

Formación de Imágenes por Espejos y Formación de Imágenes por Lentes Esféricas

Laboratorio de Física General 3174 Sec. 066

Instructor:

Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez

27 de abril de 2020

Resumen

En este experimento se determinó la ecuación matemática que relaciona la longitud focal de un espejo esférico con la distancia del objeto al espejo y la distancia de la imagen. Se determinó la ecuación matemática que la relaciona la magnificación lateral de un espejo con la distancia del objeto al espejo y la distancia de la imagen del espejo. Se documentó las características y la localización de las imágenes reales formadas por un lente convergente. Además, se determinó la ecuación matemática que relaciona la longitud focal de un lente convergente con la distancia del objeto al lente y la distancia de la imagen al lente. Se consiguió la ecuación matemática que relaciona la magnificación lateral de un lente con la distancia del objeto al lente y la distancia de la imagen al lente.

I. Introducción

Obedeciendo las **leyes de reflexión**, las superficies esféricas son capaces de desviar los rayos de luz de forma tal que estos convergen o divergen formando así lo que se conoce como imágenes reales y virtuales de objetos. La localización de estas imágenes dependen de la localización del objeto y de la longitud focal del lente o espejo. La **longitud focal** en el caso de los espejos cóncavos y convexos está dada por la fórmula: $f = \frac{R}{2}$. Donde R es el radio de curvatura de la superficie del espejo. La letra “C” representa la localización del centro de curvatura del espejo esférico y “F” la localización del foco.

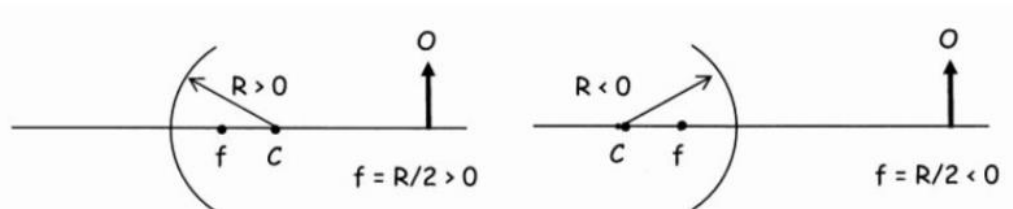
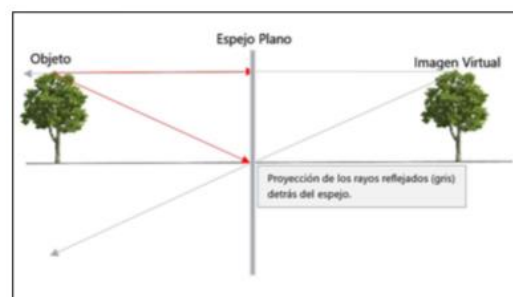
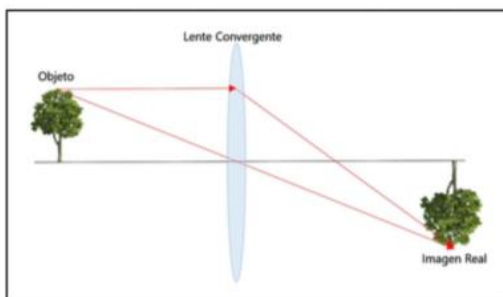
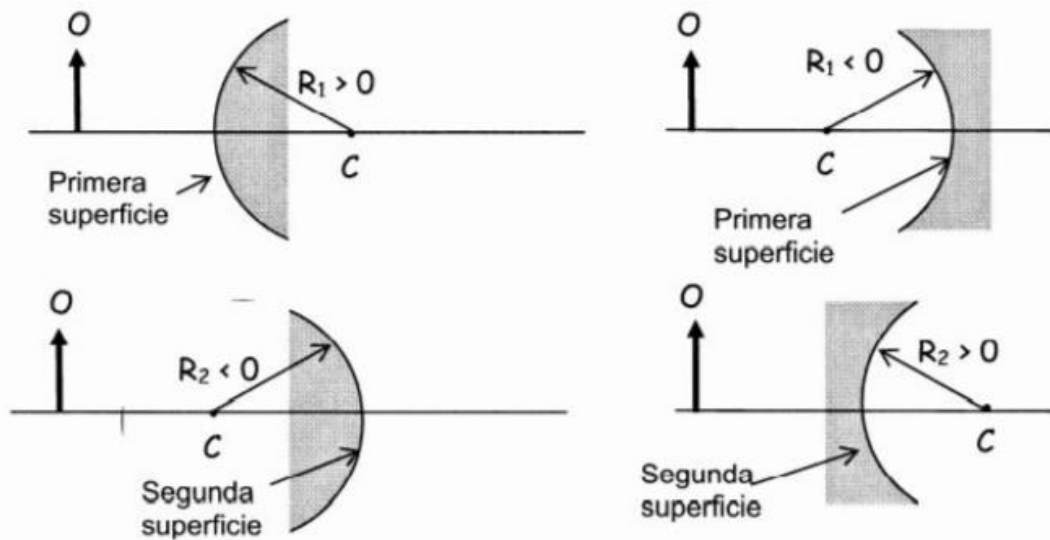


