

6.2 ÓPTICA GEOMÉTRICA

6.2.1 Preguntas importantes que tienes que responder antes de hacer los problemas

1. ¿A qué rango de frecuencias corresponde la banda visible del espectro electromagnético? ¿Cuáles son las longitudes de onda correspondientes en el vacío?
2. ¿Cuánto vale la velocidad de propagación de la luz en el vacío? ¿Depende de la frecuencia?
3. Enuncie la ley de reflexión y la ley de refracción
4. ¿Cuál es la relación entre el índice de refracción, la velocidad y la longitud de onda de un rayo de luz que atraviesa un medio?
5. ¿Bajo que condición se produce una reflexión total interna?
6. ¿Cuál es la diferencia entre una imagen real de una virtual?
7. Para una lente delgada ¿cómo se calcula la posición y el tamaño de la imagen si se conocen la posición y el tamaño del objeto?
8. ¿Cómo se define la potencia de una lente delgada?
9. Para el ojo humano, ¿qué entiende por punto próximo, punto remoto y poder de acomodación?
10. ¿En qué consisten la miopía y la hipermetropía y como se corrigen?

6.2.2 Ejercicios resueltos de óptica

EJERCICIO 1: Un rayo atraviesa un medio de líquido (agua) e incide sobre la superficie de un vidrio grueso, formando un ángulo de incidencia con la normal de la superficie del vidrio de 60° . Sabiendo que los índices de refracción son: $n_{\text{agua}} = 1,333$ y $n_{\text{vidrio}} = 1,52$.

a. Calcule los ángulos de reflexión y refracción:

Llamemos θ_1 al ángulo del rayo incidente

θ_2 al ángulo del rayo refractado

θ_3 al ángulo del rayo reflejado

n_1 al índice de refracción del medio agua

n_2 al índice de refracción del medio vidrio

$$\text{Por ley de reflexión: } \theta_1 = \theta_3 = 60^\circ$$

$$\text{Por ley de refracción: } n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

$$0,75948 = \frac{1,333 \cdot \text{sen}(60^\circ)}{1,52} = \text{sen}(\theta_2)$$

$$\theta_2 = \text{sen}^{-1} 0,75948 = 49,4^\circ$$

b. Si se trata de un haz de luz monocromática de $\lambda_0 = 680\text{nm}$, ¿cuál será su longitud de onda en el agua y en el vidrio?

$$\lambda_m = \frac{\lambda_0}{n_m}$$

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n_1} = \frac{680\text{nm}}{1,333} = 510,13\text{nm (en agua)}$$

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_0}{n_2} = \frac{680\text{nm}}{1,52} = 447,37\text{nm (en vidrio)}$$

c. ¿Podría haber reflexión interna total para ese rayo entre a y b?

No podría haber reflexión total interna, porque se necesitaría que el índice de refracción del medio del rayo incidente (n_1) sea de mayor que el índice de refracción del medio donde refracta (n_2). O sea, se debe cumplir la condición que $n_1 > n_2$.

EJERCICIO 2: Un objeto de 1cm de altura se coloca 15 cm delante de una lente delgada divergente de distancia focal 10 cm. Calcular:

- a. La ubicación de la imagen ¿es real o virtual?:

La lente es divergente entonces $f = -10$ cm, y tenemos como dato que $x_o = 15$ cm.

A partir de la ley de lentes calculamos x_i :

$$\frac{1}{x_o} + \frac{1}{x_i} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{15 \text{ cm}} + \frac{1}{x_i} = \frac{1}{-10 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{x_i} = -\frac{1}{10 \text{ cm}} - \frac{1}{15 \text{ cm}} \rightarrow \frac{1}{x_i} = -0,1666 \frac{1}{\text{cm}} \text{ entonces } x_i = -6 \text{ cm}$$

Como es negativa, está del lado de la luz entrante, y por lo tanto la **imagen es virtual**.

- b. La altura de la imagen. ¿Esta aumentada o disminuida?

