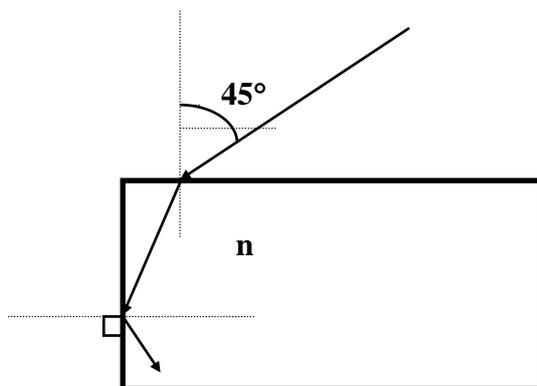


Guía 4: Reflexión y refracción en superficies planas y curvas

1. Considere un conjunto de 10 superficies planas paralelas separadas entre sí por la misma distancia d . Cada par de superficies encierra un medio de índice de refracción diferente al de los adyacentes. La primera superficie está en contacto con el aire, y la última, con un medio que absorbe totalmente la luz que le pueda llegar. Analizar qué sucede con un rayo que incide sobre la primera superficie:

 - a) cuando $n_1 > n_2 > n_3 > \dots > n_{10}$.
 - b) cuando $n_1 < n_2 < n_3 < \dots < n_{10}$.
2. Demuestre que un rayo que atraviesa una lámina de caras paralelas, inmersa en un medio único, emerge paralelo a la dirección original. Es decir que no se desvía (sólo se desplaza) al atravesarla.
3. Se tienen 3 medios distintos con índices n_1 , n_2 y n_3 , separados entre sí por superficies planas paralelas. Un rayo que incide sobre la superficie de separación entre n_1 y n_2 con un ángulo de 45° sale rasante luego de refractarse en la superficie de separación entre n_2 y n_3 . Sabiendo que $n_2 = 1,5$ y $n_3 = 1,2$:

 - a) Calcule n_1 .
 - b) ¿Qué sucedería si reemplaza el tercer medio (n_3) por otro de índice n_1 ?
4. Un rayo de luz incide sobre una placa de vidrio inmersa en aire con un ángulo de incidencia de 45° . ¿Cuál debe ser el índice de refracción n del vidrio para que haya reflexión total en la cara vertical?



5. La fibra óptica es una hebra muy fina de un vidrio especial (o bien de material plástico adecuado) de alto índice de refracción (*núcleo*), cuyo diámetro no puede exceder los $125 \mu\text{m}$, que se recubre con un material de índice de refracción menor que el del propio núcleo (*recubrimiento*) con el fin de retener la luz dentro de él, y, que a su vez se protege con una *envoltura* exterior de material plástico muy flexible (**fig 1**). Así, el funcionamiento de estas fibras está basado en el fenómeno de reflexión total sobre los rayos que, ingresando en un extremo, se reflejan sobre las paredes de separación entre el núcleo y el recubrimiento quedando así *encapsulados* hasta salir por el otro extremo, independientemente que la fibra siga o no una línea recta.

a) Demostrar que el *ángulo del cono de aceptación* α_m que forman todos los rayos que ingresando en la fibra, como está indicado en la **fig. 2**, son reflejados en la superficie de separación entre el núcleo y su recubrimiento es

$$\text{sen}\alpha_m = \frac{n_1}{n_0} \left[1 - \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \right]^{1/2}$$

siendo n_0 , n_1 , y n_2 los índices de refracción que corresponden al medio exterior, al núcleo de la fibra óptica y a su recubrimiento, respectivamente.

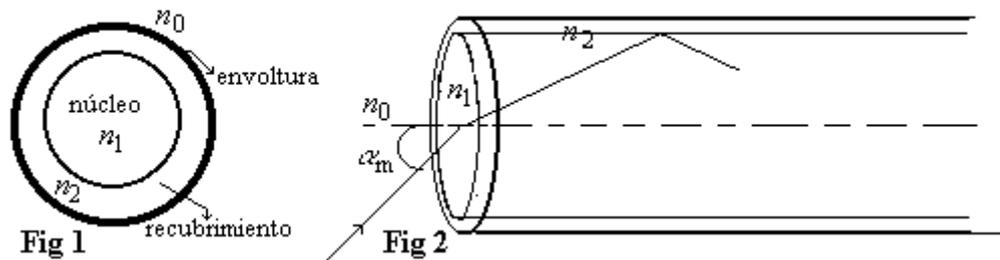
b) Como el cono de aceptación depende del índice que rodea a la fibra en el extremo de entrada, suele emplearse una magnitud denominada *apertura numérica* y que se define como

$$A.N. = n_0 \text{sen}\alpha_m.$$

Calcular la apertura numérica correspondiente a una fibra cuyo núcleo tiene un índice de refracción de 1.66 y el correspondiente a su recubrimiento es 1.4.