Figura 1

Obedeciendo las **leyes de refracción**, las superficies esféricas transparentes son capaces de desviar los rayos de luz que inciden en estas de forma tal que estos convergen o divergen después de atravesarlas, formando así lo que se conoce como imágenes reales y virtuales de objetos. La localización de estas imágenes va a depender de la localización del objeto y la longitud focal del lente. La longitud focal f de lentes con superficies esféricas delgadas es dada por la expresión se conoce del fabricante de lentes: $\frac{1}{f} = (n - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$, donde f es la longitud focal de la lente, n es índice de refracción del que está hecha la lente y R_1 y R_2 son los radios de curvatura de la superficie que se vaya a atravesar.



II. Datos

I. Visualización de rayos de luz reflejados por un espejo: plano cóncavo y convexo.

1. ¿Cuál es el efecto que tiene el espejo plano sobre los rayos paralelos que inciden sobre este?

- El espejo plano causó que los rayos paralelos se reflejarán en el, cambiando de dirección pero permaneciendo paralelos.
2. ¿Cuál es el efecto que tiene el espejo cóncavo sobre los rayos paralelos que inciden sobre este?
 - El espejo cóncavo causó que los rayos paralelos se reflejaran de manera que estos convergieron en un punto (el foco).
 3. ¿Cuál es el efecto que tiene el espejo convexo sobre los rayos paralelos que inciden sobre este?
 - El espejo convexo causó que los rayos paralelos se reflejarán de forma divergente.

II. Visualización de rayos de luz refractados por un lente: convergente y divergente

4. ¿Qué efecto tiene el lente convergente sobre los rayos paralelos que lo atraviesan?
 - El lente convergente, causó que los rayos paralelos fueran convergentes luego de atravesar el lente.
5. ¿Qué efecto la lente divergente sobre los rayos paralelos que lo atraviesan?
 - Este lente causó que los rayos paralelos fueran divergentes al atravesar el lente.

III. Formación de Imágenes Reales con un Espejo Cóncavo

Tabla 1

d_o (cm)	d_i (cm)	h_i (cm)
100	42.86	-10.71
95	43.85	-11.54
90	45.00	-12.50
85	46.36	-13.64
80	48.00	-15.00
75	50.00	-16.67
70	52.50	-18.75
65	55.71	-21.43
60	60.00	-25.00
55	66.00	-30.00
50	75.00	-37.50
45	90.00	-50.00
40	120.00	-75.00
35	210.00	-150.00

5. Describa la curva que observa en la gráfica.

- Se puede observar una gráfica exponencial que está decreciendo.

6. Se completó la siguiente tabla de datos utilizando los datos de la Tabla 1. Se buscó la relación matemática entre el recíproco de la distancia de la imagen al espejo ($1/d_i$) y el recíproco de la distancia del objeto al espejo ($1/d_o$).

