

Física 2 Biólogos y Geólogos - Curso de verano 2013

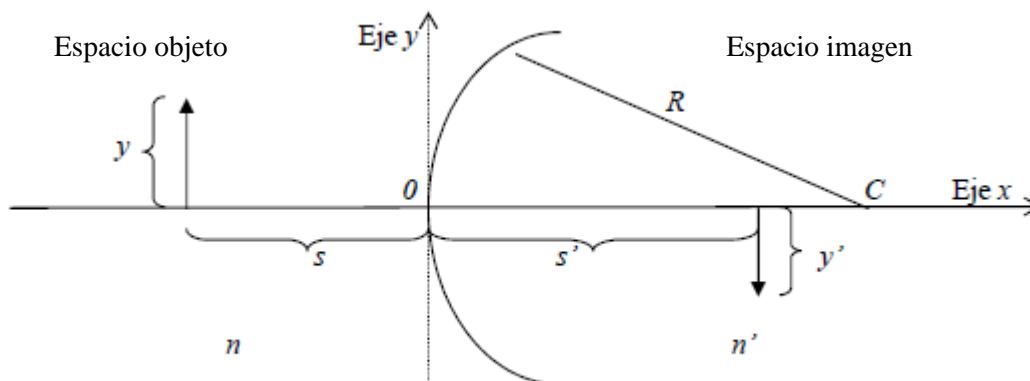
SERIE 2: Dioptras y espejos curvos y planos, lentes delgadas, instrumentos ópticos

2.1 Dioptras

Definimos:

Espacio objeto: semi-espacio de donde viene la luz

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



Utilizando la Ley de Snell-Descartes, dentro de la aproximación paraxial, se puede demostrar que la ecuación para la formación de imágenes de dioptras esféricas es:

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n}{R} = \frac{n'}{f'} = \frac{n}{f} = \phi,$$

y el aumento es

$$m = -\frac{ns'}{n's} = \frac{y'}{y},$$

Convención de signos:

s: posición del objeto (positiva en el espacio objeto, negativa en el espacio imagen)

s': posición de la imagen (positiva en el espacio imagen, negativa en el espacio objeto)

y, y': alturas del objeto y de la imagen (positivas hacia arriba)

R: radio de curvatura (positivo si el centro de curvatura C está en el espacio imagen)

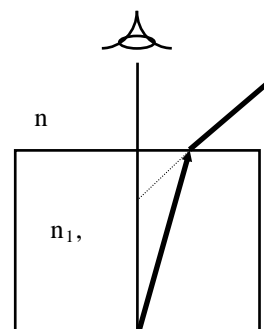
f, f': distancias focales objeto e imagen (la misma convención de signos que s y s')

n, n': índices de refracción del espacio objeto e imagen respectivamente

ϕ : potencia de la dioptra (positiva implica dioptra convergente; negativa para dioptra divergente)

1. Un objeto puntual que emite luz de dos colores (de frecuencias f_1 y f_2) se encuentra en el fondo de un cubo de 40 cm de lado. Los índices de refracción del cubo para cada uno de estos colores son $n_1=1.25$ y $n_2=1.6$, respectivamente. ¿A qué altura sobre el fondo se encuentran las imágenes para un observador que observa normalmente desde arriba?

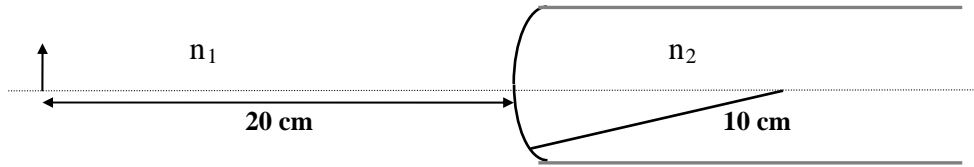
Resp. 8 cm y 15 cm del fondo



2. Una moneda se encuentra en el fondo de un vaso que contiene agua hasta una altura de 5 cm ($n_{\text{agua}}=1.33$). Un observador la mira desde arriba ¿a qué profundidad ve la moneda?