Para estos valores, ¿cuál es el ángulo de aceptación si la luz proviene del aire?. ¿Y si proviene del agua?

c) ¿Qué rango de valores debería tener el índice de refracción del recubrimiento de un núcleo cuyo índice es 1.66 para que todo rayo que incida desde el aire quede atrapado dentro de la fibra?



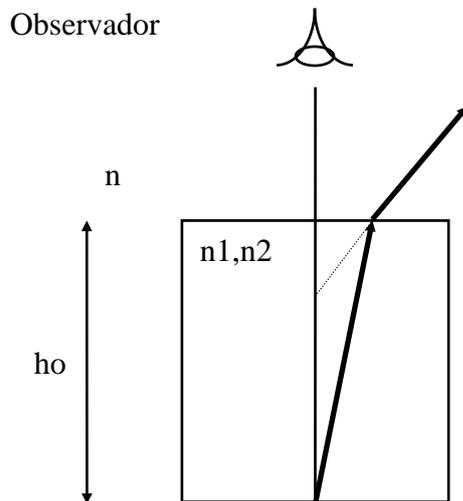
6. Sobre una superficie plana de separación vacío-cuarzo incide un haz de luz formando un ángulo de 30° respecto a la normal. El haz está formado por la mezcla de dos colores: azul ($\lambda_a^0 = 4000 \text{ \AA}$ en el vacío) y verde ($\lambda_v^0 = 5000 \text{ \AA}$ en el vacío). El rayo azul y el verde se refractan en el cuarzo con ángulos de $19,88^\circ$ y $19,99^\circ$ con la normal, respectivamente.

Halle $n^{\text{cuarzo}}(\lambda_a^0)$ y $n^{\text{cuarzo}}(\lambda_v^0)$.

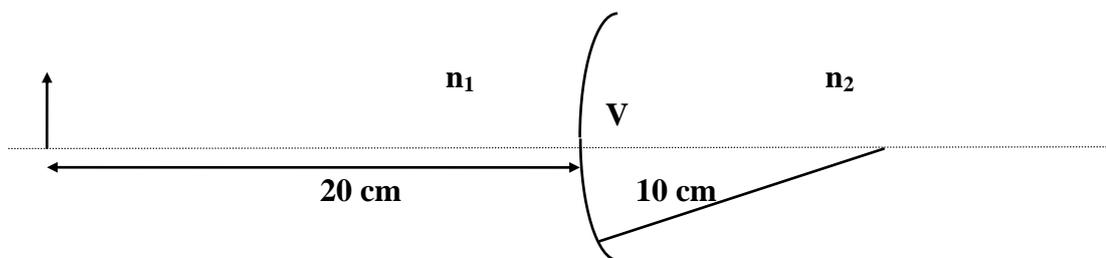
7. a) Considere un prisma rectangular isósceles, inmerso en aire. Calcule el índice de refracción del vidrio para que un haz que incide perpendicularmente a una de sus caras, se refleje totalmente. Este prisma se conoce como *prisma de reflexión total*. ¿Depende en este caso la desviación del prisma del color del haz incidente?

b) Si ahora el índice de refracción del prisma corresponde al mínimo valor calculado en a) y el prisma se encuentra inmerso en agua, ¿seguirá siendo un prisma de reflexión total?, ¿cambia la dirección del rayo emergente que se refleja internamente?

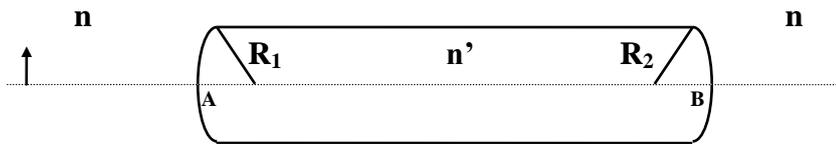
9. Un objeto puntual que emite luz de dos colores (de frecuencias f_1 y f_2) se encuentra en el fondo de un cubo, cuyos índices de refracción para cada una de estos colores son n_1 y n_2 , respectivamente. Halle a qué altura sobre el fondo se encuentran las imágenes para un observador situado sobre el objeto fuera del cubo.
 Datos: $h_o = 40 \text{ cm}$; $n_1 = 1,25$; $n_2 = 1,60$; $n = 1$