Tabla 2

$1/d_o$ (cm^{-1})	$1/d_i$ (cm^{-1})
0.0100	0.02335
0.0105	0.02280
0.0111	0.02222
0.01176	0.02157
0.01250	0.02083
0.01330	0.02000
0.01428	0.01904
0.01538	0.01795
0.01666	0.01666
0.01818	0.01515
0.02000	0.01333
0.02222	0.01111
0.02500	0.00833
0.02857	0.00476

Gráfica 1

Distancia horizontal desde el espejo hasta el objeto

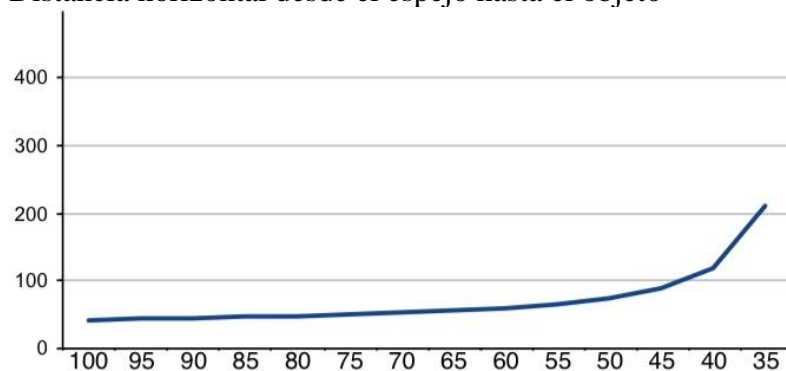
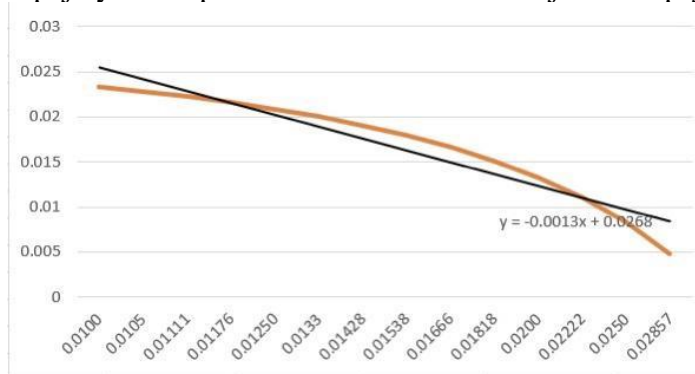


Tabla 2

$1/d_o \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	$1/d_i \text{ (cm}^{-1}\text{)}$
0.0100	0.02335
0.0105	0.02280
0.01111	0.02222
0.01176	0.02157
0.01250	0.02083
0.01330	0.02000
0.01428	0.01904
0.01538	0.01795
0.01666	0.01666
0.01818	0.01515
0.02000	0.01333
0.02222	0.01111
0.02500	0.00833
0.02857	0.00476

Gráfica 2

El recíproco de la distancia de la imagen al espejo y el recíproco de la distancia del objeto al espejo



9. ¿Qué tipo de relación matemática hay entre estas variables?

- La relación matemática de estas ecuaciones es que para cada valor negativo de $x(-1/d_o)$ sumado a 0.0268, será el resultado de $(1/d_i)$.

10. Se hizo un ajuste a los datos y se determinó la pendiente (m) y el intercepto en "y"(b):

$m = -0.0013$

$b = 0.0268$

11. Escriba la ecuación matemática producida por el ajuste:

- $\frac{1}{d_i} = -0.0013x + 0.0268$

12. Esta ecuación es llamada la ecuación de los espejos. Queda un solo detalle por investigar. Esta ecuación relaciona $1/d_i$ y $1/d_o$, pero ¿Cuál es el significado del intercepto “b”?

- El significado del intercepto “b” es el punto donde $x=0$. Siendo $x=1/d_o$, para que $x=0$ d_o tiene que ser un número infinitamente grande.

13. Se calculó el recíproco del intercepto en “y” ($1/b$) y se comparó la longitud focal del espejo (f) que se escogió en el paso 1. ¿Cómo comparan ambos valores?

- El recíproco del intercepto en “y” ($1/b$) $= 1/0.0268 = 37.313$ y el valor de la longitud focal del espejo (f) en el paso 1 es 30. Ambos valores son similares.

14. Entonces se pudo concluir que el recíproco del intercepto es igual a:

Aproximadamente 35.

15. Se calculó la magnitud (valor absoluto) de la magnificación lateral de la imagen y se completó la Tabla 3 usando la información de la Tabla 1.