Resp. 3.76 cm de profundidad

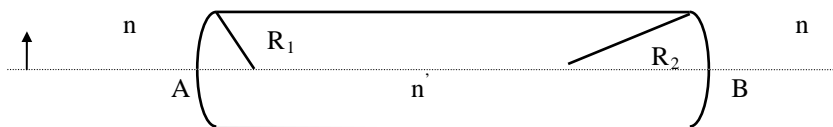
3. Considere una dioptra como la de la figura, cuyo radio de curvatura es de 10 cm, que separa aire ($n_1=1$, espacio objeto) de un medio de índice $n_2=2$.



- Calcule sus distancias focales. Establezca si es convergente o divergente
- Considere un objeto a 20 cm del vértice de la dioptra, en el aire, y encuentre la imagen del objeto analítica y gráficamente
- Idem b) para objetos reales a 5cm y 10 cm del vértice de la dioptra
- Idem a) pero cambiando los índices $n_1=2$ y $n_2=1$

4. Se tiene una varilla transparente como muestra la figura. Los módulos de los radios de curvatura son: $|R_1| = 20$ cm y $|R_2| = 40$ 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 de 1 cm de altura colocado a 40 cm a la izquierda del vértice A.

- Halle la posición, naturaleza y tamaño de la imagen por cada una de las dioptras (analítica y gráficamente).
- Lo mismo pero 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.



Resp. a) $s_1' = 80$ cm, s_2' en infinito; b) $s_1' = -10$ cm, $s_2' = -64.76$ cm. Imagen virtual derecha y de menor tamaño

2.2 Espejos

Dentro de la misma aproximación utilizada para dioptras, se puede demostrar que la ecuación para la formación de imágenes de espejos esféricos es:

$$\boxed{\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{-2}{R} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{f}}$$

y el aumento es

$$m = -\frac{s'}{s}$$

En espejos los espacios objeto e imagen son coincidentes. La convención de signos es la misma que para dioptras.

5. 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) No depende de la distancia de la persona al espejo ¿Por qué?

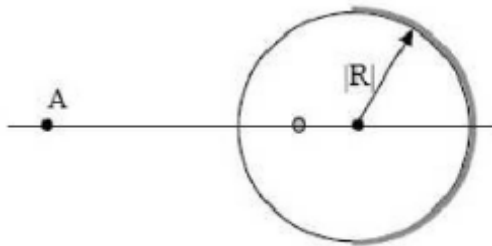
Resp. El tamaño mínimo es 90 cm y debe colocarse a 85 cm del piso

6. 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.

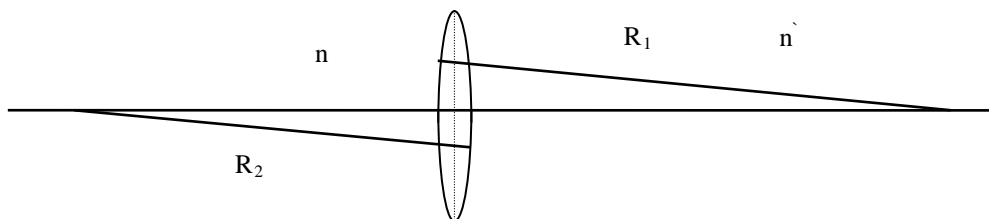
Nota: no aclara si la imagen es derecha o invertida. Revise los distintos casos

7. Una esfera maciza de vidrio de índice de refracción 1.5 y radio 2 cm tiene una mitad espejada. Dentro de la esfera a 1cm de la superficie no espejada hay una burbuja de 2mm de diámetro, como se muestra en la figura. Un observador la mira desde el punto A

- a) ¿Cuántas burbujas ve? En qué lugar se encuentran
 b) ¿Cuántas observaría y dónde si no estuviera la cara posterior espejada?



