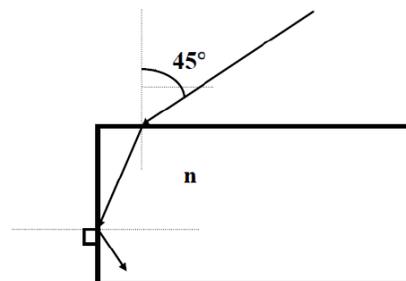


## Guía 5: Óptica geométrica

### Reflexión y refracción.

1. Un rayo incide en la interface agua ( $n = 1.3$ ) - vidrio ( $n = 1.5$ ) formando un ángulo de 80 grados con la normal.
  - a. Calcule los ángulos que forman con la normal los rayos reflejado y transmitido, cuando el rayo incide desde el agua.
  - b. Analice el caso equivalente cuando la luz incide desde el vidrio



2. Un rayo de luz incide sobre una placa de vidrio inmersa en aire con un ángulo de incidencia de 45 grados ¿Cuál debe ser el índice de refracción  $n$  del vidrio para que haya reflexión total en la cara vertical?
3. Demuestre que un rayo que incide sobre una lámina de caras paralelas (de espesor  $d$ , e índice  $n_2$ ) inmersa un medio de índice de refracción  $n_1$  no se desvía al atravesarla (solo se desplaza). Calcule el desplazamiento del haz en función del ángulo de incidencia, el espesor de la lámina y el índice de refracción. ¿Existe algún ángulo de incidencia tal que se produzca reflexión total en la cara interior? ¿Y si el medio exterior tiene mayor índice de refracción que el de la lámina de caras paralelas?
4. Considere un conjunto de 10 superficies plano-paralelas separadas entre sí por la misma distancia. 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 ( $n_1$ ), y la última, con un medio que absorbe totalmente la luz que le pueda llegar. Analizar cualitativamente qué sucede con un rayo que incide sobre la primera superficie en los siguientes casos
  - a. Cada medio tiene un índice mayor que el siguiente (los índices disminuyen progresivamente)
  - b. Cada medio tiene un índice menor al del siguiente (los índices crecen progresivamente)
  - c. Teniendo en cuenta que el índice de refracción del aire depende de la temperatura, utilice este modelo para explicar la aparición de espejismos en la ruta.



**Electromagnetismo****Guía 1**

5. Un objeto luminoso pequeño situado en el fondo de un depósito de agua ( $n = 4/3$ ) de 100 cm de profundidad emite rayos en todas direcciones. Si en la superficie de agua existen partículas finas (por ejemplo talco), se observa un círculo luminoso. Calcule el radio del círculo y explique por qué se observa este fenómeno.
6. **Dioptra plana:** Una moneda se encuentra en el fondo de un vaso que contiene agua hasta una altura de 5 cm (índice del agua 1.33). Un observador la mira desde arriba. ¿A qué profundidad observa la moneda?
7. **El prisma de Newton (casi):** Como ya sabemos, la luz es una onda electromagnética. Para caracterizarla nos alcanza con conocer su frecuencia de oscilación  $\omega$  y la velocidad con la que viaja por cada medio  $c/n$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío y  $n$  es el índice de refracción del medio. La característica de la luz que llamamos **color** no es otra cosa que su frecuencia de oscilación. No obstante, es más común encontrarla referida a la longitud de onda  $\lambda$  (lambda) que no es más que la distancia entre los máximos de la oscilación. El espectro electromagnético *visible* (al que el ojo humano es sensible) se encuentra en la región de longitudes de onda entre  $\lambda = 400$  nm (violeta) y  $\lambda = 700$  nm (rojo) aproximadamente. La luz blanca está compuesta por la suma de todos los colores del espectro (los del arcoíris). El índice de refracción de los materiales depende de la longitud de onda. Hecha esta larga introducción resuelva:
  - a. Un haz de luz blanca ingresa a 45 grados en una interfaz aire – vidrio. El índice de refracción del vidrio disminuye con la longitud de onda entre 1.6 a 1.5 en el espectro visible. Calcule el ángulo de salida de los distintos colores. ¿Cuales se refractan más?

