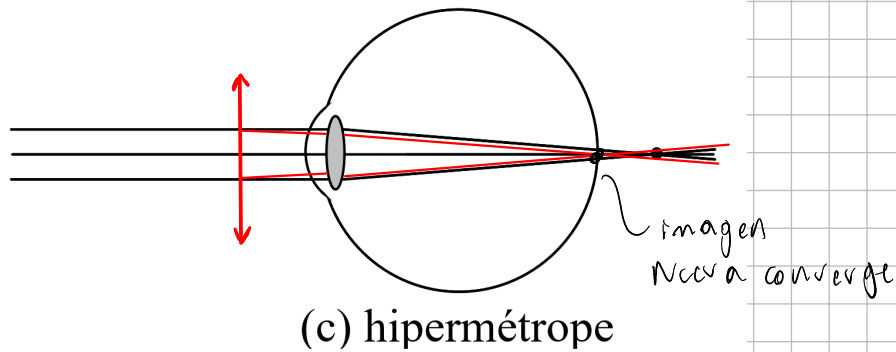
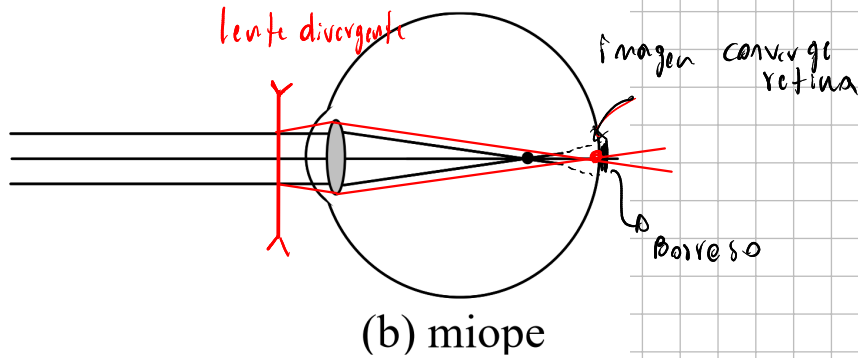
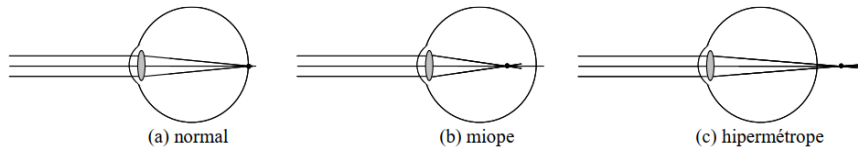
$$\theta - \beta - \alpha = 0$$

$$\beta + \alpha = \theta$$

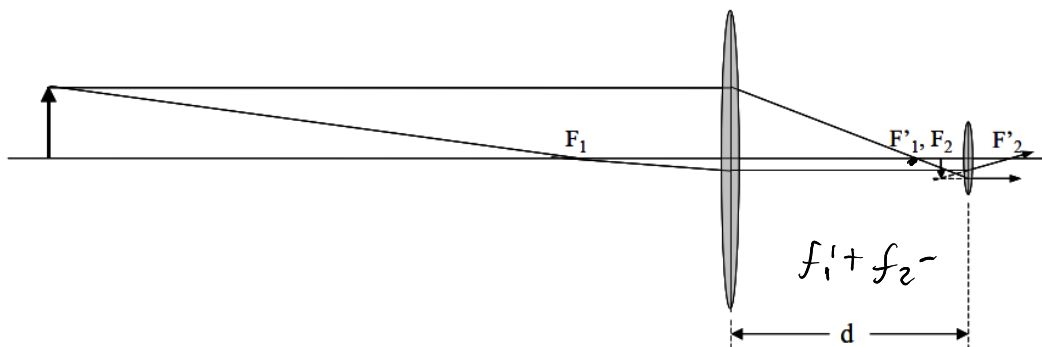
$$\pi - \gamma + 2\beta + 2\alpha = \pi$$

$$\rightarrow 2(\beta + \alpha) = \gamma = 2\theta$$

7. Dos defectos comunes de la visión de los humanos son la miopía y la hipermetropía. El ojo miope es más largo que el normal, de manera que en la posición relajada la imagen de un objeto en el infinito se forma delante de la retina; el ojo hipermetrope es más corto que el normal y la imagen de un objeto en el infinito se forma detrás de la retina. Explicar, mediante gráficos y trazando rayos, con qué tipo de lente se corrige cada defecto.



8. Un telescopio se trata de una lente objetiva de diámetro grande y longitud focal grande, y una lente ocular de diámetro pequeño y longitud focal reducida (ver figura). Analizar la magnificación de este sistema cuando la separación entre las lentes es tal que $d = f_1' + f_2$. Decir, entonces, ¿cómo es que se puede ver un objeto lejano con este sistema de lentes?