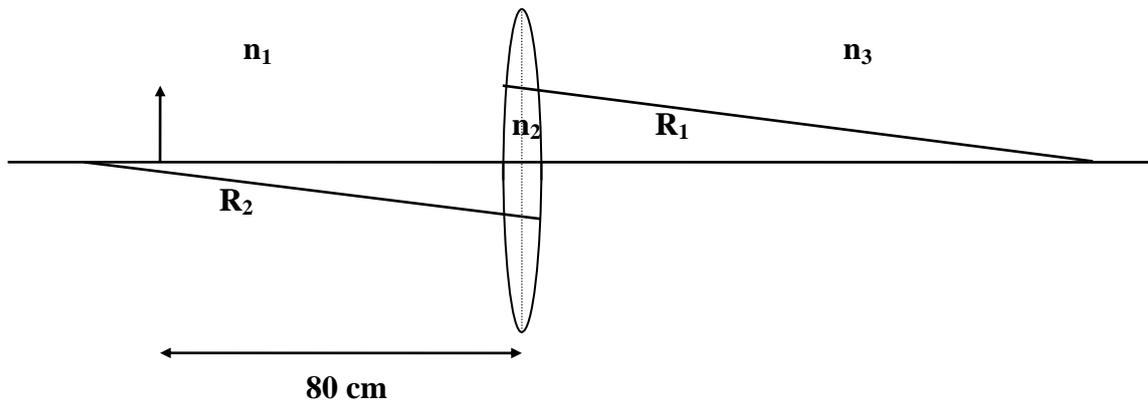
10. Localice analítica y gráficamente la imagen para la geometría que se muestra en la figura, suponiendo que el radio de curvatura de la dioptra es, en módulo, de 10 cm, n_1 vale 1 y n_2 vale 2. Considere que el objeto está a 20 cm a la izquierda de V.



11. Sea una varilla transparente como muestra la figura. Los módulos de los radios de curvatura son: $|R_1| = 20 \text{ cm}$ y $|R_2| = 40 \text{ cm}$, la distancia entre los vértices A y B es de 160 cm y el material con el que se ha construido tiene un índice de refracción $n' = 2$. La varilla se encuentra en aire y hay un objeto luminoso colocado a 40 cm a la izquierda del vértice A.
- Halle la posición, naturaleza y tamaño relativo de la imagen (analítica y gráficamente).
 - Idem, suponiendo que el medio exterior tiene índice $n = 2$ y el interior $n' = 1$.
 - Discuta a) y b) en el caso en que la distancia entre los vértices fuera de 60 cm.

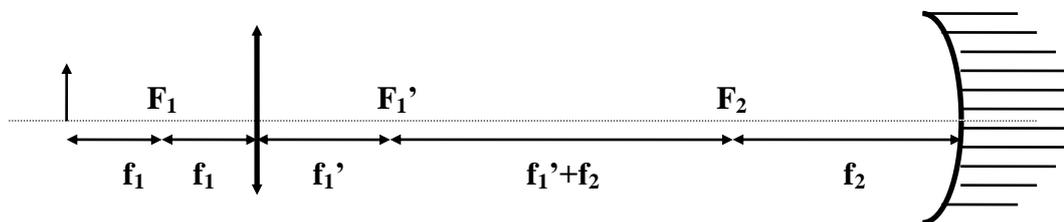


12. Se coloca un objeto a 80 cm a la izquierda de una lente, como se muestra en la figura (suponga que la lente es delgada). ¿Cómo se comporta la lente si $n_1 = n_3 = 1,6$?
 Datos: $|R_1| = 10 \text{ cm}$; $|R_2| = 10 \text{ cm}$; $n_1 = 1,6$; $n_2 = 1,5$; $n_3 = 1,6$.



13. Una lente delgada no simétrica forma la imagen de un objeto puntual sobre un eje principal. ¿Cambia la posición de la imagen al invertir la lente? Justifique.
14. Un objeto está situado 8 cm por delante de una lente convergente de $f' = 8 \text{ cm}$. Una lente divergente de $f' = -12 \text{ cm}$ está ubicada a 4 cm detrás de la primera. Determinar la posición, tamaño relativo y naturaleza de la imagen final.
15. a) Calcule el tamaño mínimo que debe tener un espejo plano para que una persona de 1.8 m de altura se vea entera.
 (b) Si sus ojos están a 1.7 m del piso, determine a qué altura del piso debe estar el espejo.
 (c) ¿Puede determinar la distancia persona-espejo? ¿Por qué?
16. Un espejo esférico cóncavo produce una imagen cuyo tamaño es el doble del tamaño del objeto, cuando la distancia objeto-imagen es de 15 cm. Calcule la distancia focal del espejo.
17. Un objeto vertical está delante de una lente convergente, a una distancia que es igual al doble de la distancia focal f_1 de la lente. Del otro lado de la lente hay un espejo convergente cuya distancia focal es f_2 . Sabiendo que el espejo dista de la lente una distancia igual a dos veces $f_1 + f_2$:

- a) Encuentre la posición, naturaleza y tamaño relativo de la imagen final.
- b) Trace el diagrama de rayos.
- c) Idem, si el espejo es plano.