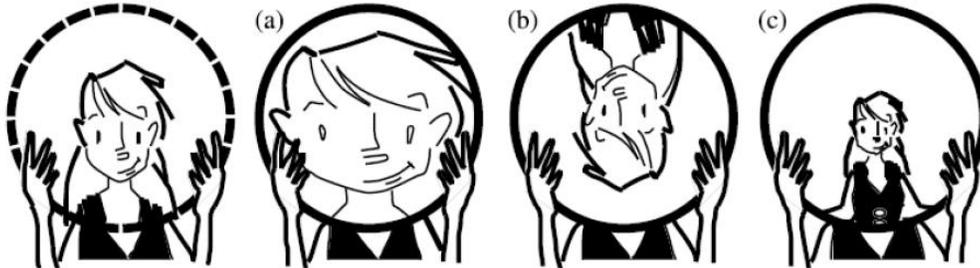
**Lentes delgadas**

Para este apartado de la guía les recomendamos tener a mano el apunte *Definiciones y convenciones para lentes delgada*.

8. Cuando un haz de luz de rayos paralelos incide perpendicularmente sobre una lente convergente, aparece su imagen a 4 cm por delante de la misma. Si se coloca un objeto luminoso a 3 cm de la lente, ¿cuántas veces mayor (o menor) es la imagen? ¿Es real o virtual? Haga el trazado de rayos.
9. Resuelva analíticamente usando la ecuación de la lente y geoméricamente realizando el trazado de rayos. Si el objeto mide 1 cm de alto, determine si la imagen es real o virtual y si es directa o invertida para los siguientes casos
  - a. Objeto puntual a 20 cm de la lente de distancia focal 10 cm.
  - b. Objeto puntual a 20 cm de la lanete de distancia focal 5 cm.
  - c. Objeto puntual a 3 cm de la lente de distancia focal 5 cm.
  - d. Objeto puntual a 20 cm de la lente de distancia focal -40 cm (lente divergente)

**Electromagnetismo****Guía 1**

10. Una persona sostiene frente a ella una lente, que en los tres casos (a, b, c) tienen distintas distancias focales. Comparando con lo que se vería sin lente (primer imagen de la izquierda). Determine qué tipo de lentes son (convergentes o divergentes) y qué clase de imagen (real/virtual) podemos ver en cada caso.



11. Se coloca un objeto a 18 cm de una pantalla y entre el objeto y la pantalla se ubica una lente delgada convergente
- En qué lugar 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 colocarla en una y otra posición? Haga el trazado de rayos.
  - ¿Y si la distancia fuera de 5 cm?
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. No hace falta que haga el trazado de rayos (o sí).
13. Tres lentes delgadas convergentes, todas de 20 cm de distancia focal, están alineadas sobre el mismo eje y a 30 cm entre sí. Encuentre la ubicación de la imagen de un objeto de 3 cm de altura colocado sobre el eje a una distancia de 60 cm a la izquierda de la primera lente. Haga el trazado de rayos.

## El ojo como sistema óptico

El punto más cercano que el ojo humano puede enfocar (función que cumple el cristalino) 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). Por otro lado, la hipermetropía se caracteriza por la dificultad para ver con nitidez los objetos próximos -punto próximo mayor que el considerado normal. Matemáticamente, la distancia focal está dada por la misma fórmula que para lentes pero, en este caso, la distancia focal no es constante sino que depende de  $s$  (el cristalino es una lente de distancia focal ajustable!).

14. ¿Cuánto cambia la distancia focal del sistema lente-córnea si el objeto se mueve desde infinito hasta el punto próximo (25 cm)? Asumir que todo el foco se produce en el sistema lente-córnea y que la distancia de la córnea a la retina es de 2.5cm.
15. El punto próximo del ojo de una persona está a 75 cm. Usando anteojos (a una distancia despreciable del ojo) el punto próximo del sistema antejo-ojo es de 25 cm. Es decir, que si un objeto está a 25 cm del ojo, el antejo forma una imagen a 75 cm al frente del antejo.
  - a. ¿Cuál es el poder de la lente antejo?
  - b. ¿Cuál es el aumento lateral de la imagen formada por la lente?
  - c. ¿Qué produce una imagen más grande en la retina: el objeto visto sin anteojos a 75 cm o el objeto visto con anteojos a 25 del ojo?
  - d. Realizar un diagrama y trazado de rayos correspondiente.
16. Un ojo miope tiene el punto remoto situado a 5 m, es decir no ve con nitidez más allá de esa distancia.
  - a. ¿Qué tipo de lente debe usar para corregir este defecto?
  - b. ¿Cuánto debe valer la distancia focal y la potencia de la lente?