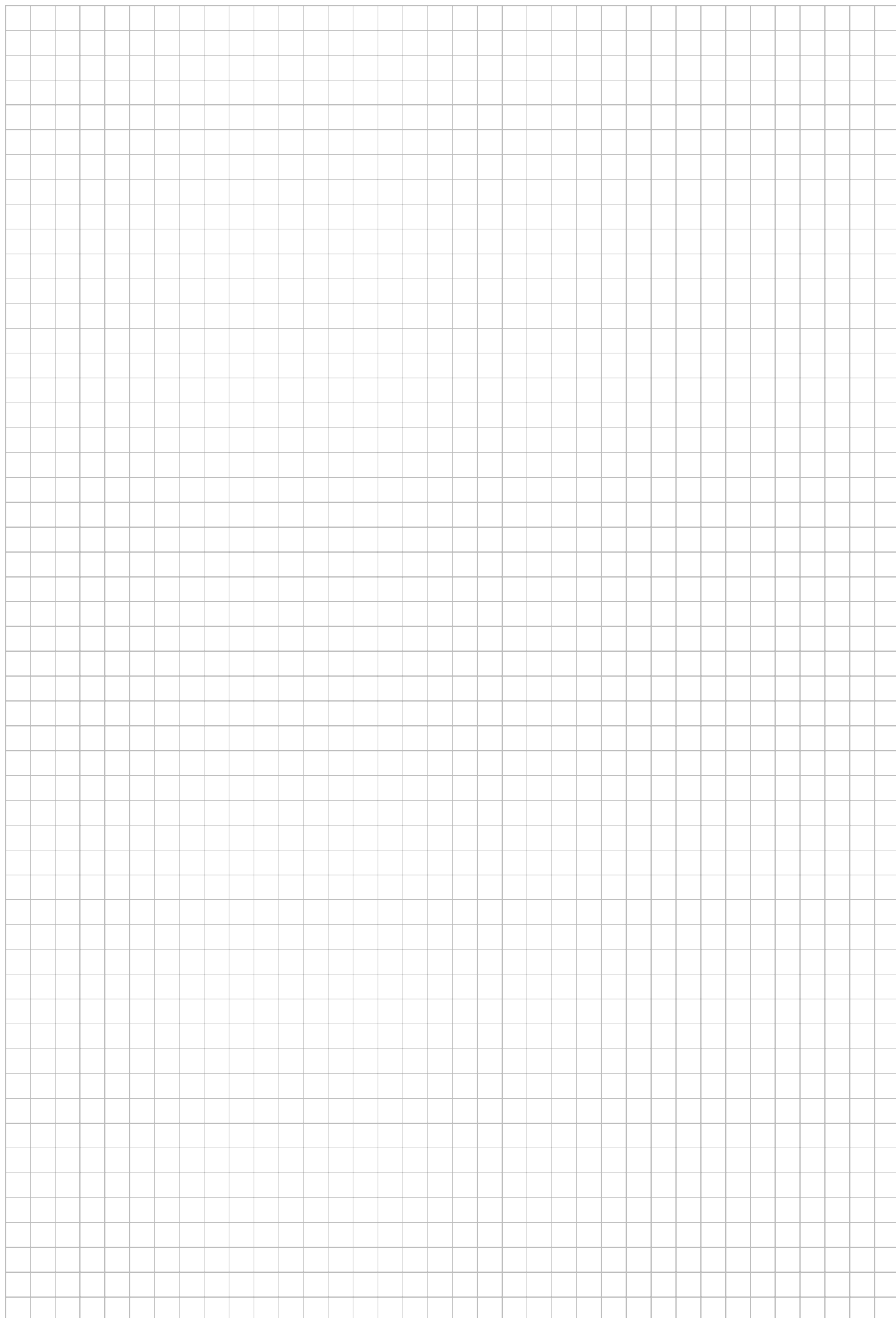


$$P_{\text{sis}} = P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2 d}{f_1 f_2} = \frac{1}{f_{\text{sis}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

$$\rightarrow \frac{1}{f_{\text{sis}}} = \frac{f_2 + f_1 - f_1 - f_2}{f_1 f_2} = \frac{1}{f_{\text{sis}}}$$

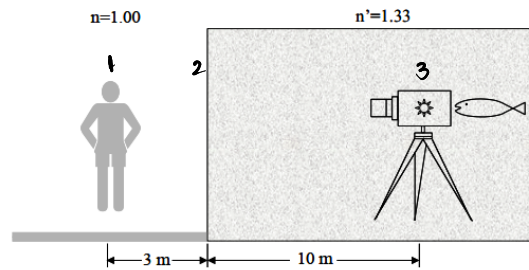
De $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$, $\frac{1}{s} = -\frac{1}{s'} \Rightarrow s = -s' \Rightarrow m_x = -1 \Rightarrow m_x = -1$.

