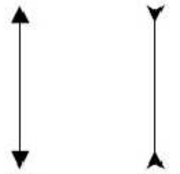
Física 2 Biólogos y Geólogos - 2^{do} cuatrimestre 2005
Turno: Noche

Serie 3: Formación de imágenes por lentes delgadas, sistemas de lentes o instrumentos.

1. A partir de la ecuación de la dioptra se demuestra que la ecuación paraxial de la lente delgada es:

$$\frac{n'}{s'}+\frac{n}{s}=\frac{n'-n_l}{R_2}+\frac{n_l-n}{R_1}=\frac{n'}{f'}=\frac{n}{f}=\phi, \text{ y } m=-\frac{ns'}{n's} \text{ (aumento lateral),}$$



(a) (b)

donde n_l es el índice de refracción de la lente. Una lente delgada convergente se esquematiza como la figura (a), y una divergente como la figura (b).

   (a) Analice de qué depende la convergencia o divergencia de una lente delgada.
   (b) Grafique s' vs. s para lentes convergentes y divergentes, analice las características de la imagen en función de la posición de los objetos y del tipo de objeto (real o virtual).
   (c) Tome un objeto, colóquelo en diferentes posiciones y haga el trazado de rayos que le permita visualizar la imagen.
   (d) Pueden ser iguales las distancias focales de una lente?
   (e) Demuestre que si la lente está inmersa en un único medio y no es simétrica las distancias focales objeto e imagen no dependen de qué cara de la lente reciba la luz.
   (f) Explique qué se entiende por lupa.

2. Una lente quiconvexa 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.
   (b) Calcule las distancias focales cuando la lente está inmersa en agua.
   (c) Calcule las distancias focales cuando a la izquierda de la lente hay aire y a la derecha agua.
   (d) Idem (a),(b),(c) cuando la lente es equicóncava.

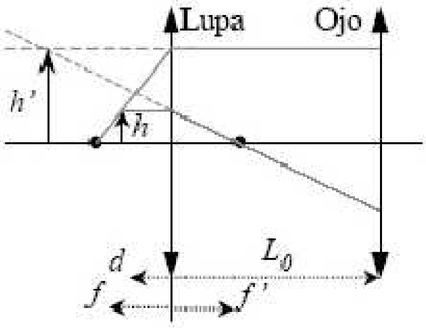
3. Considere tres lentes convergentes de distancias focales de 20 mm, 50 mm y 75 mm. Compare los gráficos de s' vs. s para ellas. Analice la profundidad de campo de cada una según la posición de un objeto que tiene profundidad dada Δx.

4. Se coloca un objeto a 80 cm a la izquierda de una lente equiconvexa de radios de curvatura $|R| = 10$ cm e índice de refracción $n_l = 1.5$.
   (a) Analice cómo se comporta la lente si $n_1 = n_3 = 1.6$.
   (b) Idem (a), para $n_1 = n_3 = 1$.
   (c) Idem (a), para $n_1 = 1$ y $n_3 = 1.6$.

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

6. (a) Determine el radio de curvatura de una lupa equiconvexa ($n = 1.5$) para que su aumento normal sea $10X$. Donde se encuentran la imagen y el objeto?

   (b) Se define el aumento angular (Γ) de la lupa como el cociente entre el ángulo que subtiende la imagen vista a través de la lupa y el ángulo que subtiende el objeto a ojo desnudo con una distancia objeto-ojo de D_0. D_0 es la distancia de visión nítida (25 cm para un ojo normal promedio). Un objeto real se encuentra a una distancia d de la lupa de distancia focal f' ($0 < d < f'$) (ver figura).

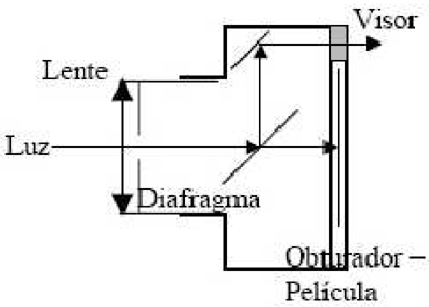


Demostrar que el aumento angular de la lupa, que se encuentra a distancia L_0 del ojo es:

$$\Gamma = \frac{f' D_0}{L_0(f' - d) + df'}$$

   i. Depende el aumento de la lupa del observador? Justifique su respuesta.
   ii. Cómo debe ser $L_0 - s'$ respecto de D_0?
   iii. Analice el aumento para $d = f'$. Dónde se encuentra la imagen?, depende el aumento de la posición del observador?
   iv. Analice el aumento para $L_0 = f'$.

