



Universidad Nacional Autónoma de
Honduras
Facultad de Ciencias
Escuela de Física



FS-104 FÍSICA GENERAL

GUÍA LABORATORIO #6
Óptica

Elaborada por: M.F. Cáliz y D. García

1. Introducción

La óptica es el estudio de la luz y la visión. La visión humana requiere de la luz visible, cuya longitud de onda va de 400 nm a 700 nm. Todas las ondas electromagnéticas comparten propiedades ópticas, como la reflexión y la refracción. Las propiedades ópticas de los espejos y de las lentes se basan en dichos principios. Un sistema óptico está conformado por un conjunto de superficies que separan medios de distintos índices de refracción. El ojo humano es el sistema óptico más fundamental, porque sin él no existiría el campo de la óptica. Este consta de una lente convergente llamada **crystalino** que enfoca las imágenes en una película sensible a la luz llamada **retina**. Cuando la luz llega a la retina unas células especiales conocidas como preceptores convierten la luz en señales eléctricas que luego son interpretadas por el cerebro. El estudio de las lentes nos ayudan a comprender el funcionamiento del ojo humano, así como las diversas enfermedades que este puede tener y como corregirlas. Existen también aplicabilidades prácticas en la industria y en la ciencia observacional como la astronomía con los telescopios o microscopios.



Figura 1: En la imagen se aprecia el fenómeno de la refracción.

2. Objetivos

1. Comprender los fenómenos de reflexión y refracción.
2. Analizar el comportamiento de la luz en lentes y espejos.
3. Determinar la causa de los defectos visuales y sus correcciones.

3. Materiales y Equipo

1. Modelo físico del ojo humano PASCO y accesorios
2. Sistema de Óptica Básica
3. Lentes de longitudes focales de 100, 200, 250 y -150 mm
4. Fuente de Luz
5. Kit y mesa de Rayos Ópticos
6. Pantalla de Visualización
7. Riel
8. Guantes
9. Toallas de papel
10. Agua destilada

4. Marco Teórico

4.1. Reflexión y Refracción de la Luz

Reflexión

La reflexión implica la absorción y la reemisión de la luz por medio de vibraciones electromagnéticas complejas en los átomos del medio reflectante. Un rayo de luz que incide sobre una superficie se describe con el ángulo de incidencia θ_i . Se mide a partir de una normal: una línea perpendicular a la superficie reflectante o reflectora. Asimismo, el rayo reflejado se describe por su ángulo de reflexión θ_r , que también se mide con respecto a la normal.

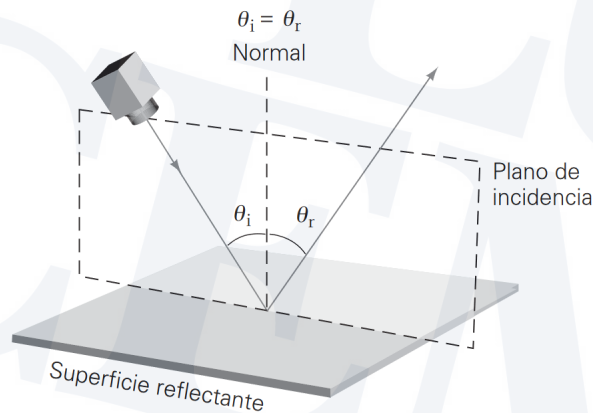


Figura 2: Según la ley de la reflexión, el ángulo de incidencia (θ_i) es igual al ángulo de reflexión (θ_r).

La relación entre estos ángulos se expresa con la **Ley de la Reflexión**, es decir el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, como se muestra en la figura 2.

$$\boxed{\theta_i = \theta_r} \quad (1)$$

Otros dos atributos de la reflexión son: 1) el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en un mismo plano, que a veces se llama plano de incidencia, y 2) los rayos incidente y reflejado están en lados opuestos de la normal.

Refracción

Refracción es el cambio de dirección de una onda en la interfase donde pasa de un medio transparente a otro. En general, cuando una onda incide en la frontera interfase entre dos medios, parte de la energía de la onda se refleja y otra parte se transmite. Este cambio de dirección se debe al hecho de que la luz viaja con distinta rapidez en medios diferentes. El cambio en la dirección de la propagación de la onda se describe con el ángulo de refracción.

La **Ley de Snell** relaciona los ángulos de incidencia y refracción con la rapidez de la luz en los dos medios.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Note que θ_1 y θ_2 siempre se miden con respecto a la normal. El índice de refracción nos permite comparar la velocidad de la luz en un medio con su velocidad en el vacío (c).