La imagen se puede ver porque queda ubicada más cerca.
Queda invertida, pero no hay aumento lateral ni angular.



9. El pez fotógrafo:

Un pez desea tomar una foto del espécimen biológico mostrado en la figura. Su cámara, aunque a prueba de agua, tiene su escala de distancia calibrada para el aire. Determinar la condición que debe usar. Para ello, recordar que el pasaje de la luz del objeto a la lente de la cámara como siendo equivalente a una traslación enteramente en aire.



$$n_{H_2O} = 1.33$$

$$M = T_{23} R_{a2} T_{12} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ D_{23} & 1 \\ n_{23} & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -P \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ D_{12} & 1 \\ n_{12} & \end{pmatrix} T_{12} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ D_{12} & 1 \\ n_{12} & \end{pmatrix}$$

$$T_{23} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -D_{23} & 1 \\ n_{23} & \end{pmatrix}$$

$$>> M = T(:, :, 2) * Ra(:, :, 1) * T(:, :, 1)$$

$$M =$$

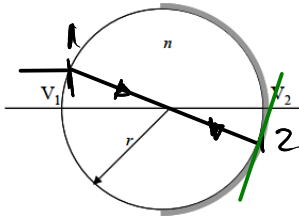
$$\begin{pmatrix} 1.0000 & 0 \\ 10.5188 & 1.0000 \end{pmatrix}$$

$$R_{a2} = \begin{pmatrix} 1 & -P \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$P = \frac{n_t - n_i}{R} \rightarrow P \rightarrow \infty$$

$$= 0$$

10. Lente con superficie reflectora:



Una lente esférica de radio r tiene su hemisferio derecho recubierto con una película metálica para formar una superficie reflectora. Denotando el índice de refracción del vidrio simplemente como n , calcule su matriz de transformación.

$$R_a = \begin{pmatrix} 1 & -P \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad R_e = \begin{pmatrix} 1 & \frac{2n_i}{R} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

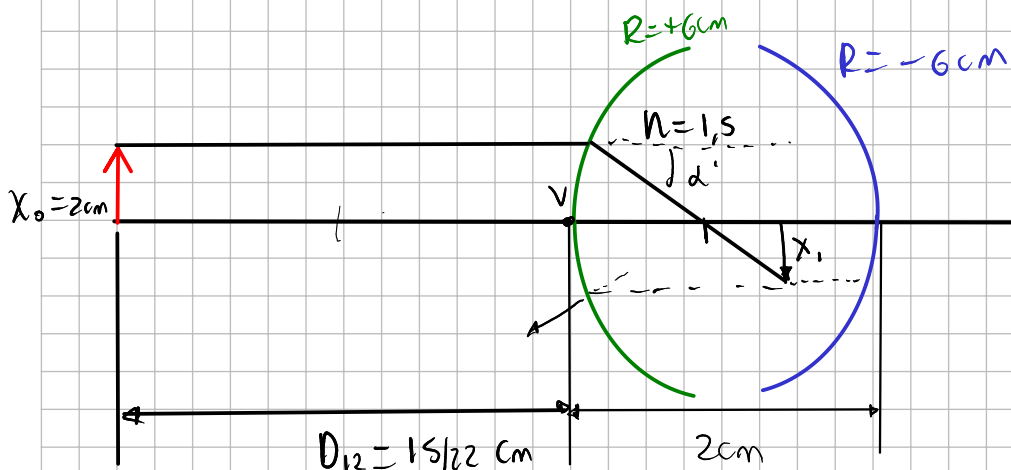
$$P = \frac{n_t - n_i}{R} = \frac{n - n_i}{R}$$

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ d/n & 1 \end{pmatrix}$$

$$M = R_a T_{24} R_e T_{12} R_a$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & \frac{1-n}{-r} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2r}{n} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \frac{2n}{R} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2r}{n} & 1 \end{pmatrix}$$

