

---

## FÍSICA 2 (FÍSICA)

PRIMER CUATRIMESTRE DE 2023

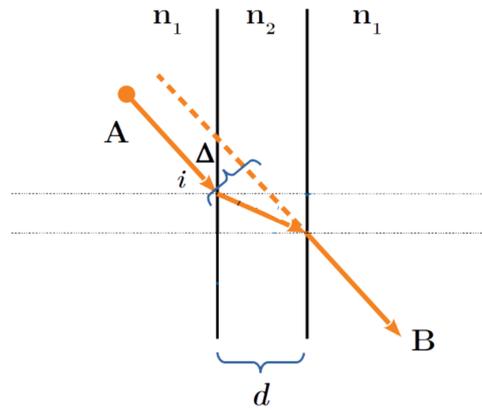
### ÓPTICA GEOMÉTRICA

#### Interfaz entre medios

1. Demuestre que la función:  $\Psi(\vec{r}, t) = Ae^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} \pm \omega t)}$ , con  $\vec{k} = k_x \hat{x} + k_y \hat{y} + k_z \hat{z}$  un vector constante y  $\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z}$ , es solución de la ecuación de ondas tridimensional. Sugerencia: exprese el Laplaciano en coordenadas cartesianas.
2. Analice el significado físico de  $\Psi(\vec{r}, t)$ . ¿Cómo son los frentes de onda? ¿Cuál es la relación entre el vector  $\vec{k}$  y los frentes de onda? ¿Hacia dónde se desplazan los frentes de onda al transcurrir  $t$ ? ¿A qué velocidad?

#### Fermat | Ibn Sahl - Snell | Reflexión Total

3. A partir del principio de Fermat deducir la ley de Ibn Sahl - Snell para la refracción de la luz entre dos medios de índices  $n_1$  y  $n_2$ , separados por una superficie plana.
4.
  - a) Si un rayo parte del punto  $A = (0, 1, 0)$ , se refleja en el espejo plano  $(x, 0, z)$  y pasa por el punto  $B = (4, 3, 0)$ , averigüe en qué punto sobre el plano del espejo se refleja y los ángulos de incidencia y reflexión. Aplicar Fermat e interpretar físicamente las soluciones.
  - b) Un rayo directo entre  $A$  y  $B$  recorre un menor camino óptico que el hallado en (a), ¿es esto contradictorio?
5.
  - a) Un rayo de luz llega a la interfase aire-líquido con un ángulo de  $55^\circ$ . Se observa que el rayo refractado se transmite a  $40^\circ$ . ¿Cuál es el índice de refracción del líquido?
  - b) Un haz de luz incide desde el aire ( $n = 1$ ) sobre una lámina de vidrio de índice de refracción  $n_v$  desconocido y espesor  $d$ . Al otro lado del vidrio hay agua de índice de refracción 1.33. El ángulo de incidencia en la interfase aire-vidrio es  $30^\circ$ . Calcule el ángulo que el rayo refractado forma con la normal a la superficie en el agua.
  - c) Un rayo de luz, que se propaga en un medio cuyo índice de refracción es  $n = 2$  incide formando un ángulo de  $30^\circ$  respecto a la normal a la superficie de separación, que la separa de otro medio de índice 1,5. Calcule el ángulo que forma el rayo transmitido con la normal a la superficie. Calcule el ángulo mínimo con el que debería incidir el rayo para que no se transmita nada.
6. Verifique o demuestre que:
  - a) Un rayo que incide sobre una lámina de caras paralelas, inmersa en un medio único, no se desvía al atravesarla. Calcule el desplazamiento lateral  $\Delta$  de dicho rayo, en términos de su espesor  $d$ , el ángulo  $i$  y su índice de refracción  $n$ .



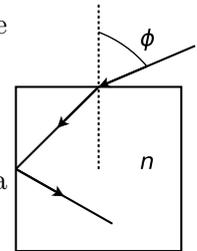
b) El rayo que se refleja en la primera cara y el que emerge luego de reflejarse en la segunda son paralelos.

Si el medio exterior es único, ¿existe algún ángulo de incidencia tal que produzca reflexión total en la cara inferior?