2.3 Lentes delgadas



A partir de la ecuación de la dioptras, con la misma convención de signos, se demuestra la ecuación para lentes delgadas dentro de la aproximación paraxial:

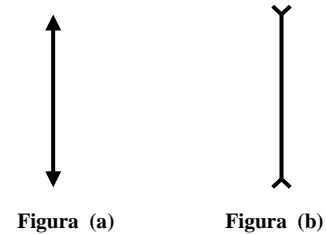
$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n' - n_1}{R_2} + \frac{n_1 - n}{R_1} = \frac{n'}{f'} = \frac{n}{f} = \phi$$

y el aumento lateral es

$$m = -\frac{n s'}{n' s} = \frac{y'}{y}$$

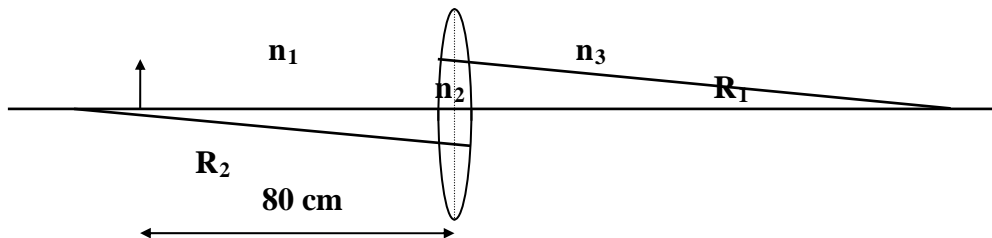
donde n_1 es el índice de refracción de la lente, R_1 y R_2 son los radios de curvatura de la primera y segunda lente (con su correspondiente signo según la convención).

La lentes **convergentes** se esquematizan como en la figura (a) y las **divergentes** como en la figura (b)



8. Una lente equiconvexa de radio de curvatura 50 cm está fabricada de un vidrio de índice 1.5
 - a) Calcule las distancias focales cuando la lente está inmersa en aire ($n=1$)
 - b) Calcule las distancias focales cuando la lente está inmersa en agua ($n=1.3$)
 - c) Calcule las distancias focales cuando a la izquierda de la lente hay aire y a la derecha agua
 - d) Repita los cálculos para una lente equicóncava

9. Se coloca un objeto a 80 cm a la izquierda de una lente, como se muestra en la figura. La lente es delgada, de radios de curvatura $|R_1| = 10$ cm; $|R_2| = 10$ cm e índice $n_{\text{lente}}=1.5$.



- a) Analice como se comporta la lente y donde se formará la imagen si $n_1=n_3=1.6$
- b) Idem a) para $n_1=n_3=1$
- c) Idem a) para $n_1=1$ y $n_3=1.6$

10. Demuestre que si la lente está inmersa en un medio único, aunque no sea simétrica, las distancias focales no dependen de que cara de la lente recibe la luz.

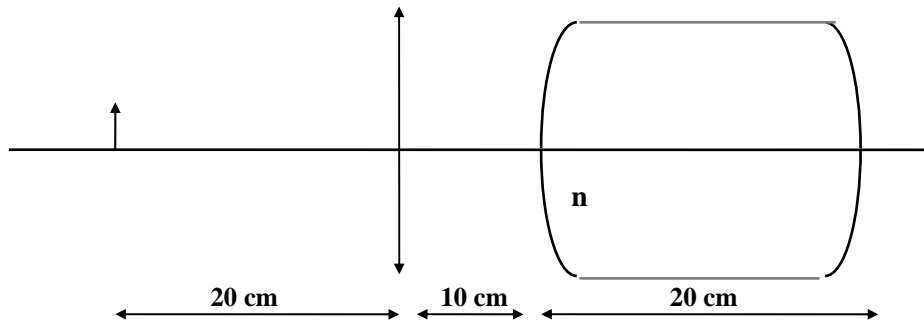
11. Se coloca un objeto a 18cm de una pantalla. ¿En qué lugar entre la pantalla y el objeto se puede colocar una lente delgada convergente de distancia focal 4cm, para que la imagen del objeto esté sobre la pantalla? ¿Qué diferencia hay entre colocarla en una y otra posición? ¿Y si la distancia focal fuera de 5cm?