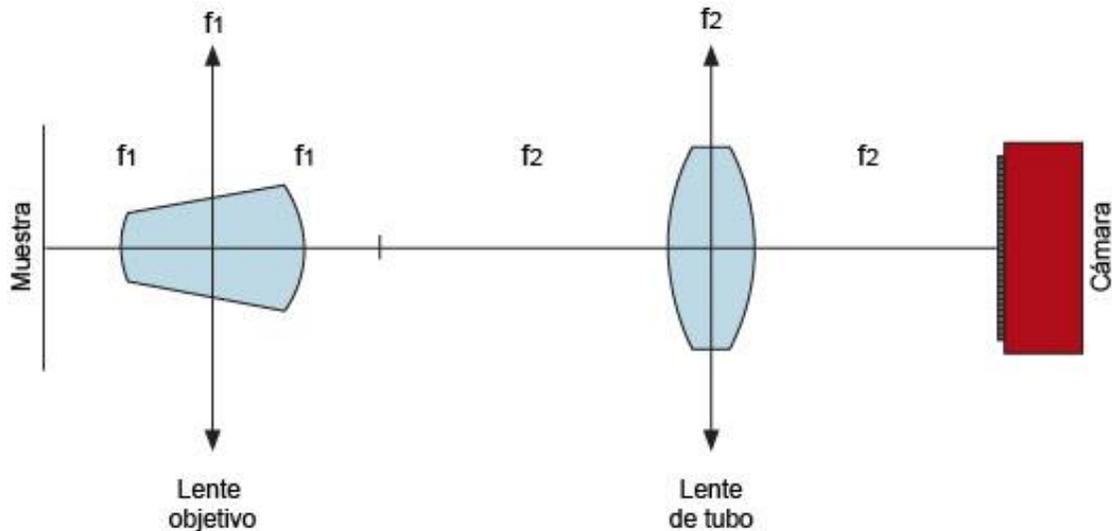
## El microscopio

El modelo más sencillo de microscopio óptico es el compuesto por dos lentes simples. La más importante de ellas es la llamada lente objetivo y es la que se coloca justo después de la muestra a estudiar. La segunda de ellas es distinta si estamos mirando con nuestros ojos (lente ocular) o si estamos utilizando una cámara científica para digitalizar la imagen (lente de tubo).

17. Si miramos a través de un ocular, la imagen de la muestra se deberá formar en nuestra retina. Para que nuestra vista esté descansada mientras observamos, el ocular está diseñado de forma tal que el observador pueda tener el ojo relajado (como mirando un punto lejano, donde el cristalino tiene su distancia focal más larga) durante su uso. Suponga que el objetivo y el ocular tienen distancias focales  $f_1$  y  $f_2$ , ¿Cómo deberán posicionarse las lentes respecto a estas distancias?

Una cámara científica es un arreglo en forma de grilla de detectores muy sensibles a la luz. Cada uno de estos detectores recibe el nombre de pixel (como su contraparte en el mundo digital) y tiene un tamaño determinado. A diferencia de una cámara fotográfica, la cámara científica no incluye ninguna óptica, dado que la formación de imágenes vendrá dada por el microscopio. De esta forma, nuestras dos lentes (objetivo y lente de tubo) tendrán que hacer imagen de la muestra sobre el sensor de nuestra cámara. Esto se logra como se muestra en la figura, donde la muestra se coloca a una distancia focal del objetivo, la cámara a una distancia focal de la lente de tubo y la separación entre las lentes es

la suma de las distancias focales.



18. Calcule la magnificación de este sistema de dos lentes. ¿Cómo deberá ser la distancia focal del objetivo comparado con la de la lente de tubo para lograr magnificar nuestra imagen? ¿La imagen es derecha o invertida? Realice el trazado de rayos para un punto en el eje óptico. Nivel difícil: Realice el trazado de rayos del sistema para un punto fuera del eje óptico.
19. Suponga que nuestra cámara se compone de un arreglo de 1024 x 2048 píxeles (2.1 Mpx), cada uno de los cuales es un sensor cuadrado de 5 micrones de lado. La distancia focal de la lente de tubo es de 180 mm y la del objetivo es de 4.5 mm. ¿Cuál será la porción (área) que observaremos de nuestro espécimen? Si estamos observando una célula cuyo ancho en la imagen adquirida corresponde a 110 píxeles, ¿cuál es el tamaño de la célula?