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

Dada esta relación, se puede reescribir la ley de Snell en función de los índices de refracción de los medios.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (3)$$

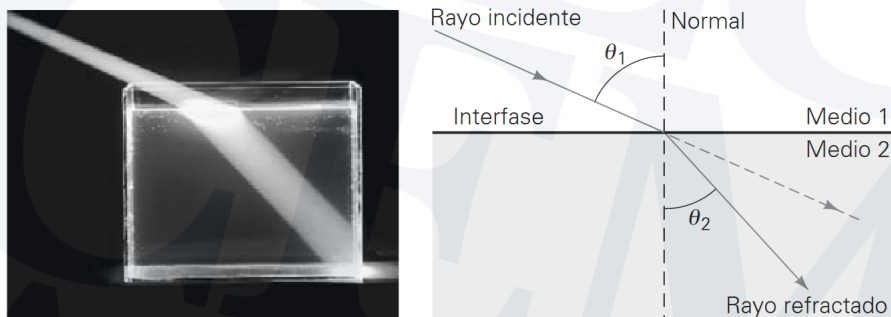


Figura 3: Según la ley de la reflexión, el ángulo de incidencia (θ_i) es igual al ángulo de reflexión (θ_r).

4.2. Espejos

Los espejos son superficies reflectoras lisas. Se crean recubriendo una cara de un vidrio plano y liso de un compuesto o lámina (normalmente metálica), esto provoca que se aumente la reflectividad del vidrio ya que la luz no atraviesa el recubrimiento. La mayoría de los espejos tiene recubrimientos por detrás del vidrio. La geometría del espejo influye totalmente en el tamaño, orientación y el tipo de imagen. En general la imagen es la contraparte visual de un objeto que se produce por la reflexión de los rayos de luz provenientes de ese objeto al espejo. Existen dos tipos de imágenes, y se determinan en base a donde los rayos de luz se cruzan (convergen)

- **Imagen Virtual:** son aquellas donde los rayos convergen detrás del espejo o enfrente de la lente
- **Imagen Real:** son aquellas donde los rayos convergen delante del espejo o detrás de la lente

4.2.1. Espejos Planos

Un espejo con una superficie incidente plana es llamado un “espejo plano”. El siguiente diagrama es llamado “diagrama de rayos”, y nos permite observar como se comportan los rayos de un objeto que impactan en un espejo.

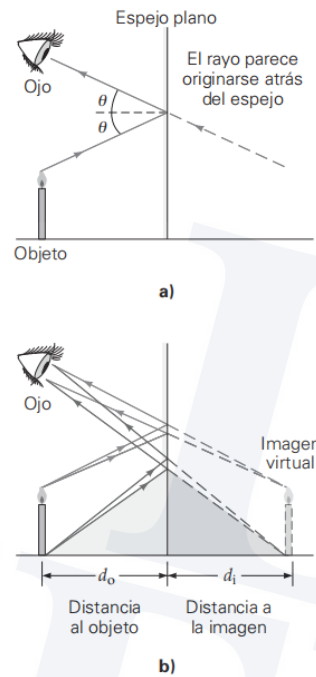


Figura 4: Diagrama de rayos en espejos planos

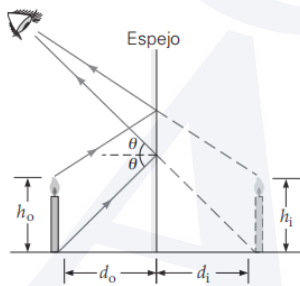


Figura 5: Diagrama de rayos en espejos planos

Observamos en a de la figura 4 que un rayo del objeto impacta en el espejo y respeta las ecuaciones de reflexión, sin embargo el rayo de luz parece producirse detrás del espejo, en b observamos entonces mas rayos, lo que nos permite visualizar la imagen virtual del espejo plano. La distancia del objeto (d_o) es la distancia entre el objeto y el espejo, la distancia de la imagen (d_i) es la distancia en la que el objeto parece estar del espejo cuando observamos el objeto desde el espejo. Es intuitivo pensar que si un objeto está mas lejos o cerca de su imagen virtual, este se observe mas pequeño o grande, por lo que en la podemos definir una cantidad llamada **factor de amplificación lateral (M)** que se define como

$$M = \frac{d_i}{d_o} \quad (4)$$

El análisis de **M** nos permite saber que efectos tiene un espejo sobre la luz que incide sobre él. Si es positivo implica que se observa la imagen en la misma dirección original, si es positivo la imagen se observa invertida con respecto al objeto, si es 1 significa que se observa la imagen del mismo tamaño del objeto, si es mayor que 1 significa que hay una amplificación con respecto al objeto y si es menor que 1 significa que hay una reducción con respecto al objeto.