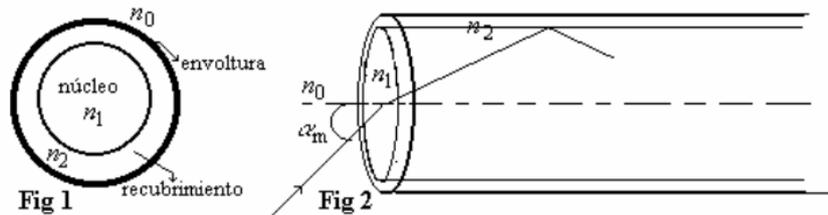
7. Un rayo incide con ángulo  $\phi$  sobre la superficie horizontal de un cubo de material transparente, de índice  $n$ , inmerso en aire.

a) ¿Para qué valores de  $\phi$  hay reflexión total en la cara vertical?

b) Si  $\phi = 60^\circ$ , ¿cuál es el máximo  $n$  para que no haya reflexión total en la cara vertical? ¿Se puede reflejar totalmente en la cara superior?



8. La fibra óptica es un medio empleado habitualmente para la transmisión de redes de datos, que se usa en telecomunicaciones. Básicamente consiste en una hebra muy fina de cierto vidrio (cristal de silicio o materiales plásticos adecuados), de alto índice de refracción (núcleo), cuyo diámetro no excede 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. 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) Demuestre que el ángulo del cono de aceptación  $\alpha_m$  que forman todos los rayos que ingresando en la fibra, como está indicado en la figura, son reflejados en la superficie de separación entre el núcleo y su recubrimiento es

$$\text{sen}(\alpha_m) = \frac{n_1}{n_o} \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$$

---

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

$$AN = n_0 \text{sen}(\alpha_m)$$

Calcule 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?

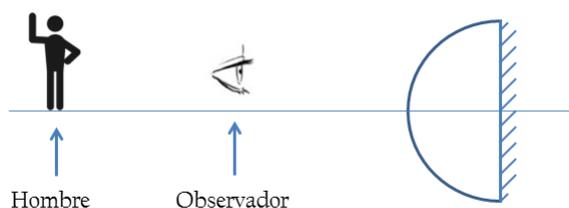
- c) ¿Qué rango de valores debería tener el índice de refracción del recubrimiento de un núcleo cuyo índice es 1.66 para que todo rayo que incida desde el aire quede atrapado dentro de la fibra?

## Sistemas Dispersores

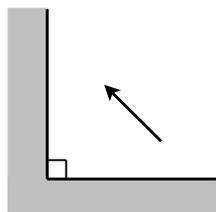
9. Los índices de refracción de cierta clase de vidrio para el rojo y el violeta valen: 1.51 y 1.53; respectivamente. Halle los ángulos límites de reflexión total para rayos que incidan en la superficie de separación vidrio-aire. ¿Qué ocurre si un rayo de luz blanca incide formando un ángulo de  $41^\circ$  sobre dicha superficie?
10. a) Calcule analíticamente el ángulo de desviación mínima del prisma. Justifique por qué este valor es único. Haga un gráfico cualitativo de la desviación como función del ángulo de incidencia.
- b) Calcule la desviación mínima para prismas delgados, en función de los datos constructivos.
- c) Si el prisma es delgado y el ángulo de incidencia es pequeño, calcule la desviación.
11. a) En un vidrio óptico común se propaga un haz de luz blanca, ¿qué componente viaja más rápido: la roja o la violeta?
- b) ¿Para cuál de ambos colores será mayor la desviación en un prisma  $\delta\alpha_n$ ? ¿Qué puede decir del ángulo de desviación mínima  $\delta\alpha_{\text{mín}}$ ?

## Espejos

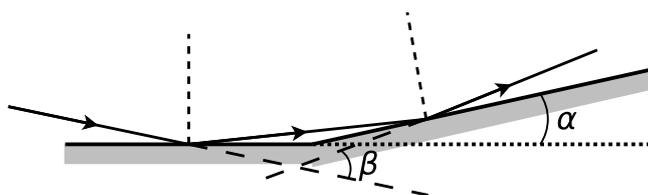
12. a) Demuestre que la imagen dada por un espejo plano de una fuente puntual es, sin ninguna aproximación, otra fuente puntual, ubicada simétricamente respecto del plano del espejo. Analice los casos que corresponden a objetos reales o virtuales.
- b) Calcule el tamaño mínimo de un espejo plano vertical para que una persona de pie, cuya altura es de  $1.8m$  y cuyos ojos están a  $1.6m$  del piso, se vea completo. ¿Es importante la distancia objeto-espejo?
13. Un observador mira hacia la semiesfera espejada de la figura. El radio de la semiesfera es  $5m$ . A qué distancia y de qué tamaño verá al hombre de  $1.5m$  de altura que se encuentra a  $1m$  detrás de él. El observador está a  $1m$  de la semiesfera. El índice del vidrio es 1.5.