19. Tres lentes delgadas todas de $f = 20$ cm están alineadas sobre el mismo eje y a 30 cm entre sí.
 - a) Encuentre la ubicación de la imagen de un objeto de 3 cm de alto colocado sobre el eje a una distancia de 60 cm a la izquierda de la primera lente.
 - b) Suponga que a 1 m de la tercera lente se coloca un espejo divergente de $|R| = 30$ cm. ¿Dónde estará ahora la imagen formada por el espejo?

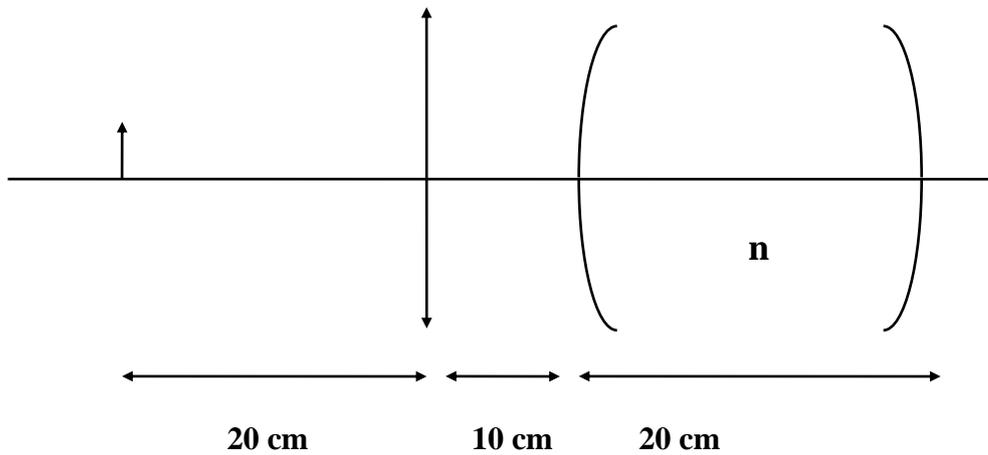
20. Se emplea una cámara fotográfica que tiene una lente de $f' = 12,7$ cm para fotografiar a una persona de 1,8 m de altura.
 - a) ¿A qué distancia de la persona debe ubicarse la lente para que el tamaño de la imagen sea de 7,62 cm?
 - b) ¿Cuál deberá ser la distancia entre la lente y la placa fotográfica?
 Nota: Tenga en cuenta que en una cámara fotográfica la imagen está invertida.

21. El punto más cercano que el ojo puede enfocar (función que cumple la lente *crystalino*) se conoce como punto *próximo*, que para un adulto con visión normal es de 25 cm. La máxima distancia a la que el ojo puede enfocar se denomina *punto remoto*; para adultos de visión normal ésta es prácticamente infinita. Lo característico de la *miopía* es la dificultad en la visión de lejos –es decir, el punto remoto está a una distancia finita–; mientras que la *hipermetropía* se caracteriza por la dificultad para ver con nitidez los objetos próximos - punto próximo mayor que el considerado normal.
 - a) Cierta ojo miope tiene el punto remoto situado a 5 m, es decir no ve con nitidez más allá de esa distancia. ¿Qué tipo de lente debe usar para corregir este defecto? ¿Cuánto debe valer su distancia focal? ¿Afectará esa lente en la visión de objetos cercanos?
 - b) Cierta persona hipermetrope tiene el punto próximo a 75 cm en lugar de los 25 cm normales. ¿Qué tipo de lente debe usar para corregir ese defecto? ¿Cuánto debe valer su distancia focal? ¿Le será útil esta lente para ver objetos lejanos?