4.2.2. Espejos Esféricos

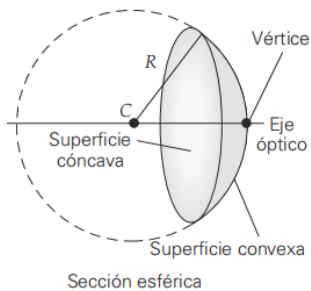


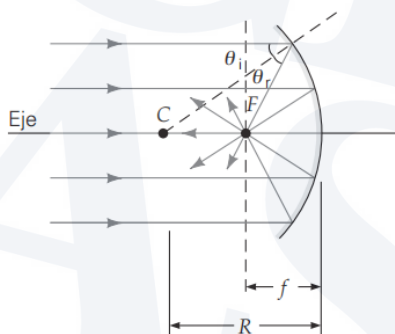
Figura 6: Diagrama de rayos en espejos planos

Un espejo esférico es una superficie reflectora con geometría esférica. Si se rebana una parte de una esfera hueca de radio R , la parte cortada tiene forma de espejo esférico. Estos respetan las ecuaciones de reflexión, sin embargo modifican la imagen, esto se nota en el análisis de M . La línea que va del centro del espejo al dentro de la esfera se le llama **eje óptico**, al centro de la esfera se le llama **centro de curvatura (C)**. La distancia entre el centro de curvatura y el centro del espejo se la llama **radio de curvatura (R)**. Si los rayos impactan el espejo paralelos al eje óptico el punto donde convergen se le llama **foco (F)**, la **distancia focal (f)** es la distancia entre el centro del espejo y F , su ecuación es

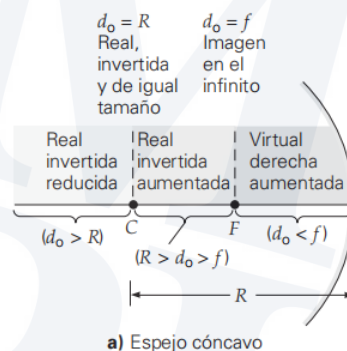
$$f = \frac{R}{2} \quad (5)$$

Existen dos tipos de espejos esféricos dependiendo de la cara esférica en la que incidan los rayos.

- **Espejo Cóncavo:** Si la reflexión se sitúa en la cara interna de la esfera se le llama espejo cóncavo. Como se muestra en la parte a de 6, el foco se forma frente al espejo, y la imagen sería real. La imagen tendrá diferentes cambios con respecto al objeto dependiendo de la posición entre C , F y el centro del espejo, esto afectará en M .



((a)) Diagrama de rayos espejo cóncavo



((b)) Formación de imágenes espejo cóncavo

Figura 7: Espejos cóncavos

- **Espejo Convexo:** Si la reflexión se sitúa en la cara externa de la esfera se le llama espejo convexo. Como se muestra en la parte b de 8, el foco se forma detrás al espejo, y la imagen sería virtual.

Para determinar la distancia focal existe una ecuación sencilla

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (6)$$

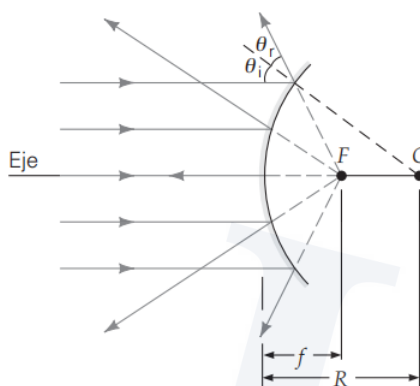


Figura 8: Diagrama de rayos en espejos convexos

4.3. Lentes

Una lente se fabrica con un material transparente y una o ambas superficies tienen contorno esférico. Las principales lentes a utilizar son las biconvexa (también llamada solo convexa) y la bicóncava (también llamada solo cóncava), estas se crean con la intersección de dos círculos como en la imagen