11. Una lente biconvexa de 2 cm de espesor y radios 6 cm es plateada en su segunda superficie. El índice de refracción del material de la lente es 1.5. Suponga un objeto de 2 cm de alto ubicado a 15/22 cm al frente del primer vértice de la lente. Decir dónde se forma la imagen y cuál es su tamaño



$$M_{w'} = R_{a1} T_{21} R_{e2} \cdot T_{12} \cdot R_{a1}$$

$$R_a = \begin{pmatrix} 1 & -p \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R_e = \begin{pmatrix} 1 & 2n/p \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M_{w'} =$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -\frac{1-1.5}{-6} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2}{1.5} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \frac{2(1.5)}{-6} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2}{1.5} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1.5-1}{0} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad T_{12} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ d_{12}/n_{12} & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 0.1852 & -0.5432 \\ 1.7778 & 0.1852 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} n' d' \\ x' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} n d \\ x \end{pmatrix}$$

$$n' d' = M_{11} n d + M_{12} x$$

$$d' = \frac{M_{11} n d}{n'} + \frac{M_{12}}{n'} x$$

$$x' = n d M_{21} + M_{22} x$$

$$\overline{H V} = 0 = \left(\frac{n}{M_{12}} \right) (1 - M_{11})$$

$$\overline{V_1 H_1} = \frac{n_{i1}(1 - a_{11})}{-a_{12}}$$

$$M_x = -$$

$D > 0$ si H está a la izquierda de V

$$\overline{V_2 H_2} = \frac{n_{i2}(a_{22} - 1)}{-a_{12}}$$

$$\overline{V' H'} = 0' = \left(\frac{n'}{M_{12}} \right) (1 - M_{11})$$

$D' > 0$ si H' está a la izquierda del vertical

$$P_{\text{systema}} = -M_{12} = \frac{n M_{11}}{D} + \frac{n' M_{22}}{D} + \frac{n n' M_{21}}{D D'}$$

$$D = \left(\frac{n}{M_{12}} \right) (1 - M_{11}) = \left(\frac{1.5}{-0.5432} \right) (1 - 0.1852) = -1.05$$

$$S_2 = S + D = 15/22 + 1.05 = 2.1818$$

$$D' = \left(\frac{n'}{M_{12}} \right) (1 - M_{11}) = \left(\frac{1}{-0.5432} \right) (1 - 0.1852) = -1.05$$

$$M_x = -\frac{n}{n'} S' = -8.4 \rightarrow -M_{12}$$

$$= 1 - \frac{11.78}{1} (-0.5432)$$

$$x' = -10.8 \text{ cm} \quad \text{Círculo tróica}$$

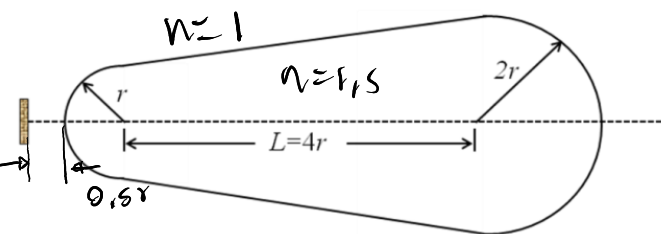
$$\frac{n'}{S'} + \frac{n}{S_2} = P_{\text{sys}} = -M_{12} = 0.5432$$

$$\frac{1}{S'} + \frac{1}{2.1818} = 0.5432$$

$$S' = 11.78$$

$$D_2 = S' + D' = 11.78 - 1.05 = 10.28 \text{ cm}$$

12. La figura abajo fue hecha de vidrio ($n=1.5$). Los extremos son esféricos de radios r y $2r$ cuyos centros están separados una distancia $4r$. Una moneda se sitúa en el aire a una distancia $d=0.5r$ del vértice izquierdo de la figura de vidrio.



- a) Encuentre la ubicación de la imagen de la moneda cuando $r=2$ cm. Diga si la imagen es real o virtual.
b) Calcule la ubicación de la imagen para la aproximación $L \rightarrow 0$ y compare el resultado con la teoría de lente delgada.

$$\frac{n_0}{D_{01}} + \frac{n_1}{D_{12}} = \frac{n_1 - n_0}{R}$$

$$\frac{1}{0.5r} + \frac{1.5}{D_{12}} = \frac{0.5}{r} \rightarrow \frac{1.5}{D_{12}} = \frac{0.5}{r} - \frac{1}{0.5r} = \frac{1}{r} \left(0.5 - \frac{1}{0.5} \right)$$

$$= -\frac{1}{r} (1.5) = \frac{1.5}{D_{12}} \rightarrow D_{12} = -r = -2 \text{ cm}$$

$$\frac{1.5}{2+7(2)} + \frac{1}{D_{23}} = \frac{1-1.5}{-2(2)} \rightarrow \frac{1}{D_{23}} = \frac{1-1.5}{-2(2)} - \frac{1.5}{2+7(2)} = \frac{1}{32}$$

$$D_{23} = 32 > 0 \quad \text{Real} \quad \text{Está en espacio imagen}$$

b) $\frac{1.5}{2} + \frac{1}{D_{23}} = \frac{1-1.5}{-4} \rightarrow \frac{1}{D_{23}} = \frac{1-1.5}{-4} - \frac{1.5}{2} \rightarrow D_{23} = -1.6$
 $D_{23} = -16 \text{ cm}$ a la izquierda de V' imagen virtual
 Está en espacio objeto