7. Una cámara fotográfica estándar tiene como objetivo una lente convergente de 50 mm (f') y usa una película cuyo cuadro es de 36×24 mm.

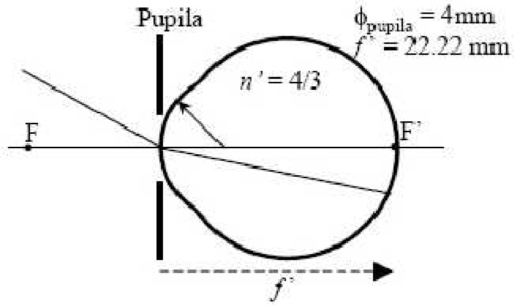


   (a) A qué distancia del objetivo debe estar un hombre de 1.8 m de altura para ser registrado completo? Cuál es la distancia objetivo-película?

   (b) Se quiere fotografiar objetos que disten del objetivo entre 1 m e infinito. Qué longitud debe tener la rosca que mueve el objetivo?

   (c) La película se encuentra a la distancia focal de la lente. Si el diámetro de la lente es de 2 cm, qué tamaño tiene sobre la película la mancha producida por un objeto puntual que está a 1 m de la lente? Y si el diámetro fuese 5 mm?

8. El dibujo representa el esquema de Emsley o de ojo reducido. Suponte que el ojo enfoca a infinito y que está formado por una única superficie refractora (la córnea). (Este modelo corresponde a una excesiva simplificación del ojo).



   (a) Calcule el radio de curvatura teórico de la córnea para que la imagen del objeto a infinito esté enfocada (longitud total del ojo 22.22 mm, índice de refracción del humor vítreo 4/3).
   (b) Calcule la distancia focal objeto del ojo reducido.
   (c) Una persona miope tiene un radio de córnea tal que la imagen del objeto a infinito se forma a 22 mm de la pupila.
      i. Calcule el tamaño de la imagen (sobre la retina) de un objeto axial en el infinito. Qué ocurre si la pupila se le dilata a 8 mm? Explicaría esto el que al hacer un fondo de ojos "no se vea casi nada"? (suponga un tamaño de sensor de 2.2 μm).
      ii. Calcule el radio de curvatura de la córnea para este individuo.
      iii. Calcule la distancia focal de la lente delgada que debiera ponerse en la pupila para corregir esa miopía. La lente debe ser convergente o divergente? Cuánto vale su potencia expresada en dioptrías?
      iv. Si se utilizase una lente de contacto, cómo se llevaría a cabo la correción?
   (d) Idem (c) para un hipermétrope que focaliza a 22.5 mm.
   (e) Cuál de los dos efectos se compensará con la edad al aparecer la presbicia? Se puede explicar la presbicia con este modelo?

9. Describa los elementos que conforman un microscopio compuesto.
   (a) Qué características debe tener el objetivo, referidas a su distancia focal y a su diámetro?
   (b) Cuál debe ser la separación entre el foco imagen del objetivo y el foco objeto del ocular para que el aumento corresponda al "aumento normal" (imagen a infinito)? Y para que la imagen esté a 25 cm del ocular? Es esta una posición cómoda para el ojo?
   (c) Cuál de los elementos es el que limita el cono de luz que atraviesa el sistema?
   (d) En qué posición debería colocarse el ojo?

10. Un microscopio compuesto consta de un objetivo de 4 mm de distancia focal y de un ocular de 30 mm de distancia focal. La distancia entre el foco imagen del objetivo y el foco objeto del ocular es $g = 18$ cm. Calcule:
   (a) El aumento normal del microscopio (imagen final a infinito).
   (b) La distancia objeto-objetivo.
   (c) Sabiendo que el diámetro del objetivo es de 3 mm, calcule en qué posición colocaría el ojo?

Adicionales

11. La lente de un proyector de diapositivas se halla a 3 m de la pantalla y tiene una distancia focal de 8 cm.

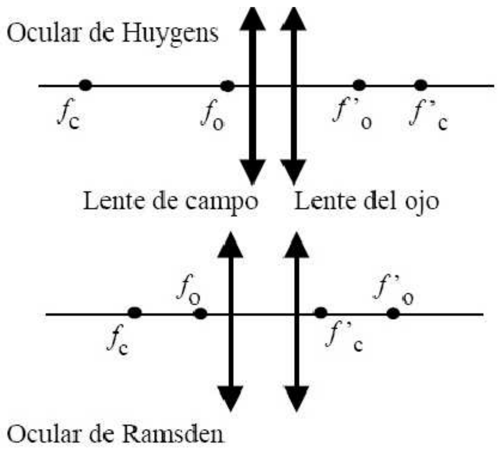
    (a) A qué distancia de la lente se halla la diapositiva cuando el proyector está enfocado?