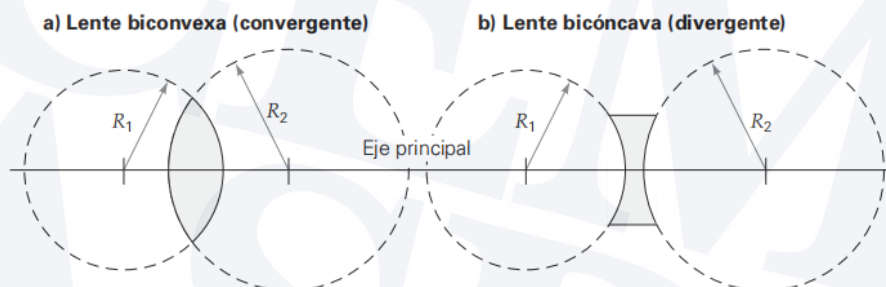


Figura 9: Lentes convexas y cóncavas

Asimismo existen múltiples combinaciones de lentes, que se dividen si son convergentes (imagen real) o divergentes (imagen virtual)



Figura 10: Tipos de lentes

La idea de una lente delgada es que no se tomen en cuenta los efectos de la refracción de la luz y únicamente los efectos de la forma de la lente. El dato mas importante de una lente es la distancia

focal (f), que es la distancia entre el centro de la lente y el punto donde se crea la imagen llamado foco (\mathbf{F}). Los focos se diagraman de la siguiente manera



((a)) Diagrama de rayos lentes convergentes

((b)) Diagrama de rayos lentes divergentes

Figura 11: Diagramas de rayos de los diferentes tipos de lentes

La ecuación de la distancia focal de una lente es la misma que la de los espejos esféricos

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (7)$$

Siendo d_o la distancia del objeto, d_i la distancia de la imagen y f la distancia focal.

La **potencia óptica** es el valor inverso de la distancia focal, que se mide en unidades llamadas **dioptrías**. Cuanto mayor sea la curvatura del lente, mayor será la capacidad de refracción. Las medidas de potencia óptica son el grado de corrección necesario para alcanzar una visión óptima.

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

5. Procedimiento Experimental

Lea con detalle las instrucciones y responda de forma clara las preguntas correspondientes utilizando las ecuaciones y explicaciones de la teoría

5.1. Ley de Snell

Ley de Snell

Parte I: Lente plano cóncavo

1. Utilizando la carta polar, coloque el lente plano cóncavo en el centro. Coloque la fuente de luz en la configuración de un rayo y alinee el rayo con el cero en la cara plana del lente.
2. Varié el ángulo de la carta polar y observe la componente reflejada y refractada.
3. Luego, alinee el rayo con el cero en la cara cóncava del lente, varié el ángulo lentamente y observe ambas componentes.

Con base en la experiencia anterior, conteste:

1. ¿Cómo se comporta la luz utilizando la cara plana del lente?
2. ¿Cómo se comporta la luz utilizando la cara cóncava del lente? Calcule el índice de refracción de la lente usando la **Ley de Snell**.
3. Utilizando el lado cóncavo del lente, ¿en que ángulo desaparece la componente refractada del rayo incidente?

Parte II: Espejo

1. Alinee la parte plana del espejo con la marca plana de la carta polar y configure el cero. Utilice la configuración de un rayo de la fuente de luz y modifique el ángulo. Observe el comportamiento.
2. Alinee la parte cóncava del espejo con la marca plana de la carta polar y configure el cero. Observe el comportamiento con la configuración de un rayo y luego con la de tres colores.
3. Alinee la parte convexa del espejo con la marca plana de la carta polar y configure el cero. Observe el comportamiento con la configuración de un rayo y luego con la de tres colores.

Con base en la experiencia anterior, conteste:

1. ¿Como se comporta el ángulo de salida de la luz blanca con respecto al de entrada con el espejo plano, el espejo cóncavo y el espejo convexo? (Use Ley de Snell)
2. ¿Como se comporta la luz de colores con el espejo cóncavo y el espejo convexo?

Lentes y Longitud focal*Parte I*

1. Sobre el riel coloque la fuente de luz y la pantalla separadas por una distancia de 100 cm.
2. Coloque sobre el riel la lente convexa de +200 mm a una distancia cercana a la pantalla y deslícela hasta enfocar la imagen que se ve en la pantalla. Registre la distancia objeto d_o y la distancia imagen d_i .
3. Ahora busque la segunda distancia focal acercando el lente al objeto, se debe formar una imagen clara en la pantalla. Registre esta nueva distancia objeto d_o y distancia imagen d_i .

Con base en la experiencia anterior, conteste:

1. Determine la distancia focal en la configuración 1 y en la configuración 2. ¿Se aproximan a la distancia focal establecida por el fabricante? Utilice la fórmula del fabricante de lentes:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \right)$$

2. Calcule factor de amplificación lateral utilizando la ecuación 4 para cada configuración.

Parte II

1. Sobre el riel coloque la fuente de luz y la lente cóncava de -150 mm a 30 cm de la fuente.
2. Coloque sobre riel la media pantalla entre la fuente y la lente cóncava, busque enfocar la imagen virtual. Registre la distancia objeto d_o y la distancia imagen d_i .