12. Un objeto está situado 8 cm por delante de una lente convergente de $f' = 8$ cm. Una lente divergente de $f' = -12$ cm está ubicada a 4 cm detrás de la primera. Halle la posición, tamaño relativo y naturaleza de la imagen final.

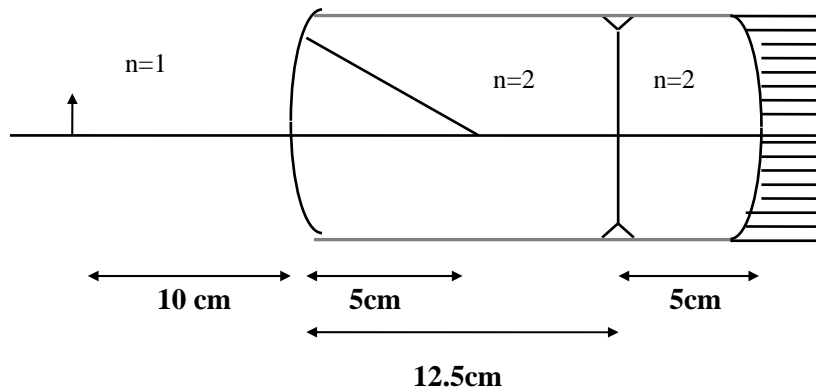
Resp. La imagen final se forma en el mismo lugar del objeto, es mayor ($m=1.5$) y derecha

13. Halle la posición, naturaleza y aumento de la imagen final analítica y gráficamente para el sistema de la figura.

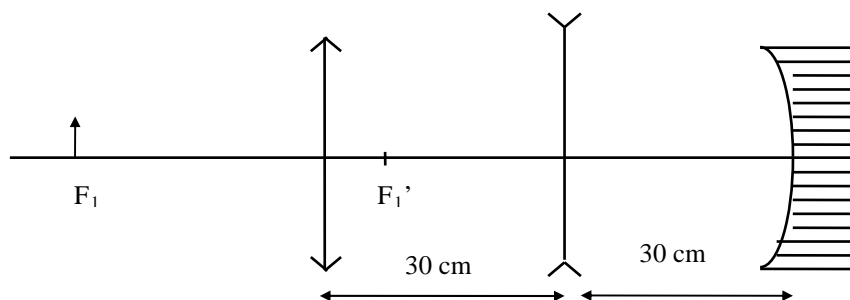
Datos: los radios de curvatura de las dos dioptras son iguales a 10 cm. La lente es biconvexa, está en aire y sus radios de curvatura miden 10 cm. La altura del objeto es de 1 cm. Los índices de refracción son $n = 1,5$; $n_{\text{lente}} = 1,5$.



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

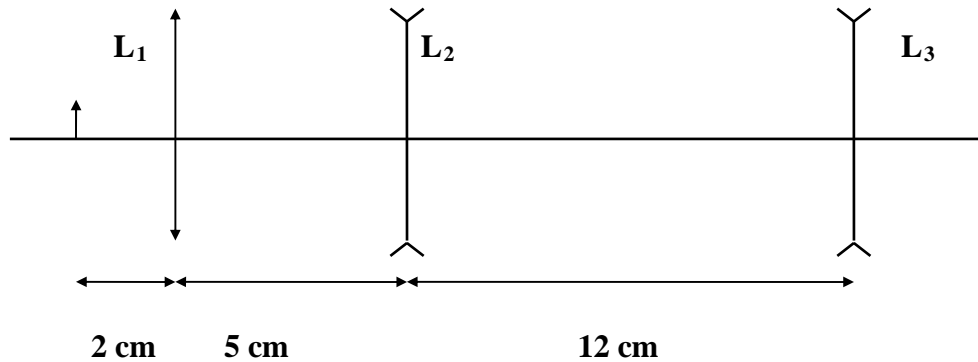


15. Se tiene un sistema tal como indica la figura. Se sabe que las dos lentes delgadas están construidas con un vidrio cuyo índice de refracción es de $n = 1,5$. La lente convergente es biconvexa y ambos radios son iguales. La lente divergente es bicóncava y ambos radios son iguales. El aumento total 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.