Usando Método matricial

$$P = \frac{n' - n}{R}$$

$$M_{VV'} = R_{a3} T_{23} R_{a2} = \begin{pmatrix} 1 & -P_{a3} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ D_{23} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -P_{a2} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1-1.5}{-2(2)} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{14}{1.5} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1.5-1}{2} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.1667 & -0.0833 \\ 9.3333 & -1.3333 \end{pmatrix}$$

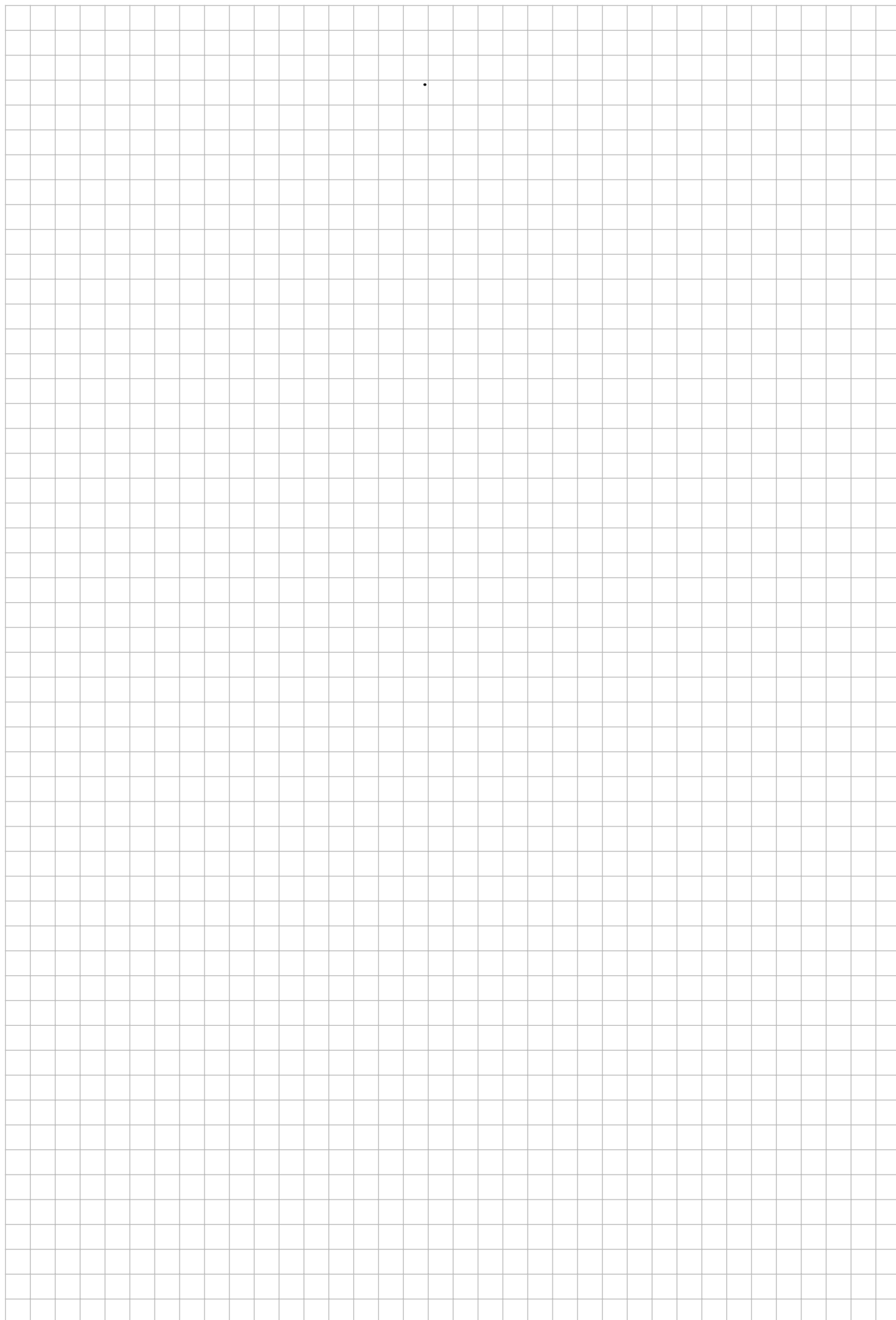
$$\overline{H_V} = D = \left(\frac{n}{n_{12}} \right) (1 - M_{11}) = \left(\frac{1}{-0.0833} \right) (1 - (-0.1667)) = -14$$