14. Haga un esquema de un diagrama de rayos localizando las imágenes de la flecha que se muestra en la figura. Para un punto de la flecha dibuje una porción del frente de ondas emergente y los correspondientes frentes reflejados.



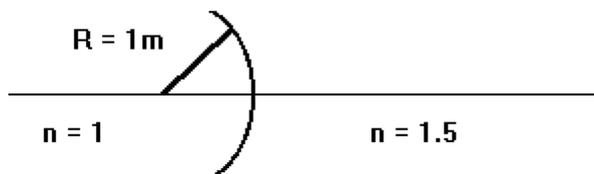
15. Dos espejos planos forman un ángulo  $\alpha$  como lo indica la figura.



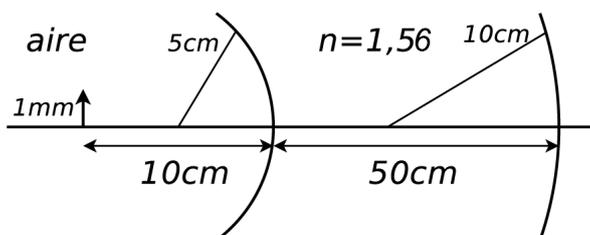
- a) Un rayo de luz contenido en un plano perpendicular a la intersección de los espejos incide sobre uno de ellos, se refleja e incide en el otro (ver figura). Calcule el ángulo que forman los rayos incidente y emergente.
- b) Suponga la misma geometría que en (a) pero ahora iluminada por una fuente puntual, demuestre que las imágenes se encuentran sobre una circunferencia con centro en el vértice de los espejos. En el caso en que la fuente está ubicada de tal modo que sólo se producen dos imágenes, y que el ángulo es muy pequeño, calcule la distancia entre ellas (espejos de Fresnel).
16. Considere la ecuación de espejos esféricos
- a) ¿Cómo se modifica la distancia focal de un espejo esférico si se lo sumerge en agua?
- b) Un espejo esférico cóncavo produce una imagen cuyo tamaño es el doble del tamaño del objeto, siendo la distancia objeto–imagen de 15 cm. Calcule la distancia focal del espejo.
17. Una esfera maciza de radio  $R$  e índice de refracción 1.5 ha sido espejada en una mitad de su superficie. Se coloca un objeto sobre el eje de la esfera a distancia  $2R$  del vértice de la semiesfera no espejada. Hallar:
- a) La imagen final, en forma analítica, luego de todas las refracciones y reflexiones que hayan tenido lugar.
- b) El aumento y las características de la imagen final.
- c) Ídem (a) mediante trazado de rayos.

## Dioptras Esféricas

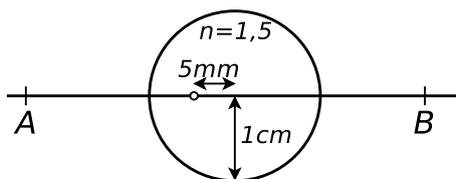
18. En una dioptra esférica como la de la figura, ¿dónde debe colocarse un objeto para que la imagen sea directa?. Justifique con los gráficos  $s'$  vs  $s$  del punto anterior su respuesta. ¿Cómo cambia su respuesta si se invierte la relación de índices? Realice el trazado de rayos para ambos casos.



19. Una barra de material plástico transparente de la forma y dimensiones de la figura (el índice de refracción es 1.56), es iluminada por una rendija de  $1\text{mm}$ . Determine si las dioptras son convergentes o divergentes y las distancias focales de las mismas. Calcule la posición y tamaño de la imagen formada por cada una de las dioptras, y especificar si son reales o virtuales. Hacer un trazado de rayos a escala.