Con base en la experiencia anterior, conteste:

1. Determine la distancia focal. ¿Se aproximan a la distancia focal establecida por el fabricante? Utilice la fórmula del fabricante de lentes:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \right)$$

2. Calcule factor de amplificación lateral utilizando la ecuación 4 para cada configuración.

5.2. Modelo del Ojo Humano

Hipermetropía, Miopía y Astigmatismo

Con ayuda del modelo del ojo humano se pueden modelar los siguientes defectos visuales y sus correcciones.

Hipermetropía

1. Configure el modelo a visión normal cercana, es decir con el lente de 62 mm en ranura del SEPTUM, retire los demás lentes y asegúrese de que la retina está en la posición NORMAL. Coloque el modelo dirigido hacia la fuente de luz y ajuste la distancia al punto cercano tal que la imagen esté enfocada.
2. Mueva la pantalla de la retina hacia la ranura llamada FAR. La imagen formada es lo que ve una persona con Hipermetropía cuando mira un objeto cercano.
3. Posicione el modelo del ojo tal que vea un objeto distante. Observe que sucede con la imagen que se forma en la retina.

4. Retorne el modelo a su posición anterior. Para corregir la hipermetropía pondrá lentes en el modelo, deberá encontrar el lente que logra enfocar la imagen y colocarlo enfrente del ojo en la ranura 1.

Con base en la experiencia anterior, conteste:

1. ¿Las superficies de los lentes de corrección usados en el modelo son cóncavas o convexas? En los anteojos reales, cada lente tiene una superficie cóncava y una convexa, ¿cuál debe ser más curva para lograr la corrección de la visión?
2. Para corregir la hipermetropía, ¿es necesario acercar o alejar la imagen formada al sistema de lentes del ojo? ¿Esto requiere una lente convergente o divergente?

Miopía

1. Configure el modelo a visión normal como lo hizo en el paso 1 del experimento anterior.
2. Mueva la pantalla de retina a la ranura etiquetada NEAR. Observe lo que sucede con la imagen.
3. Para corregir la miopía deberá encontrar un lente que enfocar la imagen. El lente debe colocarse en la ranura 1 enfrente del ojo.
4. Remueve el lente. Ajuste la distancia entre el modelo y la fuente tal que la imagen este enfocada. Verifique si esta distancia es distinta de la distancia encontrada en el paso 1.

Con base en la experiencia anterior, conteste:

1. ¿Las superficies de los lentes de corrección usados en el modelo son cóncavas o convexas? En los anteojos reales, cada lente tiene una superficie cóncava y una convexa, ¿cuál debe ser más curva para lograr la corrección de la visión?
2. Para corregir miopía, ¿es necesario acercar o alejar la imagen formada por el ojo al sistema de lentes del ojo? ¿Esto requiere una lente convergente o divergente?

Astigmatismo

1. Configure el modelo a visión normal como lo hizo en el paso 1 del primer experimento.
2. Coloque el lente cilíndrico marcado -128 mm en la ranura A. El lado del mango de la lente que esta marcada debe estar hacia la fuente de luz. La imagen que se genera en la retina es la que forma un ojo con astigmatismo.
3. Con cuidado, rote la lente esférica. Observe el efecto en la imagen, esto demuestra que el astigmatismo puede tener distintas direcciones dependiendo de como este orientada la lente del el ojo.
4. Para corregir el astigmatismo con lentes, coloque el lente cilíndrico de +307 mm en la ranura 1, con el mango marcado hacia la fuente de luz. Rote el lente correctivo y observe que sucede con la imagen.

Con base en la experiencia anterior, conteste:

1. ¿Por qué la rotación del lente corrector para astigmatismo afecta la imagen, pero la rotación del lente corrector para hipermetropía no lo hace?
2. Mire atentamente el borde de la lente de -128 mm, a lo largo del eje marcado por los dos muescas. ¿Qué forma se observa? ¿Por qué esta lente se describe como cilíndrica?

6. Conclusiones

Con base a los objetivos y los resultados obtenidos, redacte al menos tres conclusiones.

- Conclusión 1

- Conclusión 2

- Conclusión 3

7. Bibliografía

Recursos bibliográficos recomendados.

Wilson, Buffa, Lou, Giancoli. *Física Para Ciencias de la Salud* (6ta. ed.). Pearson.