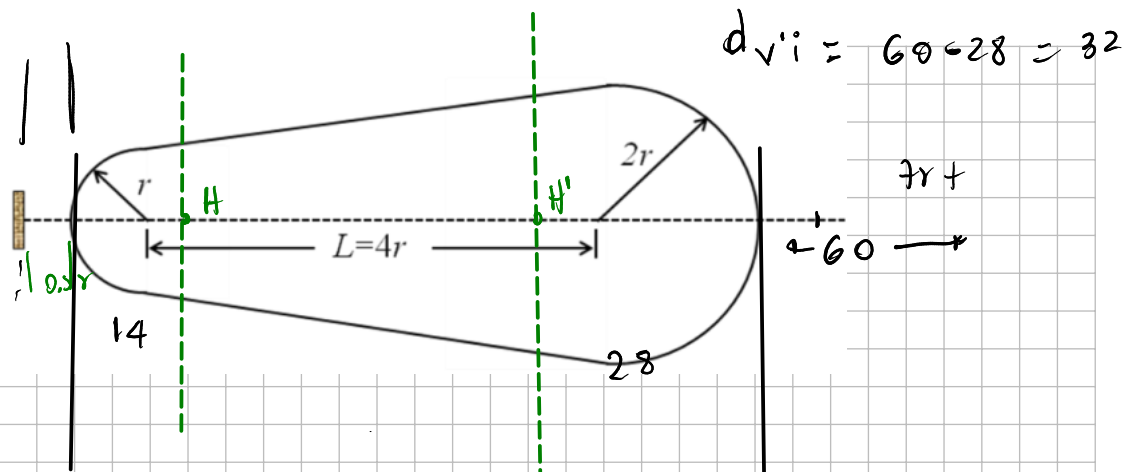
$$\overline{H_{V'}} = D' = \left(\frac{n'}{n_{12}} \right) (1 - M_{22}) = \left(\frac{1}{-0.0833} \right) (1 - (-1.3333)) = -28$$

$$P_{\text{sis}} = -M_{12}$$

$$\frac{1.5}{s} + \frac{1}{s'} = P_{\text{sis}} = -M_{12} = 0.08333$$

$$\frac{1.5}{s'} + \frac{n}{s} = P_{\text{sis}} \quad \frac{1}{s'} = 0.08333 - \frac{1}{14+0.5(2)} \rightarrow s' = 60 \text{ cm}$$





$$L \rightarrow 0 \quad M_{vv'} = R_{a3} T_{23} R_{a2} = \begin{pmatrix} 1 & -P_{a3} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -P_{a2} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -0.3750 \\ 0 & 1.0000 \end{pmatrix}$$

$$\overline{H'V} = D = \left(\frac{n}{n_{i2}} \right) (1 - M_{11}) = \left(\frac{1}{1} \right) (1 - 1) = 0$$

$$\overline{H'V'} = D' = \left(\frac{n'}{n_{i2}} \right) (1 - M_{22}) = \left(\frac{1}{1} \right) (1 - 1) = 0$$

lente delgada $\overline{H'H'} = 0$

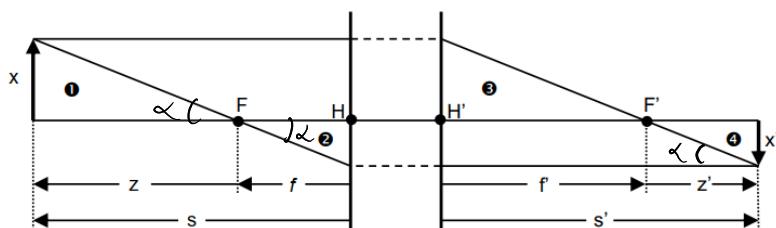
$$\frac{n'}{s'} + \frac{n}{s} = P_{sys} \quad \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = 0.3750 \rightarrow \frac{1}{s'} = 0.3750 - \frac{1}{1} = -1.6 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{s_{o1}} + \frac{1}{s_{i2}} = (n_2 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

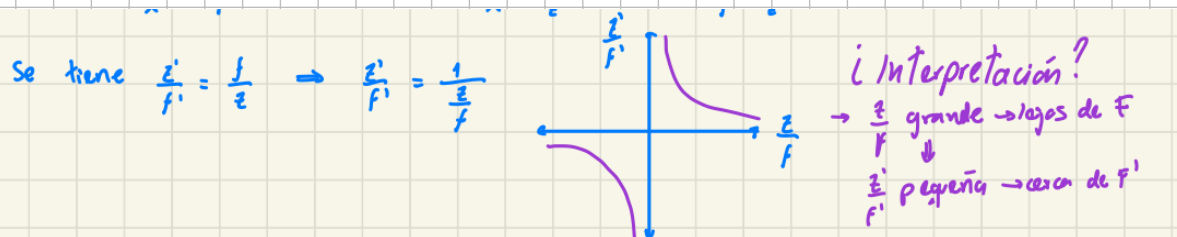
$$\frac{1}{0.5(2)} + \frac{1}{s'} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{-2(2)} \right) \rightarrow s' = -1.6 \text{ cm}$$

