

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Física

Segundo semestre de 2022

Profesor Ernesto Montero Zeledón

## Práctica # 3.2.

### Simulaciones con lentes divergentes y convergentes<sup>1</sup>

La Práctica #3 está dividida en dos partes, en la primera se realizan experimentos de laboratorio para comprobar los efectos de la formación de imágenes utilizando lentes delgadas divergentes y convergentes, mientras que en la segunda se utilizan simulaciones computacionales para aplicar los conceptos de la formación de imágenes en estas lentes.

lentes.

#### Objetivo general:

Realizar ensayos por simulación computacional y experimentos sencillos para comprender los principios de la formación de imágenes en lentes delgadas divergentes y convergentes.

#### Objetivos específicos:

1. Simular los tipos de imágenes que se pueden producir con lentes delgadas.
2. Realizar ensayos por simulación computacional que permitan comprobar las ecuaciones de formación de las imágenes por lentes delgadas.

#### Introducción

Es probable que piezas de vidrio, con propiedades semejantes a las lentes de aumento, se hubieran producido accidentalmente en la fabricación de objetos de vidrio desde la época de los antiguos Romanos. Pero, hasta donde sabemos, esto no condujo a ninguna aplicación óptica importante más allá de la transmisión de luz al interior de los edificios, por medio de ventanas coloreadas o transparentes. Hubo que esperar hasta el siglo XIII, para que unos monjes de claustro europeos aprovecharan su conocimiento de óptica, posiblemente aprendido de la cultura árabe, para que se construyeran las primeras gafas de lectura. Esta situación resulta curiosa porque cuando se manipulan objetos de vidrio soplado y se mira a través de ellos, es frecuente observar este tipo de efectos (cambio de forma, aumento o disminución del tamaño aparente). No obstante, la historia nos enseña que solo somos capaces de descubrir un fenómeno o aprovecharlo hasta que estamos preparados intelectualmente para ello.

Por otra parte, parece que el conocimiento y la curiosidad son útiles para apreciar y estudiar los fenómenos, mientras que el desarrollo de aplicaciones responde más a la búsqueda de una solución para una necesidad previamente establecida. Esta conclusión empírica también surge del estudio de las circunstancias en las que se realizan los descubrimientos técnicos y científicos, y se presenta

---

<sup>1</sup> Guía elaborada por el profesor Ernesto Montero Zeledón

con frecuencia en la historia de la ciencia y la tecnología. Además, indirectamente señala la importancia del conocimiento previo, para ser capaces de realizar nuevos descubrimientos, pero también, la importancia de reconocer las necesidades de distintos ámbitos de trabajo, para ser capaces de generar soluciones.

Los instrumentos que utilizan sistemas de varias lentes acopladas como los microscopios, los telescopios, los binóculos o las cámaras fotográficas, muestran el amplio y profundo nivel de comprensión que se ha alcanzado de los principios ópticos (Figura 1). Sin embargo, estos principios no son del dominio de la mayoría de los ingenieros, por lo que solo reducidos grupos de especialistas están capacitados para abordar el análisis de estos tipos de sistemas y son capaces de generar mejores soluciones o, incluso, desarrollar nuevos instrumentos ópticos y sistemas de medición.

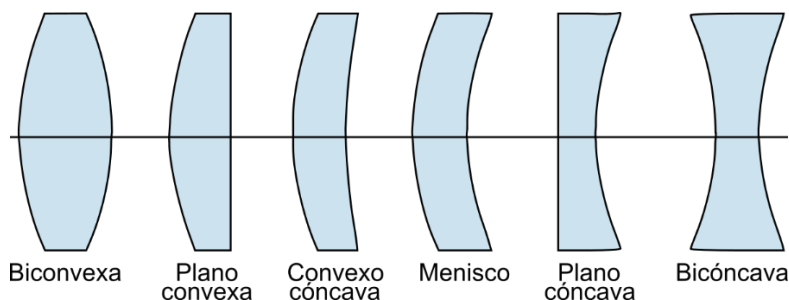


**Figura 1.** (a) Ocular peri-planático de microscopio [1] (b) Esquema de una lente de cámara fotográfica [2].

Como se mencionó en la guía de la Práctica #3.1, existe una ecuación, llamada la ecuación del fabricante de lentes, que permite relacionar la distancia focal de la lente ( $f$ ) con los dos radios de curvatura de las caras de la lente ( $R_1$  y  $R_2$ ). Asimismo, esta ecuación considera los índices de refracción de la lente ( $n_{lente}$ ) y del medio que rodea la lente ( $n_{medio}$ ):

$$\frac{1}{f} = \frac{n_{lente} - n_{medio}}{n_{medio}} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (\text{Ec. 3.2-1})$$