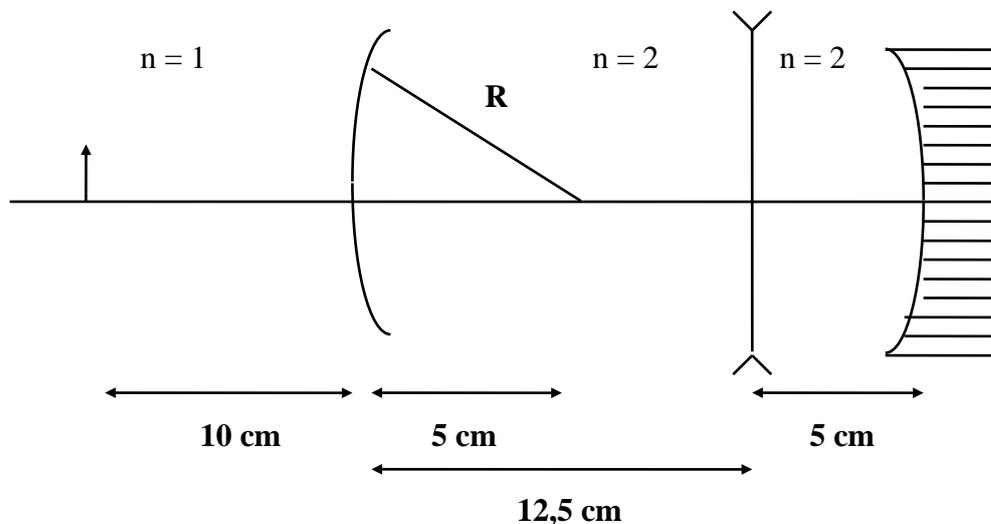
22. Un microscopio tiene un objetivo de distancia focal $f_1 = 4$ mm y el ocular de $f_2 = 2,5$ cm.
 - a) ¿A qué distancia debe estar la imagen formada por el objetivo para que la imagen resultante se forme a la distancia de visión óptima?
 - b) Si la separación entre el objetivo y el ocular es de 18 cm, ¿a qué distancia está el objeto del objetivo? ¿Qué magnificación tiene un microscopio con estas características?

Ejercicios Adicionales

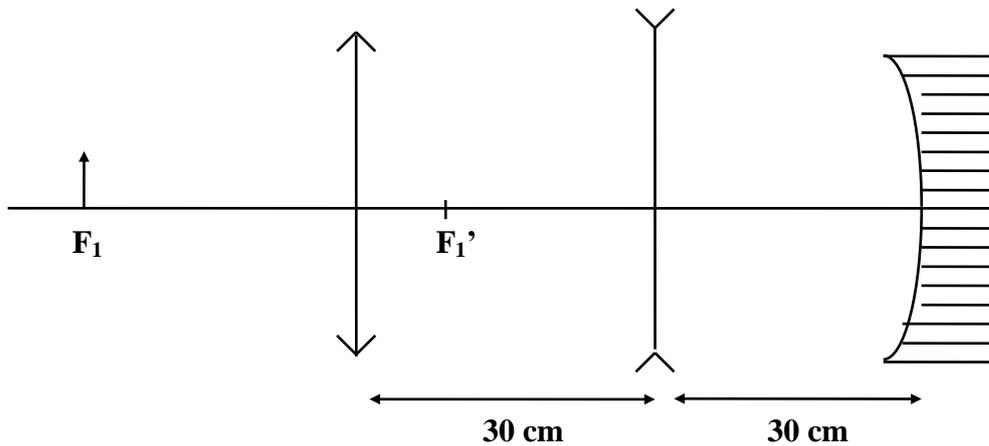
1. Hallar la posición, naturaleza y aumento de la imagen final analítica y gráficamente para el sistema de la figura.
 Datos: los radios de curvatura de las dos dioptras son iguales a 10 cm. La lente es biconvexa, está en aire y sus radios de curvatura miden 10 cm. La altura del objeto es de 1 cm. Los índices de refracción son $n = 1,5$; $n_{lente} = 1,5$.



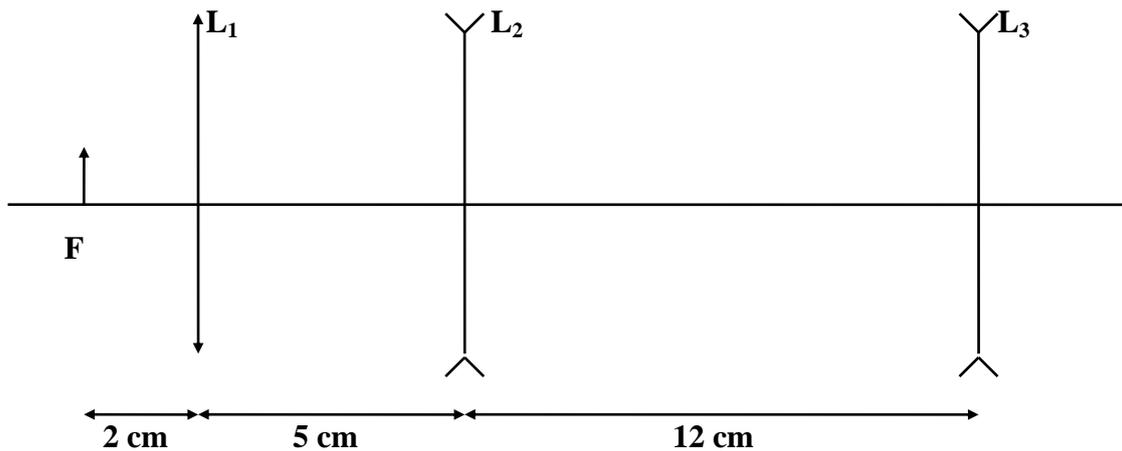
2. Un objeto de 1 cm de alto se encuentra a 10 cm del vértice de una dioptra (ver figura). Hallar analítica y gráficamente la imagen final del sistema.
 Datos: $|R| = 5\text{ cm}$; $|f_{lente}| = 7,5\text{ cm}$; $|R_{espejo}| = 20\text{ cm}$; $n = 2$