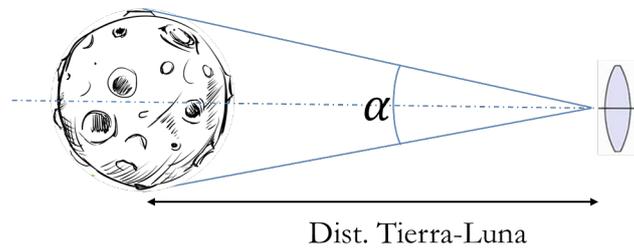
20. La esfera de vidrio de la figura, de  $1\text{cm}$  de diámetro, contiene una pequeña burbuja de aire desplazada  $0.5\text{ cm}$  de su centro. Hallar la posición y el aumento de la burbuja cuando se la observa desde  $A$  y cuando se la observa desde  $B$ .



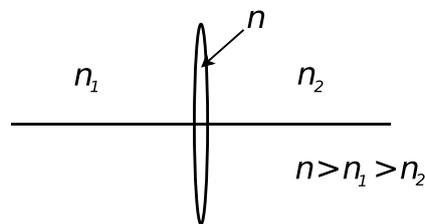
## Lente delgada

21. a) A partir de la ecuación de la dioptra, considerando dos dioptras esféricas tal que la separación entre ellas sea mucho menor que las restantes longitudes involucradas, deduzca la ecuación para las lentes delgadas.  
 b) Analice de qué depende la convergencia o divergencia de una lente.  
 c) Grafique  $s'$  vs  $s$  para lentes convergentes y divergentes, analice el aumento y la posición de los objetos (en particular objeto en el foco y objeto en infinito) y de las imágenes.  
 d) ¿Pueden ser iguales (en módulo) los focos de una lente?  
 e) Demuestre que la menor distancia objeto–imagen es  $4f$ , si la lente está inmersa en un único medio.

- 
- f) Dibuje los frentes de onda incidente, refractado por la primer dioptra y refractado por la segunda.
- g) Determine la distancia focal de una lente plano-cóncava ( $n = 1,5$ ) cuyo radio de curvatura es 10 cm. Determine su potencia en dioptrías.
- h) Se tiene una lente biconvexa con  $R_1 = R_2 = 10$  cm, construida con un vidrio de índice 1.5. Se la usa con aire a un lado de la misma y con un líquido de índice 1.7 al otro lado. ¿Cuánto valen las distancias focales? ¿Es convergente o divergente? Responda las mismas preguntas si: i) está inmersa sólo en aire, ii) está inmersa en el medio de índice 1.7.
22. A simple vista la luna subtende un ángulo  $\alpha = 31'08''$ . ¿Cuál es el tamaño de la imagen de la luna, a través de una lente convergente de distancia focal 1 m? (Nota: estime o busque la distancia luna-tierra)



23. a) 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?
- b) Un objeto se halla a distancia fija de la pantalla. Una lente delgada convergente, de distancia focal 16 cm, produce imagen nítida sobre la pantalla cuando se encuentra en dos posiciones que distan entre sí 60 cm. ¿Cuál es la distancia objeto–pantalla?
24. Halle la distancia focal de una lente sumergida en agua, sabiendo que su distancia focal en el aire es de 20 cm. El índice de refracción del vidrio de la lente es 1.6.
25. \* Se tiene una lente delgada en las condiciones que presenta la figura. Indique en qué punto del eje óptico debe incidir un rayo para que atraviese la lente sin desviarse. Expresé el resultado en función de la distancia focal objeto y de los índices de refracción.



26. \* Demostrar que:
- a) Si un sistema óptico forma imágenes geoméricamente perfectas, todos los rayos que conectan puntos conjugados recorren el mismo camino óptico. (Utilice el principio de Fermat).
- b) Si una lente delgada forma imágenes perfectas sólo en la aproximación paraxial, la diferencia de caminos ópticos entre dos rayos cualesquiera que conectan puntos conjugados y que en todo punto disten menos que  $y$ , es de orden superior a  $y^2$ .
27. Una lente delgada convergente, de distancia focal 30 cm, se coloca 20 cm a la izquierda de otra lente delgada divergente de distancia focal 50 cm. Para un objeto colocado a 40 cm a la izquierda de la primera lente determine la imagen final. ¿Cuál es el aumento? La imagen ¿es real o virtual, es directa o invertida?
28. Una lente delgada convergente de 5 cm de diámetro y 4 cm de distancia focal se halla 2 cm a la derecha de un diafragma de 3 cm de diámetro.
- a) Si se coloca un objeto puntual axial a 9 cm a la izquierda de la lente, determinar la posición y el tamaño de las pupilas de entrada y salida, en forma gráfica y analítica.
- b) Se desplaza al objeto, perpendicularmente al eje óptico, una distancia de 1.5 cm. Determine en forma gráfica y analítica, si el diafragma de apertura está bien definido.
- c) Repita el cálculo hecho en (b), cuando el objeto es desplazado una distancia de 3 cm. Discuta si hay o no vigneteo, y en caso de haberlo calcule la máxima altura del objeto para que el diafragma de apertura esté bien definido.