13. Cuando se conocen los puntos focales F , F' , y principales H , H' , todas las propiedades ópticas del sistema quedan completamente determinadas. Deduzca la llamada *fórmula de Newton* para puntos conjugados dada por: $zz' = ff'$. Para ello

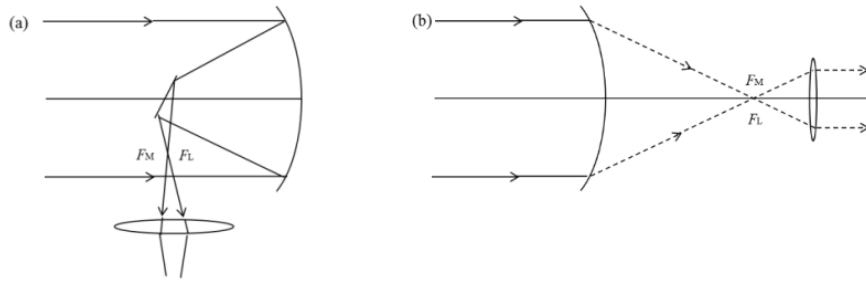
aproveche la relación entre los triángulos ① con ② y ③ con ④. Grafique z'/f' como función de z/f y diga lo que significa cada rama tanto para lente positivas como negativas.



$$\frac{x}{x'} = \frac{z}{f} \quad \frac{x}{x'} = \frac{z'}{f'} \rightarrow \frac{z}{f} = \frac{f'}{z'} \rightarrow zz' = f'f$$



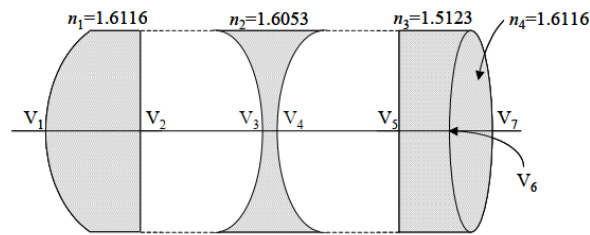
14. En la figura (a) se muestra la forma simple de un telescopio reflector de Newton. La luz de un cuerpo celeste es captada por un espejo cóncavo de radio R cuyo eje es direccionado hacia su punto focal F_M por un espejo plano pequeño (este espejo es lo suficientemente pequeño como para apenas interrumpir una cantidad muy baja de haces de luz que colecta el espejo cóncavo). El punto focal F_M coincide con el punto F_L de la lente objetiva del telescopio. Se puede aplicar el método matricial para analizar este instrumento óptico usando la figura (b). Encontrar su magnificación angular como función de R y F_L .



15. La figura muestra la sección transversal de una lente Tessar muy utilizada en cámaras de gran calidad. Para este problema se tienen las siguientes dimensiones:

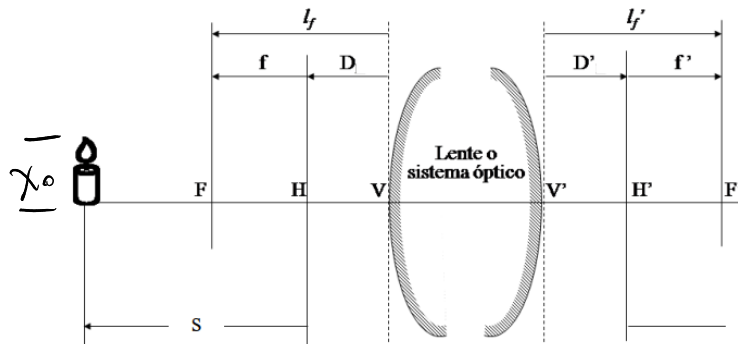
$R_1=1,628$	$R_4=1,582$	$d_1=0,357$	$d_4=0,325$
$R_2=27,57$	$R_5=\infty$	$d_2=0,189$	$d_5=0,217$
$R_3=3,457$	$R_6=1,920$	$d_3=0,081$	$d_6=0,396$
	$R_7=2,394$		

Aquí, R_i es el radio del vértice V_i , y la distancia d_i es la distancia horizontal que hay entre el vértice V_i y el V_{i+1} .