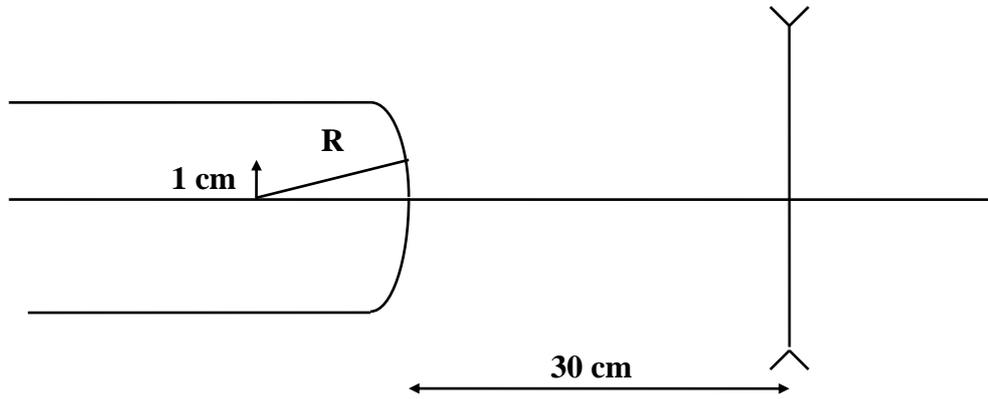
3. Se tiene un sistema tal como indica la figura. Se sabe que las dos lentes delgadas están construidas con un vidrio cuyo índice de refracción es de $n = 1,5$. La lente convergente es biconvexa y ambos radios son iguales. La lente divergente es bicóncava y ambos radios son iguales. El aumento total del sistema compuesto por las dos lentes es $|A| = 2$. El radio del espejo mide 10 cm. Los radios de curvatura de la lente convergente son de 10 cm.
- a) Hallar la posición de la imagen final y el radio de curvatura de la lente divergente.
- b) Confeccionar el trazado de rayos.



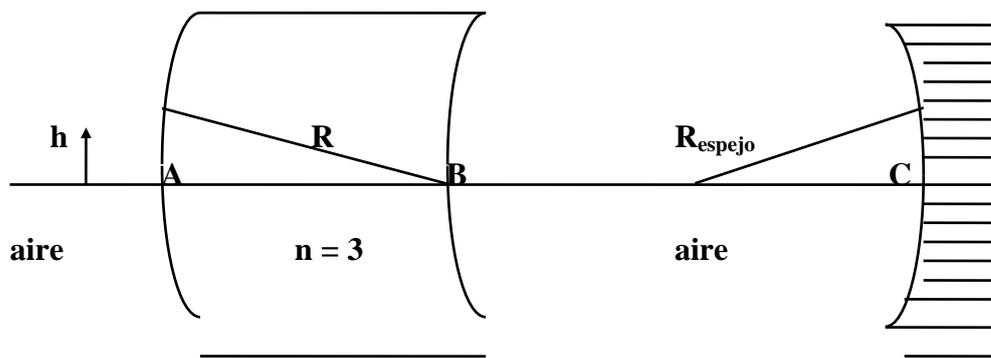
4. Se tienen tres lentes como indica la figura. Calcular la distancia focal de la lente divergente L_3 y hacer luego el trazado de rayos sabiendo que la imagen final se encuentra 3,75 cm a la izquierda de la lente L_3 .
- Datos: $f_1' = 2$ cm ; $f_2' = -3$ cm.