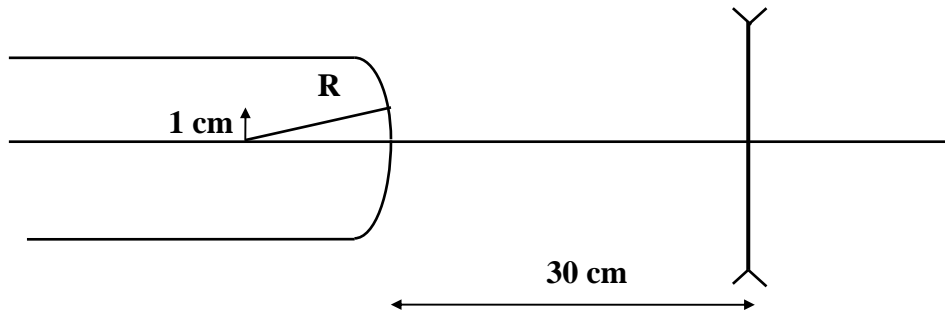


- a) Halle la posición de la imagen final y el radio de curvatura de la lente divergente.
 b) Confeccione el trazado de rayos.

16. 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 3.75cm a la izquierda de la lente L_3 . Datos: $f_1' = 2 \text{ cm}$; $f_2' = -3 \text{ cm}$.

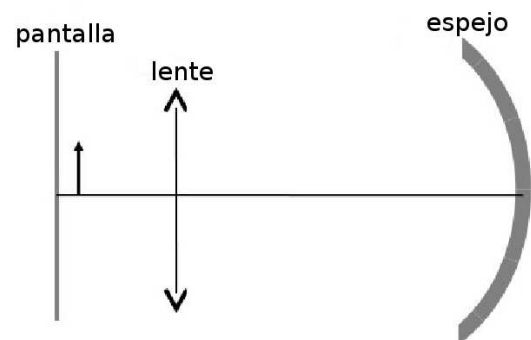


17. Halle analíticamente y gráficamente la imagen final (ubicación y altura) en el caso de la figura. Datos: $|R_1| = 10 \text{ cm}$; $|f_{\text{lente}}| = 10 \text{ cm}$; $n = 1,5$



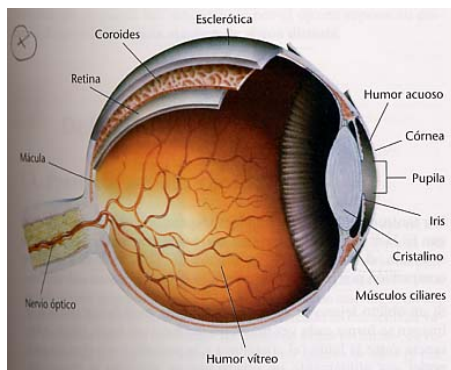
18. Se utiliza un sistema formado por una lente convergente de 10 cm de distancia focal y un espejo cóncavo colocado 50 cm detrás de la lente. Se observa la imagen de un objeto de 3 cm de altura distante 20 cm de la lente, en la pantalla que está colocada 10 cm detrás del objeto (ver esquema en la figura).

- a) Calcule el radio de curvatura del espejo y el tamaño de la imagen final. ¿Es derecha o invertida?
 b) Haga la marcha de rayos
 c) ¿Cómo sería la imagen si el espejo fuera convexo y de igual radio de curvatura? Aclare donde se formaría, tipo de imagen y tamaño.