Podemos calcular el aumento lateral a partir de la ecuación:

$$m = -\frac{x_i}{x_o} = -\frac{(-6 \text{ cm})}{(15 \text{ cm})} = 0,4$$

Como m es positiva, la **imagen está derecha**. Como es un número menor que 1 la **imagen es disminuida**. Por otro lado, también podemos tener esta relación para el aumento lateral:

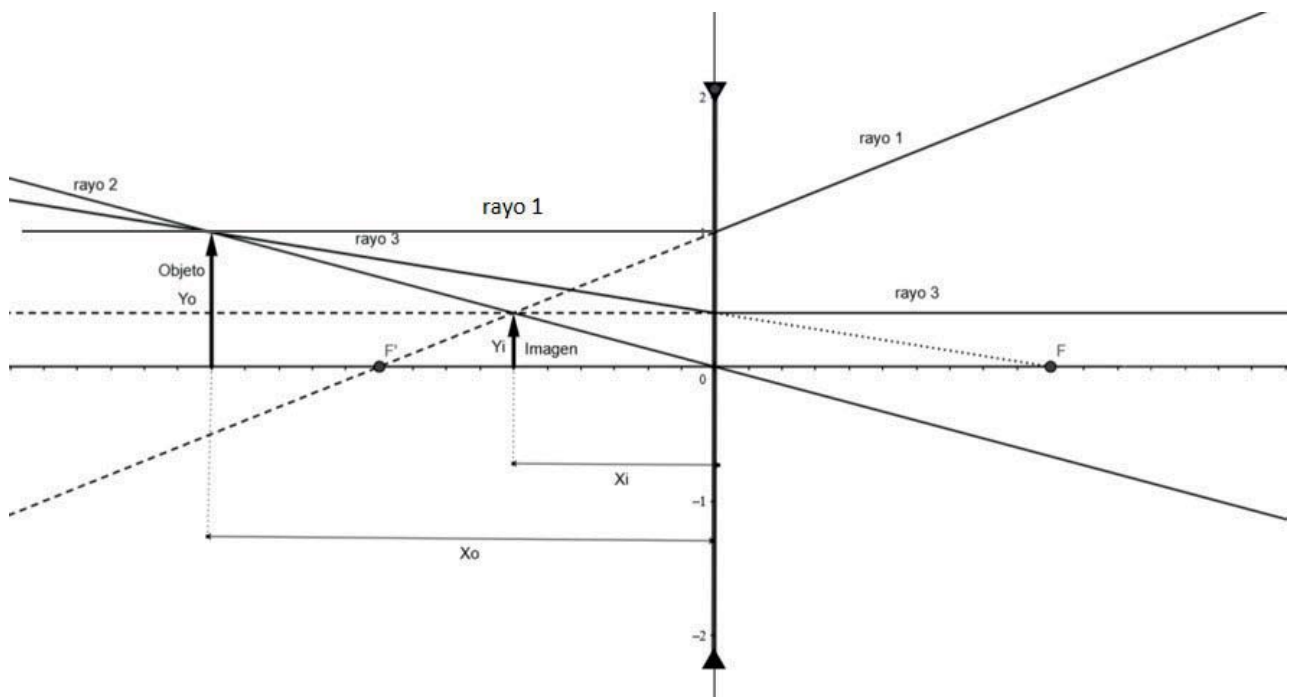
$$m = \frac{y_i}{y_o} = \frac{y_i}{1 \text{ cm}} = 0,4 \text{ entonces despejamos y obtenemos que } y_i = 0,4 \text{ cm}$$

- c. La potencia de la lente:

Se necesita pasar la distancia focal a metros: 10 cm = 0,1 m

$$P = \frac{1}{f \text{ (en metros)}} = \frac{1}{-0,1 \text{ m}} = -10 \text{ D}$$

- d. Realice un esquema donde se puedan observar los rayos principales.



EJERCICIO 3: Un joven que ve borroso el pizarrón consulta a una oftalmóloga (no ve bien de lejos). La Dra. mide su punto lejano del ojo derecho, siendo 1,1 m, y del ojo izquierdo, siendo 0,8 m. ¿Qué tipo de lente, y que graduación en dioptrías debe tener la lente en cada ojo, para corregir su visión?

El joven tiene miopía, y por lo tanto la lente delgada que debe usar para la corrección de su visión será divergente. Debemos considerar que el ojo ve bien hasta el punto lejano (para un ojo normal lo definimos en el infinito), y que la lente debe formar una imagen de lo que está más lejos en el punto lejano, esa imagen será virtual y se forma delante de la lente, por lo tanto, la distancia de la imagen tiene signo negativo. Para calcular la distancia focal de cada lente teniendo en cuenta la fórmula de lentes y recordemos la fórmula de potencia:

$$\frac{1}{x_o} + \frac{1}{x_i} = \frac{1}{f} \quad P = \frac{1}{f}$$

Ojo Derecho:

$$x_o = \infty; x_i = -1,1 m \rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{(-1,1m)} = \frac{1}{f_{OD}} \rightarrow f_{OD} = -1,1 m$$

$$P_{OD} = \frac{1}{-1,1m} = -0,9 D$$

Ojo Izquierdo:

$$x_o = \infty; x_i = -0,8 m \rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{(-0,8m)} = \frac{1}{f_{OD}} \rightarrow f_{OD} = -0,8 m$$

$$P_{OD} = \frac{1}{-0,8m} = -1,25 D$$

6.2.3 GUÍA DE EJERCICIOS DE ÓPTICA

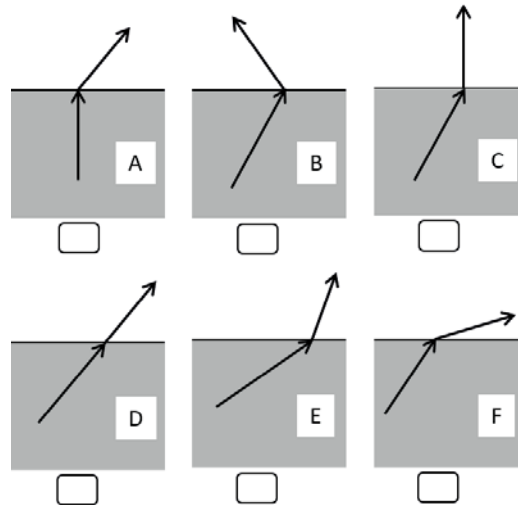
1- Un rayo de luz incide desde aire sobre un bloque de vidrio plano ($n=1,5$) con un ángulo de incidencia de 30° con respecto a la normal a la superficie del vidrio. Dibuje el haz luminoso a través del vidrio y encuentre los ángulos de reflexión y de refracción.

2- Un rayo de luz amarilla de sodio en el aire incide sobre una superficie plana de disulfuro de carbono ($n=1,628$). El rayo refractado forma un ángulo de 37° con la normal. Calcule el ángulo de incidencia.

3- Un rayo luminoso inicialmente en agua ($n=1,333$) entra en una sustancia transparente con un ángulo de incidencia de 35° respecto a la normal y el rayo transmitido se refracta a un ángulo de 25° respecto a la normal. Calcule el índice de refracción de la sustancia transparente.

4- Un haz de luz de 670,8 nm de longitud de onda en el aire entra a una pecera llena de agua ($n=1,333$), luego sale a través de la pared de vidrio del recipiente ($n=1,5$). Cuál es la longitud de onda de la luz: a) en el agua; b) en el vidrio.

5- ¿Cuál es la única figura correcta, entre las seis que siguen, que representa un rayo de luz que parte de la linterna de un buzo sumergido y atraviesa la superficie del mar? (La línea horizontal representa la superficie del mar; arriba está el aire y abajo el agua)



6- El ángulo límite correspondiente a la superficie de separación entre dos medios es de 40° (los ángulos se miden con respecto a la normal a la superficie). El medio 1 es más refringente que el medio 2. Si un rayo llega a dicha superficies desde el medio 1 con un ángulo de 50° , el rayo continúa su marcha formando un ángulo de:

- 90°
- 50° en el medio 2
- 60° en el medio 2
- 60° en el medio 1
- 0° en el medio 2
- 50° en el medio 1

7- Se tiene una lente biconvexa convergente con una distancia focal de 5 cm.

- Si se coloca un objeto a 9 cm delante de la lente. Realice el trazado de rayos principales y ubique la imagen del objeto gráfica y analíticamente. ¿La imagen es real o virtual? ¿Esta aumentada o disminuida respecto del objeto? ¿Es derecha o invertida?
- Si el objeto se coloca a 3 cm delante de la lente. Realice el trazado de rayos principales y ubique la imagen del objeto gráfica y analíticamente. ¿La imagen es real o virtual? ¿Esta aumentada o disminuida respecto del objeto? ¿Es derecha o invertida?
- ¿Cuál es la potencia de la lente?

8 – Se tiene una lente bicóncava divergente con una distancia focal de 5 cm.

- Si se coloca un objeto a 9 cm delante de la lente. Realice el trazado de rayos principales y ubique la imagen del objeto gráfica y analíticamente. ¿La imagen es real o virtual? ¿Esta aumentada o disminuida respecto del objeto? ¿Es derecha o invertida?
- Si el objeto se coloca a 3 cm delante de la lente. Realice el trazado de rayos principales y ubique la imagen del objeto gráfica y analíticamente. ¿La imagen es real o virtual? ¿Esta aumentada o disminuida respecto del objeto? ¿Es derecha o invertida?
- ¿Cuál es la potencia de la lente?

9- Una lente forma una imagen de un objeto que está a 16 cm de la lente. La imagen está a 12 cm de la lente del mismo lado que el objeto.