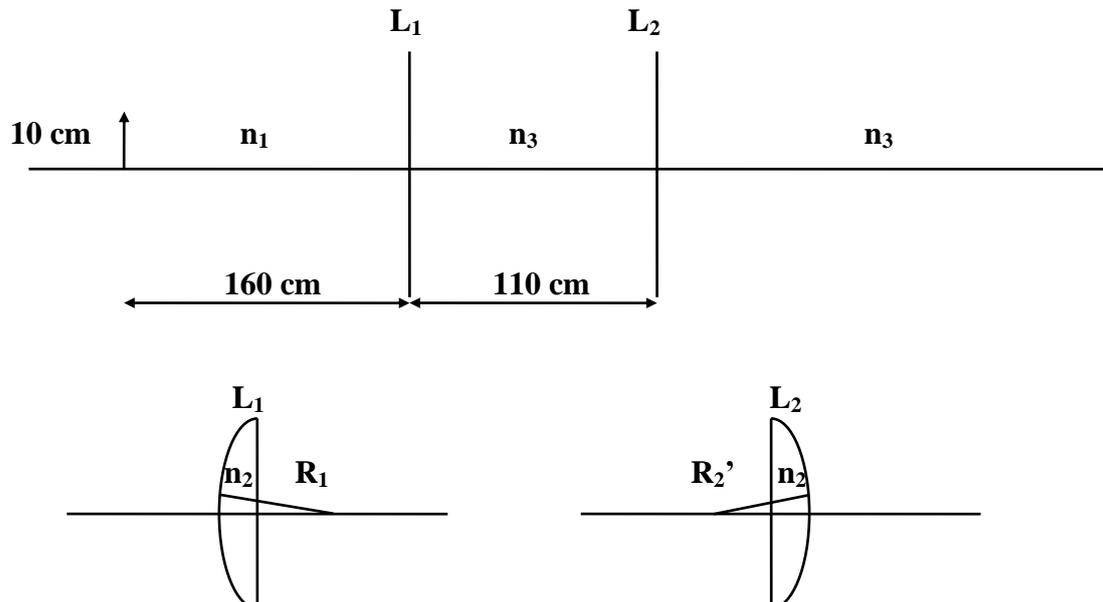
5. Hallar analíticamente y gráficamente la imagen final (ubicación y altura) en el caso de la figura. Datos: $|R_1| = 10$ cm ; $|f_{lente}| = 10$ cm ; $n = 1,5$



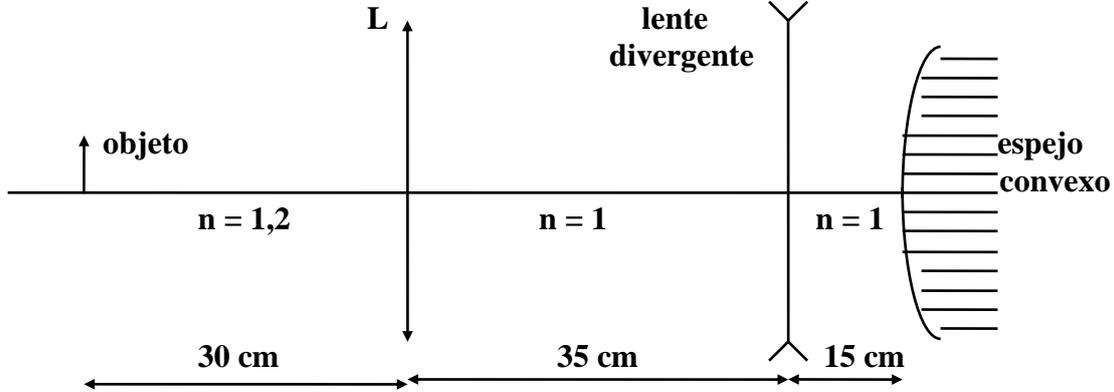
6. Un objeto de cuya altura es $h = 1 \text{ cm}$ está colocado a 1 cm del vértice de una dioptra esférica (ver figura). Hallar:
- a) Analíticamente, la posición, altura y naturaleza de la imagen final.
 - b) Gráficamente, la posición de la imagen final.
- Datos: $|R_1| = 5 \text{ cm}$; $|R_2| = 10 \text{ cm}$; $|R_{\text{espejo}}| = 5 \text{ cm}$; $\overline{AB} = 5 \text{ cm}$; $\overline{BC} = 8 \text{ cm}$.