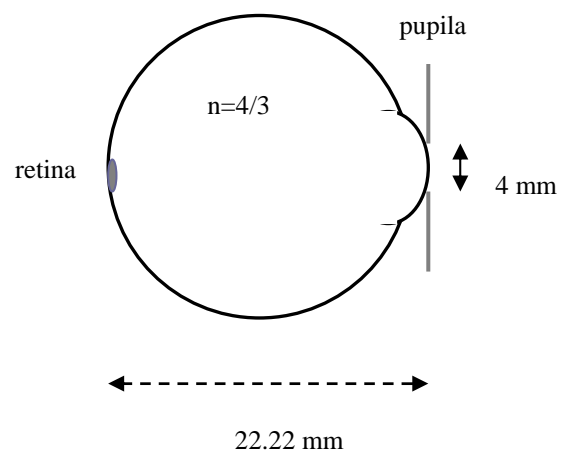


2.4 Instrumentos ópticos

El ojo humano: El punto más cercano que el ojo humano puede enfocar (función que cumple el *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.



Esquema de ojo reducido de Emsley



19. a) Calcule el radio de curvatura teórico de la cornea para que la imagen del objeto en infinito se forme en la retina (diámetro del globo ocular $D=22.22$ mm, índice de refracción del humor vítreo $4/3$). ¿Cuál es la distancia focal?

b) 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?

c) Una 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?

Resp. b) $f=-5\text{cm}$, $\phi=-0.2$ dioptrías; c) $f=37.5$ cm, $\phi=2.67$ dioptrías

El **aumento angular** Γ de un instrumento óptico se define como la razón entre el ángulo que subtende la imagen del objeto cuando se observa a través del instrumento y el ángulo que subtende el objeto ubicado en el punto próximo d_0 (25 cm para el ojo normal) cuando se ve con el ojo desnudo.

20. Un **microscopio compuesto** tiene un objetivo de distancia focal $f_1 = 4$ mm y el ocular de $f_2 = 2,5$ cm.

a) ¿A qué distancia del ocular 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?

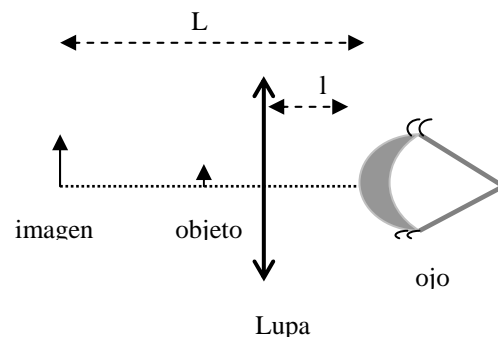
Resp. a) 2.27 cm; b) 4.1 mm, M=42

21. Un **microscopio compuesto** consta de una lente objetivo de 1.2cm de distancia focal y un ocular de 2cm de distancia focal separadas 20 cm

a) ¿Qué poder de amplificación tiene si el punto próximo del observador es 25 cm?

b) ¿Dónde debe colocarse el objeto si la imagen final ha de verse en el infinito?

22. La **lupa** consiste en una lente convergente cuya función es proveer una imagen de los objetos cercanos que es más grande de lo que se ve con el ojo desnudo.



a) Demuestre que el aumento angular Γ de una lupa de distancia focal f , colocada a una distancia l por delante del cristalino que forma una imagen a una distancia L del ojo es, en la aproximación paraxial,

$$\Gamma = \frac{d_0}{L} \left[1 + \frac{1}{f} (L - l) \right]$$

donde d_0 es el punto próximo del observador

b) Calcule el aumento angular en las siguientes tres situaciones de interés:

i) $l = f$

ii) $l = 0$ y $L = d_0$

iii) $l = 0$ y el objeto ubicado sobre el foco principal objeto.

23. Una persona cuyo punto próximo es de 25cm utiliza una lente de 40 dioptrías como lupa. ¿Qué amplificación angular obtiene? ¿Cuál es la amplificación si el punto próximo de la persona fuera de 30cm en vez de 25cm?