Si el medio que rodea la lente es el aire, el índice de refracción del medio se puede aproximar a la unidad ( $n_{medio} = 1$ ). De modo que si se determinan experimentalmente los radios  $R_1$  y  $R_2$  de una lente junto con la distancia focal de la lente (en el aire), podría despejarse el índice de refracción de la lente. El problema, sin embargo, se traslada a la determinación precisa de los radios de curvatura y de la distancia focal. Otro aspecto que se debe tener presente es que esta ecuación requiere el uso de una convención de signos para los radios de curvatura de la lente, la posición del objeto y la imagen, y la distancia focal. Según la convención predominante, las lentes con distancia focal negativa, se denominan lentes divergentes, mientras que las lentes con distancia focal positiva se llaman convergentes. Estos signos tienen gran importancia cuando se utilizan las ecuaciones para las lentes delgadas. En la Figura 2, se pueden observar tres lentes convergentes (a la izquierda) y tres lentes divergentes (a la derecha) y sus nombres habituales. La nomenclatura de los tipos de lentes no es estándar, varía de un país a otro, de una universidad a otra y de un texto de física a otro.



**Figura 2.** Tipos de lentes convergentes y divergentes [3].

Por otra parte, recuerde también que la distancia focal de las lentes delgadas ( $f$ ) se relaciona con la distancia al objeto ( $s_o$ ) y la distancia a la imagen ( $s_i$ ), mediante la ecuación:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_i} + \frac{1}{s_o} \quad (\text{Ec. 3.2-2})$$

### Trabajo de los estudiantes

En la introducción de su informe de la Práctica #3, sobre lentes divergentes y convergentes, debe revisar los siguientes temas. Recuerde que la introducción se debe escribir en prosa y en tercera persona del singular:

1. Explique qué es una lente convergente y una lente divergente.
2. Brinde una definición de imagen producida por lentes divergentes y convergentes.
3. Proponga una analogía entre las lentes (convergentes y divergentes) y los espejos esféricos (cóncavos y convexos). Puede basarse en lo dicen los textos de física general.
4. Explique cuáles son los rayos principales que se trazan a partir de la lente convergente y divergente para determinar la posición y el tipo de imagen que se forma.
5. Explique cómo se define la distancia focal de las lentes convergentes y divergentes.
6. Incluya la ecuación que relaciona la posición de un objeto, la posición de la imagen y la distancia focal de la lente.
7. Incluya la convención de signos de las alturas, las posiciones y el foco para que la ecuación se cumpla para lentes convergentes y divergentes.
8. Explique cómo se calcula la magnificación de una imagen.
9. Explique el funcionamiento de una lente de aumento.
10. Comente por qué las lentes subacuáticas de algunas cámaras fotográficas no funcionan bien cuando están fuera del agua.

### Equipo requerido

Para realizar esta práctica se requiere una computadora con conexión a Internet. Además, se puede utilizar la plataforma de simulación “Física en la escuela - HTML5” de Vladimir Vascak o la plataforma de simulación oPhysics, programada en Geogebra por Tom Walsh. Para ello puede utilizar los vínculos que se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Direcciones electrónicas de las simulaciones empleadas en esta práctica.

Tema	Vínculos electrónicos
Lentes convergentes	<a href="https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_spojka&amp;l=es">https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_spojka&amp;l=es</a> <a href="https://ophysics.com/l12.html">https://ophysics.com/l12.html</a>
Lentes divergentes	<a href="https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_rozptylka&amp;l=es">https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_rozptylka&amp;l=es</a> <a href="https://ophysics.com/l12.html">https://ophysics.com/l12.html</a>

## Procedimiento

### *Lentes convergentes*

1. Elija la aplicación para lentes convergentes que prefiera y realice ensayos simples para conocer cómo funciona.
2. Para realizar esta práctica se utilizarán distancias focales de 4,0 cm y 5,0 cm.
3. Para cada distancia focal fija, coloque el objeto ( $s_o$ ) en cinco posiciones distintas (1,0 cm, 3,0 cm, 5,0 cm, 7,0 cm y 9,0 cm) y registre las respectivas posiciones de la imagen ( $s_i$ ) en una tabla. Puede capturar una imagen del proceso de medición para presentarla en el informe.
4. Adicionalmente, registre en su tabla de datos el tamaño del objeto y de la imagen, para las distintas posiciones del objeto.