## Dispositivos ópticos

29. Un microscopio 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.
- b) La distancia objeto–objetivo.
- c) Sabiendo que el microscopio no cuenta con diafragmas adicionales, y que la pupila de salida debe ser real, y del mismo diámetro aproximado que la pupila del ojo ( $\approx 12$  mm), discuta cuál de las dos lentes debe ser el diafragma de apertura, cuál debe ser su diámetro y en qué posición se halla la pupila de salida.
- d) Discuta en qué posiciones colocaría un diafragma de campo, y si esta introducción modifica o no la determinación del diafragma de apertura. Justifique claramente sus respuestas.
30. Un anteojo astronómico utiliza como objetivo una lente convergente de 2 m de distancia focal y 10 cm de diámetro, y como ocular una lente convergente de 4 cm de distancia focal. Determine:
- a) El aumento eficaz.
- b) Las características de la primer imagen de la luna y de la imagen final a través del telescopio. La luna subtende, a ojo desnudo, un ángulo de  $31'$ .
- c) El largo total del tubo.
- d) El mínimo diámetro del ocular para que el objetivo sea diafragma de apertura. (Recordar que la luna no es puntual, y por ende hay puntos objeto extra-axiales).
- e) Suponiendo que el diámetro del ocular sea de 4 cm, la posición y el tamaño de la pupila de salida.
- f) La posición en que debe colocarse el ojo.
- g) La posición en que debe colocarse, de ser posible, un diafragma de campo.
- h) El mínimo diámetro del posible diafragma de campo para que la imagen de la luna se vea completa.
31. Delante del objetivo de un telescopio y a distancia  $s > f'_{ob}$  se coloca un objeto de altura  $h$ .
- a) Obtenga la posición de la imagen en función de  $f'_{ob}$ ,  $f'_{oc}$  y  $s$ .
- b) Calcule el tamaño de la imagen y demuestre gráfica y analíticamente que el aumento lateral es independiente de la posición del objeto.
32. Una cámara fotográfica estándar tiene como objetivo una lente convergente de 50 mm ( $f'$ ) y usa película de  $35 \times 124$  mm.
- a) Si se quiere fotografiar objetos que disten del objetivo entre 1 m e infinito, ¿qué longitud debe tener la rosca que lo mueve?
- b) El sistema se halla enfocando sobre la película a un objeto distante 1 m. Analice qué ocurre con la profundidad de campo para objetos distantes del primero 20 cm. Repita el análisis si el objeto enfocado inicialmente se hallase a 3 m y a 10 m.
- c) Discuta qué sucedería con la longitud de rosca, la profundidad de campo y la aproximación paraxial si se quisiera fotografiar objetos distantes 50 cm.
- d) Teniendo en cuenta que la película es el diafragma de campo, discuta los posibles ángulos de campo máximos, calcule los ángulos de campo asociados a los lados de la película, para un objeto que se encuentra en el infinito. ¿Cómo varían los ángulos de campo con la posición del objeto?, ¿cuánto es posible desplazar el objeto para que la variación no supere el 5%?
- e) Si se quiere fotografiar un árbol de 5 m de altura, y se lo quiere fotografiar entero, ¿cuál es la mínima distancia a la que hay que ponerse?

- 
- f*) Sabiendo que las aperturas inversas de la cámara ( $f/D$ ) varían ente 1.4 y 22; calcule los tamaños máximo y mínimo del diafragma. Discuta cualitativamente el porqué y cómo de las variaciones de tamaño del diafragma (su relación con la velocidad del objeto, con la de obturación, con la luminosidad ambiente, etc.)