    (b) La imagen de una niña en la pantalla tiene 10 cm de altura. Cuál es su altura en la diapositiva?

    (c) Si se quiere duplicar el tamaño de la imagen en la pantalla, dónde se debe ubicar el proyector? (f_{lente} fija, $s + s'$ varía).

    (d) Si se quiere duplicar el tamaño de la imagen en la pantalla sin mover el proyector ($s + s'$ fijo, f_{lente} varía). Cuál debería ser la distancia focal de la lente utilizada y a qué distancia de la diapositiva debiera ubicarse?

12. En los instrumentos ópticos compuestos se utilizan dos sistemas ópticos (que se esquematizan por sendas lentes delgadas). El primero cercano al objeto (objetivo) forma una primera imagen del objeto y el segundo próximo al ojo (ocular) actúa como lupa. Los oculares no son lentes simples sino sistemas de lentes que compensan determinadas aberraciones. En los microscopios los oculares de uso más frecuentes son el ocular de Huygens, que minimiza la aberración cromática transversal, y el de Ramsden, que presenta ventajas cuando se utiliza un reticulado.



    (a) El ocular de Huygens es un sistema formado por dos lentes convergentes, la primera, llamada "de campo" tiene una distancia focal tres veces mayor que la segunda ("lente de ojo"). Es decir $f'_c = 3f'_0$ y están separadas una distancia $d = 2f'_0/3$. La imagen del sistema previo (objetivo) se forma entre las dos lentes, muy cerca de la lente de campo. (Cómo es el objeto que ve el ocular?). Calcule gráfica y analíticamente las distancias focales objeto e imagen del sistema. Qué inconveniente tendría si la imagen del sistema previo coincidiese con la lente de campo? Se podría utilizar este ocular como lupa para un objeto real?

    (b) El ocular de Ramsden está formado por dos lentes convergentes de la misma distancia focal separadas una distancia $2f'/3$. El objeto del sistema previo se forma antes de la lente de campo. (Cómo es el objeto que ve el ocular?). Calcule gráfica y analíticamente las distancias focales objeto e imagen del sistema. En qué posición colocaría un reticulado?

13. (a) Se utiliza como objetivo de una cámara fotográfica a un teleobjetivo formado por una lente convergente de distancia focal $f' = 40$ mm y una lente divergente de distancia focal $f' = -30$ mm, separadas 20 mm.

        i. Calcular la posición de la imagen si el objeto está a 4 m de la primer lente.

        ii. Calcular el tamaño longitudinal de la cámara cuando se enfoca a ese objeto.

        iii. Calcular el tamaño del objeto si la imagen tiene un tamaño de 24 mm.

    (b) Si se quisiese utilizar una única lente que produzca el mismo aumento, calcule la distancia focal de la lente y el tamaño longitudinal de la cámara.

14. Un microscopio compuesto consta de un objetivo de 4 mm de distancia focal y de un ocular de 30 mm de distancia focal. La distancia entre lentes es de 16 cm y la imagen final se forma a 25 cm del ocular.

    (a) Dónde se encuentra la imagen formada por el objetivo?

    (b) Qué distancia hay entre la muestra y el objetivo?

    (c) Cuál es el aumento del microscopio?

15. Un microscopio cuenta con tres objetivos diferentes cuyos aumentos laterales son: 4X, 10X y 40X, y un ocular cuyo aumento eficaz es 8X (imagen final a infinito). La distancia platina-plano imagen primaria se mantiene constante y vale 18 cm. Para los tres objetivos calcule:

    (a) El aumento eficaz del microscopio.

    (b) La distancia platina-objetivo.

    (c) La distancia focal del objetivo.

    (d) El largo del tubo óptico (g) y el largo del tubo.

    (e) Si el mínimo tamanño angular que resuelve el ojo es de 3 10^{-4} radianes, calcule el mínimo tamaño del onjeto que puede ser resuelto en cada caso.

    Si el microscopio se encuentra enfocado utilizando el objetivo de $4X$, calcule cuánto y en qué sentido debe modificarse la distancia platina-objetivo, si se coloca el de 10X. Qué ocurre con la distancia platina-ocular? Nota: Suponga en todos los casos $n = 1$.

16. Enumere los elementos básicos que componen un telescopio astronómico y los que componen un anteojo de Galileo. Indique qué función cumple cada uno de ellos. Establezca las ventajas y desventajas comparativas de estos dos instrumentos, como así también sus aplicaciones más inmediatas. Haga un trazado de rayos para un objeto en el infinito.