Tabla 3

h_i (cm)	h_o (cm)	$ M $	d_i / d_o
-10.71	25	-0.4284	0.4285
-11.54		-0.4616	0.4615
-12.50		-0.5000	0.5000
-13.64		-0.5456	0.5454
-15.00		-0.6000	0.6000
-16.67		-0.6668	0.6666
-18.75		-0.7500	0.7500
-21.43		-0.8572	0.8570
-25.00		-1.0000	1.0000
-30.00		-1.2000	1.2000
-37.50		-1.5000	1.5000
-50.00		-2.0000	2.0000
-75.00		-3.0000	3.0000
-150.00		-6.0000	6.0000

16. Se examinó cuidadosamente las columnas $|M|$ y d_i/d_o y se trató de ver si existe alguna relación entre los números anotados en esas columnas. ¿Qué encontró?

- Se encontró que al calcular la magnitud (valor absoluto) de la magnificación lateral de la imagen da exactamente el mismo valor que la división de las distancias de la imagen y el objeto.

IV. Formación de Imágenes Reales con un Lente Convergente

Tabla 4

d_o (cm)	d_i (cm)	h_i (cm)
110	62.86	-11.43
105	64.62	-12.31
100	66.67	-13.37
95	69.09	-14.55
90	72.00	-16.00
85	75.56	-17.78
80	80.00	-20.00
75	85.71	-22.86
70	93.33	-26.67
65	104.00	-32.00
60	120.00	-40.00
55	146.67	-53.33
50	200.00	-80.00
45	360.00	-160.00

Gráfica 3

Distancia horizontal desde el lente hasta el objeto

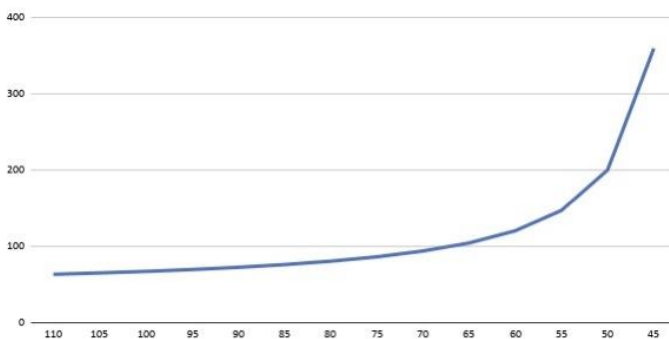


Tabla 5

$1/d_o$ (cm ⁻¹)	$1/d_i$ (cm ⁻¹)
0.00909	0.0159
0.009523	0.01547
0.0100	0.01498
0.0105	0.01447
0.01111	0.01388
0.01176	0.01323
0.01250	0.0125
0.0133	0.0117
0.01428	0.01071
0.01538	0.009615
0.01666	0.008333
0.01818	0.006818
0.02000	0.00500
0.02222	0.002777

8. ¿Qué tipo de relación matemática hay entre estas variables?

- Entre ambas variables hay una relación lineal negativa fuerte.

9. Aplique un ajuste a los datos y determine la pendiente y el intercepto

- La pendiente tendrá un valor de -0.001 y el intercepto tendrá un valor de 0.017cm⁻¹.

10. La ecuación matemática descrita por el ajuste:

- $1/d_i = -0.001x + 0.0177\text{cm}^{-1}$

11. Recíproco del intercepto en “y” (1/b) comparado con la longitud focal espejo (f) que se escogió en el paso 1. ¿Cómo se comparan ambos valores?

- El valor de la longitud focal del espejo (f) escogido en el paso 1 era 30 cm y el valor del recíproco del intercepto en “y” es de 40 cm, lo que significa que el radio de curvatura de la superficie del espejo (f) es menor al radio de curvatura del lente utilizado en este paso. Esto lo podemos notar si utilizamos la fórmula para longitud focal del espejo y la ecuación del fabricante de lentes.