- ¿Cuál es la distancia focal de la lente? ¿Esta es convergente o divergente?
- Si el objeto mide 8.5 mm de altura, ¿cuál será la altura de la imagen? ¿Está derecha o invertida?
- Dibuje un diagrama de rayos principales.
- ¿Cuál es la potencia de la lente?

10- Un objeto se coloca 6 cm delante de una lente de -25D.

- ¿Cuál es la posición de la imagen? ¿Es real o virtual?
- Si el objeto mide 4 cm de altura, ¿cuál será la altura de la imagen? ¿La imagen esta derecha o invertida?
- Dibuje un esquema y trace los rayos principales.

11- Un hombre a la edad de 40 años necesitaba anteojos con lentes de 2 dioptrías para leer un libro a 25 cm de los ojos. A los 45 años, observa que mientras lleva esos anteojos debe mantener un libro a 40 cm de los ojos para leerlo cómodamente. Por lo tanto, para leer el libro a 25 cm de distancia deberá reemplazar los anteojos por otros de:

- 2 D
- 2,5 D
- 3,5 D
- 4 D
- 0,5 D
- 2 D

12- Una lente produce una imagen virtual y aumentada del objeto real del cual procede. Entonces se puede asegurar que:

- la lente es divergente y que la distancia entre ella y el objeto es mayor que el valor absoluto de la distancia focal
- la lente es divergente y que la distancia entre la lente y el objeto es menor que el valor absoluto de la distancia focal
- la lente es convergente y que la distancia entre la lente y el objeto es mayor que la distancia focal
- la lente es convergente y que la distancia entre la lente y el objeto es menor que la distancia focal
- No se sabe si la lente es convergente o divergente, pero sí que la distancia entre la lente y el objeto es mayor que el valor absoluto de la distancia focal
- No se sabe si la lente es convergente o divergente, pero sí que la distancia entre la lente y el objeto es menor que el valor absoluto de la distancia focal

13- Un proyector de diapositivas está a 12 m de una pantalla de 1,5 m de ancho. Para que la imagen de una diapositiva de 35 mm de ancho llene completamente la pantalla, la distancia focal de la lente del proyector debe ser:

- 0,5 m
- 0,27 m
- 0,03 m
- 0,27 m
- 0,03 m
- 0,5 m

14- Se tiene una lente delgada biconvexa de 10 dioptrías y una segunda lente igual a la anterior a 40 cm hacia la derecha. Si se coloca un objeto a 20 cm a la izquierda de la primera, la imagen obtenida por el sistema de lentes será:

- a. Real, Derecha, 30% mayor
- b. Real, Invertida, 30% mayor
- c. Real, derecha, igual
- d. Real, invertida, igual
- e. Virtual, invertida, igual
- f. Virtual, Derecha, igual

15- Un objeto real se coloca a una distancia de una lente que es el doble de la distancia existente entre la lente y el foco de la misma. En estas condiciones, la imagen formada es virtual. Entonces, se puede afirmar que:

- a. la lente es convergente y la imagen es invertida y menor
- b. la lente es divergente y que la distancia entre la lente y el objeto es menor que el valor absoluto de la distancia focal
- c. la lente es convergente y la imagen es derecha y menor
- d. la lente es convergente y la imagen es invertida y de igual tamaño
- e. la lente es divergente y la imagen es derecha y menor
- f. la lente es divergente, pero no se puede establecer cómo es la imagen

16- Un objeto se halla a 50 cm de una lente delgada convergente, cuya distancia focal es 1 m. Para lograr una imagen del mismo tamaño que el objeto es suficiente:

- a. Trasladar el objeto a una posición ubicada a 25 cm de la lente
- b. Trasladar el objeto a una posición ubicada a 2 m de la lente
- c. Cambiar la lente por una divergente de $-2D$
- d. Cambiar la lente por una divergente de $-3D$
- e. Agregar una lente convergente de $3D$
- f. Agregar una lente convergente de $0,5D$

17- Uno de los defectos más comunes del ojo humano es la miopía.

- a. Explica en qué consiste este defecto. ¿Con qué tipo de lente puede corregirse?
- b. Si un ojo miope es incapaz de ver nítidamente objetos a más de 0,5 m de distancia (punto remoto) ¿Cuántas dioptrías debe tener la lente que use para corregir el defecto?

18- El ojo normal se asemeja a un sistema óptico formado por una lente convergente (el cristalino) de +15 mm de distancia focal. La imagen de un objeto lejano (en el infinito) se forma sobre la retina, que se considera como una pantalla perpendicular al eje óptico. Calcular:

- a. La distancia entre la retina y el cristalino.
- b. La altura de la imagen de un árbol de 16 m de altura, que está a 100 m del ojo.