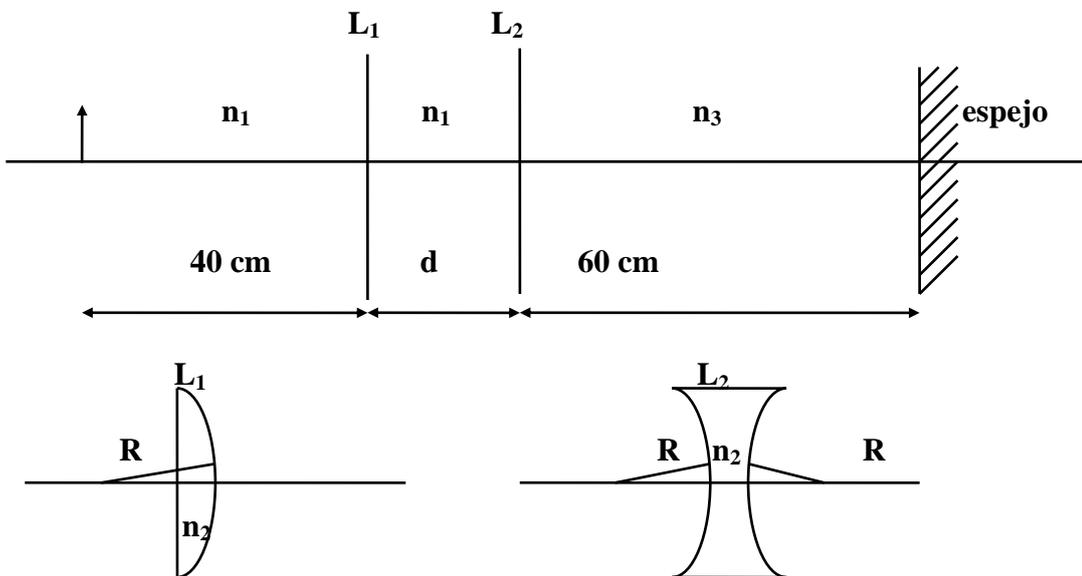
7. Hallar analítica y gráficamente la posición de la imagen final para el caso que se muestra en la figura. Suponga que las lentes son plano-convexas.
- Datos: $n_1 = 1,6$; $n_2 = 1,5$; $n_3 = 1$; $|R_1| = 10 \text{ cm}$; $|R_2| = \infty$; $|R_1'| = \infty$; $|R_2'| = 80 \text{ cm}$.



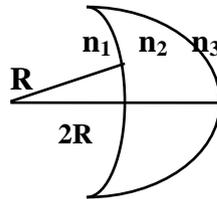
8. a) En la figura se muestra un objeto colocado frente a un sistema óptico. Halle gráficamente la imagen final del objeto. La lente L es biconvexa y está construida con un vidrio de índice de refracción $n = 1,5$, y con sus radios iguales de 10 cm. La distancia focal de la lente divergente es $|f'| = 10$ cm y para el espejo convexo $|R| = 20$ cm.



9. a) Considere el sistema óptico de la figura. Las dos lentes L_1 y L_2 , ¿son convergentes o divergentes? Halles gráficamente la imagen final. Diga si es real o virtual.
 Datos: $n_1 = 1,2$; $n_2 = 1,5$; $n_3 = 1$; $d = 20$ cm ; $|R| = 10$ cm.
 b) Halle analíticamente la posición de la imagen final para el caso a).
 c) Diga si alguna de las lentes mencionadas en a) podría ser usada como lupa, y por qué.

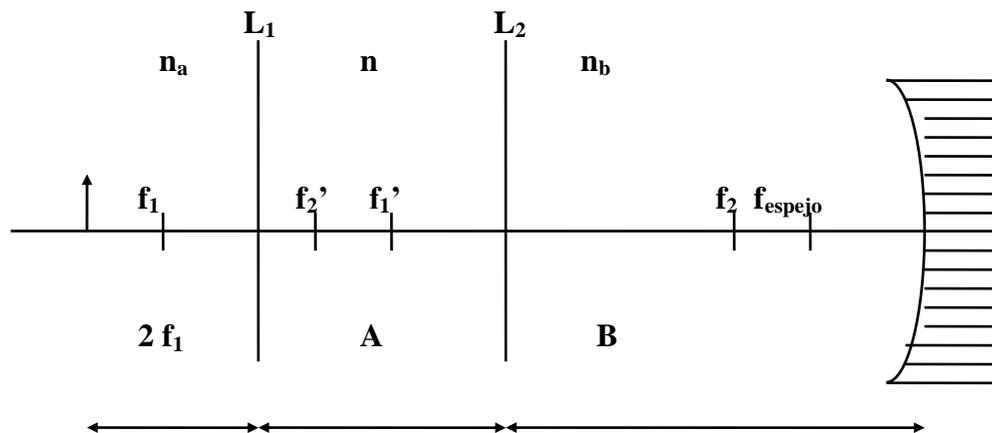


10. a) Diga si la siguiente lente es convergente o divergente. Calcule los focos.
 Datos: $n_1 = 1$; $n_2 = 1,3$; $n_3 = 1,2$.



- b) Encuentre la posición de la imagen final gráfica y analíticamente. Diga si es real o virtual.
 ¿Podría ser $n_a = n_b$?

Datos: $|f_1| = 20$ cm ; $|f_2| = 20$ cm ; $|f_2| = 30$ cm ; $|f_{\text{espejo}}| = 25$ cm ; $|f_1'| = 20$ cm.
 $|A| = 30$ cm ; $|B| = 90$ cm ; $n = 1,5$; $n_a = 1,5$; $n_b = 1$



Dioptras

Definimos: Espacio objeto: semi-espacio de donde viene la luz

Espacio imagen: el otro semi-espacio, hacia donde avanza la luz

Espacio objeto