### *Lentes divergentes*

1. Elija la aplicación para lentes divergentes que prefiera y realice ensayos simples para conocer cómo funciona.
2. Para realizar esta práctica se utilizarán distancias focales de  $-2,0$  cm y  $-4,0$  cm.
3. Para cada distancia focal fija, coloque el objeto ( $s_o$ ) en cinco posiciones distintas (1,0 cm, 3,0 cm, 5,0 cm, 7,0 cm y 9,0 cm) y registre las respectivas posiciones de la imagen ( $s_i$ ) en una tabla. Puede capturar una imagen del proceso de medición para presentarla en el informe.
4. Adicionalmente, registre en su tabla de datos el tamaño del objeto y de la imagen, para las distintas posiciones del objeto.

## Análisis de resultados

### *Análisis para lentes convergentes y divergentes*

1. En una sola gráfica de  $s_i$  contra  $s_o$ , represente los conjuntos de puntos para cada distancia focal y compruebe que la relación no es lineal. Realice una gráfica para la lente convergente (biconvexa) y otra para la lente divergente (biconcava).
2. A partir de la ecuación presentada en la introducción, considerando que el medio circundante a la lente es aire, proponga un cambio de variable que permita linealizar la relación entre las posiciones del objeto y las respectivas posiciones de la imagen. Suponga que sus variables experimentales son únicamente  $s_o$  y  $s_i$ .
3. Para cada distancia focal, represente en una sola gráfica los conjuntos de puntos con el cambio de variable propuesto y compruebe que la relación es lineal. Realice una gráfica para la lente convergente y otra para la lente divergente.
4. Para realizar el análisis, debe suponer que la distancia focal de la lente es constante y, por tanto, debe despejarla utilizando las constantes de la regresión lineal.

5. No es obligatorio calcular la incertidumbre, pues no es el enfoque de este laboratorio, pero se puede intentar mediante el método que le facilitará su profesor.
6. Finalmente, debe comparar la distancia focal obtenida de la regresión lineal con la distancia focal que usted conoce, mediante un porcentaje de error.
7. Comente para cuál distancia focal la ecuación teórica utilizada representa mejor los resultados experimentales y explique por qué.

#### *Comparación y recomendaciones sobre de la experiencia remota y presencial de la Práctica #3*

1. Para finalizar su informe, realice una comparación de la experiencia del equipo de estudiantes al realizar la práctica de simulación computacional y el experimento de laboratorio (Prácticas #3.1 y #3.2). Enfoque su análisis desde el punto de vista de su aprendizaje y de la manera que puede favorecer el aprendizaje de los conceptos. Indique si aprecia formas en que se pueda mejorar el experimento. No es obligatorio elegir una metodología sobre la otra.

#### Referencias

- [1] Cerantola, Sara. "La ley física de Ibn Sahl: estudio y traducción parcial de su Kitāb al-harraqāt." *Anaquel de estudios árabes* 15 (2004): 57-95.
- [2] López, Alfonso. "Un invento revolucionario en la edad media: las gafas". *Historia, National Geographic*. (2017, actualizado en 2020). Recuperado el 3 de octubre de 2020: [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/invento-revolucionario-edad-media-gafas\\_11545](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/invento-revolucionario-edad-media-gafas_11545)
- [3] Barbón, J. J., A. Sampedro, and M. L. Álvarez Suárez. "Primeras gafas en la pintura y miniatura del S. XIV." *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* 82.11 (2007): 723-725.
- [4] Ford, Brian J. "El nacimiento del microscopio." *Contactos* 45 (2002): 29-38. Recuperado el 4 de octubre de 2020: <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n45ne/microsco.pdf>
- [5] Noguera-Palau, J. J. "A Benjamin Franklin, padre de las lentes bifocales, en el tricentésimo aniversario de su nacimiento." *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* 81.12 (2006): 727-728.
- [6] Young, H.; Freedman, R. & Ford, A. "Física universitaria de Sears y Zemansky". Vol. 2. Decimotercera Edición, Editorial Pearson, 2014.