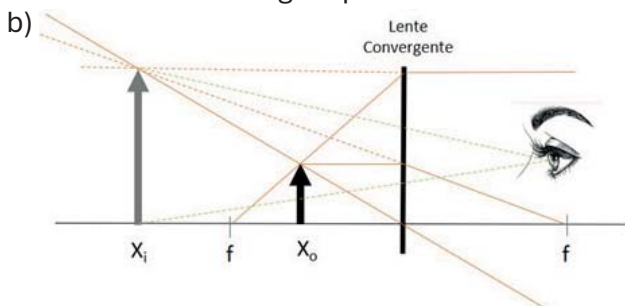
19- Una lupa se emplea para poder observar con detalle objetos de pequeño tamaño.

- a. Explica el funcionamiento óptico de una lupa: ¿Qué tipo de lente es, convergente o divergente? ¿Dónde debe situarse el objeto a observar? La imagen que produce, ¿es real o virtual? ¿Derecha o invertida?
- b. Dibuja un trazado de rayos que explique gráficamente el proceso de formación de imagen de una lupa.

20- Dada una lupa cuya distancia focal es de 5 cm, ¿a qué distancia de la misma se debe situar un pequeño texto para poder observarlo a un tamaño 3 veces mayor? ¿Cuál es el poder de aumento de la lupa?

6.2.4 Respuestas de la guía de óptica

1. $\theta_2 = 19,5^\circ$ y $\theta_3 = 30^\circ$
2. $\theta_1 = 78,5^\circ$
3. $n_2 = 1,809$
4. a) 503,2 nm
b) 447,2 nm
5. F
6. 50° en el medio 1
7. a) $x_i = 11,25$ cm y $m = -1,25$, la imagen es real, invertida y aumentada;
b) $x_i = -7,5$ cm y $m = 2,5$, la imagen es virtual, derecha y aumentada;
c) $P = 20D$
8. a) $x_i = -3,2$ cm y $m = 0,35$, la imagen es virtual, derecha y disminuida;
b) $x_i = -1,875$ cm y $m = 0,625$, la imagen será virtual, derecha y disminuida;
c) $P = -20D$
9. a) $f = -48$ cm lente divergente;
b) $m = 0,75$ y $y_i = 6,375$ mm está derecha;
d) $P = -2,08D$
10. a) $x_i = -2,4$ cm es virtual;
b) $y_i = 1,6$ cm es derecha.
11. 3,5D
12. d)
13. b)
14. c)
15. e)
16. b)
17. a) La miopía consiste en que el cristalino del ojo no se adapta adecuadamente a la distancia a la que se encuentran los objetos y no forma la imagen en la retina, sino antes de ella. Por lo tanto, se puede corregir introduciendo una lente divergente delante del ojo;
b) La potencia de la lente correctora deberá ser: $P = 1/f = -2 D$
18. a) Como la retina se encuentra en el plano focal del sistema óptico definido, la distancia entre la retina y el cristalino será la distancia focal $f = 15$ mm
b) Calculando el aumento lateral sabiendo que si el ojo es normal la imagen se forma en la retina $x_i = 15\text{mm} = 0,015$ m y a partir de las fórmulas $m = -x_i/x_o = y_i/y_o$: la altura de la imagen es 2,4 mm y está invertida.
19. a) La función de las lupas es aumentar el tamaño de objetos cercanos que se observan a través de ellas. Para ello se utilizan lentes convergentes ya que son las únicas que pueden aumentar de tamaño los objetos. Para que una lente convergente aumente el tamaño de un objeto, este debe situarse entre el foco y la lente. De este modo la imagen que se forma es derecha y virtual.



20. $x_o = 3,33\text{cm}$ (como era de prever, para conseguir tal aumento es necesario colocar al objeto a una distancia menor que la focal); $m = 5$

7 BIBLIOGRAFÍA

Nivel Inicial:

Adrián M. Silva y otros, Física Vol. I y II, Ed. Santillana

Nivel Intermedio:

Cussó Fernando, López Cayetano y Villar Raúl, Física de los procesos biológicos, Ed. Ariel

Fraga Ondina, Óptica Geométrica, I.S.P Joaquín V. González

Joseph Kane & Morton Sternheim, Física, Ed. Reverté

Alan Cromer, Física para las Ciencias de la Vida, Ed. Reverté

Nivel Avanzado:

Francis Jenkins & Harvey White, Fundamentos de Óptica, Ed. Aguilar

Daniel P. Cardinali, Manual de Neuro Fisiología, Ed.UBA FMed.

Mikhail Volkenshtein, Biofísica, Ed. Mir