Calcular: D_H , D'_H , l_f , l'_f , f y f' (ver nota al final).

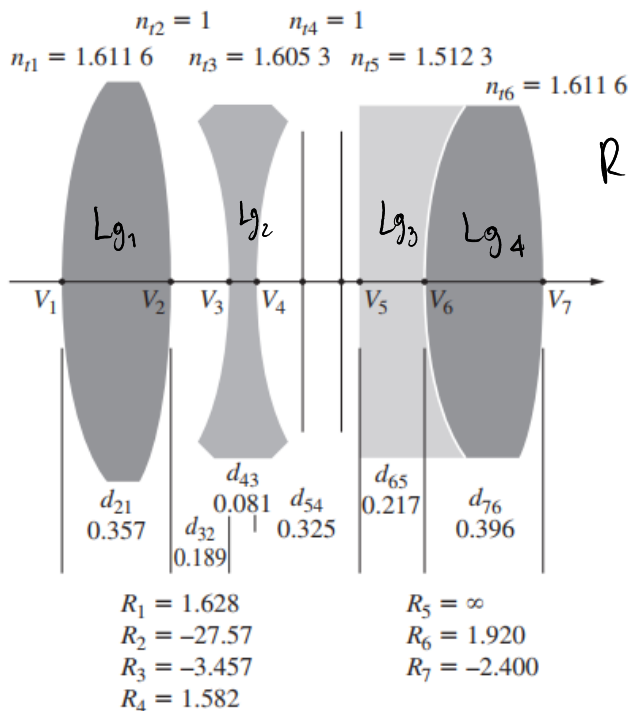
Nota: Resumen para una lente o sistema óptico:



Matrix =

0.8480 -0.1974
1.3387 0.8675

$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
 $\gg M(\text{Matrix}, 1, 1, 1, 10, 1)$
 ans =
 -0.7698 $\approx D_1$
 -0.6709 $\approx D_2$
 0.1974 p
 1.7698 s_1
 -2.7204 s_2
 -3.3913 $D_{v_2 v_1}$
 6.6087 $D_{o i}$
 1.5371 m_x
 0.6506 m_d
 5.0646 f
 5.0646 f'
 5.8344 d_f
 5.7355 d_f
 1.5371 X_0



$M =$

$$R_7 T_{67} R_{o6} R_{o6} T_{56} R_{o5} T_{45} R_{o4} T_{34} R_{o3} T_{23} R_{o2} T_{12} R_{o1}$$

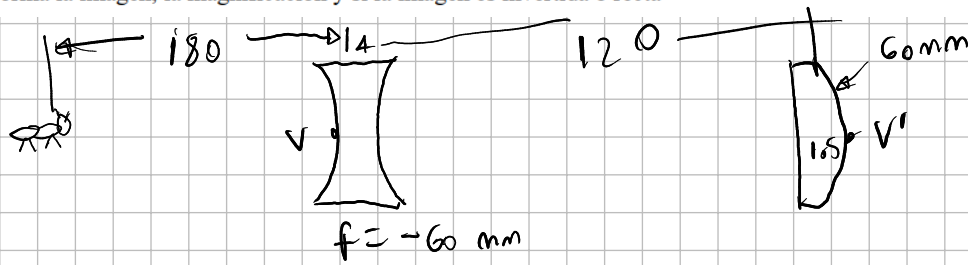
$$= R_7 T_{67} L_{g3} T_{45} L_{g2} T_{23} L_{g1}$$

Matrix =

0.8489 -0.1967
1.3388 0.8678

Figure 6.11 A Tessar.

16. Una lente bicóncava de distancia focal -60 mm se monta sobre un cilindro de cartón de 120 mm en frente de una lente plano-convexa de radio 60 mm e índice 1.5. Encontrar la distancia focal del sistema y determinar la imagen que resulta de una hormiga de 3 mm localizada 180 mm al frente del dispositivo. Aquí debe especificar dónde se forma la imagen, la magnificación y si la imagen es invertida o recta



$$P_L = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = (1.5 - 1) \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{-60} \right) \frac{n_m}{s_{o1}} + \frac{n_m}{s_{i2}} = (n_L - n_m) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$= \frac{1}{120} = \frac{1}{f} \quad f = 120 \text{ mm}$$

$$M_{V/V'} = L_{d1} \cdot T \cdot L_{d2}$$

$$\frac{n'}{s'} + \frac{n}{s} = P_{\text{sys}} = \frac{n}{f} = \frac{n'}{f'}$$

$$P_{\text{sys}} = -N_{12} = P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2 d}{n_b} \quad P_1 = \frac{1}{f}$$

$$= -N_{12} = \frac{n}{f_1} + \frac{n'}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2 n_b}$$