Gráfica 4

El recíproco de la distancia de la imagen al lente y el recíproco de la distancia del objeto al espejo

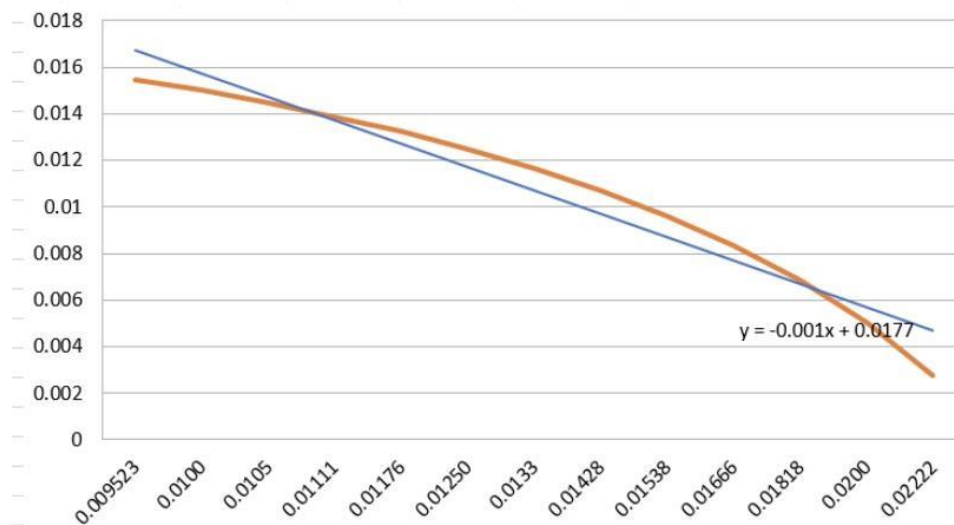


Tabla 6

h_i (cm)	h_o (cm)	$ M $	d_i / d_o
-11.43	20	-0.5515	0.5714
-12.31		-0.6155	0.6154
-13.37		-0.6685	0.6667
-14.55		-0.7275	0.7272
-16.00		-0.8000	0.8000
-17.78		-0.8890	0.8889
-20.00		-1.0000	1.0000
-22.86		-1.1430	1.1428
-26.67		-1.3335	1.3332
-32.00		-1.6000	1.6000
-40.00		-2.0000	2.0000
-53.33		-2.6465	2.6467
-80.00		-4.0000	4.0000
-160.00		-8.0000	8.0000

14. Examine cuidadosamente las columnas $|M|$ y d_i/d_o y trate de ver si existe alguna relación entre los números anotados en estas columnas. ¿Qué encontró?

- Los valores en las columnas M y d_i/d_o son iguales/ similares.

III. Análisis de Resultados

Para realizar este experimento utilizamos simulaciones de lentes y espejos. En la primera parte del experimento observamos el comportamiento de rayos de luz paralelos al interactuar con distintos lentes y espejos. Vimos cómo se comportan estos rayos al interactuar con lentes convergentes y divergentes. Luego, observamos cómo se comportan al interactuar con espejos plano, cóncavo y convexo. Para poder entender mejor el comportamiento de estos rayos de luz estudiamos la Ley de Reflexión y la Ley de Refracción (Ley de Snell). En la segunda parte del experimento se estudiamos imágenes reales formadas por un espejo cóncavo. Para este fin, se utilizamos la simulación de espejos. Después de realizar esta parte del experimento completamos una tabla (**Tabla 1**) y construimos un gráfica (**Gráfica 1**) donde vemos cómo cambia la distancia de la imagen al espejo (d_i) al cambiar la distancia horizontal desde el espejo hasta el objeto (d_o), y cómo cambia el tamaño de la imagen (h_i). Al construir la gráfica observamos una función exponencial decreciente. Luego construimos otra gráfica (**Gráfica 2**) con el recíproco de la distancia de la imagen al espejo ($1/d_i$) y el recíproco de la distancia del objeto al espejo ($1/d_o$). A esta gráfica le hicimos un ajuste lineal y la ecuación fue $y = -0.0013x + 0.0268$, lo cual nos lleva a concluir que para cada valor negativo de $x(-1/d_o)$ sumado a 0.0268, será el resultado de $(1/d_i)$. Calculamos la magnitud (valor absoluto) de la magnificación lateral de la imagen e hicimos otra tabla (**Tabla 3**) utilizando datos de la Tabla 1. Luego de examinar cuidadosamente las columnas $|M|$ y d_i/d_o de la Tabla 3, encontramos que al calcular la magnitud (valor absoluto) de la magnificación lateral de la imagen da exactamente el mismo valor que la división de las distancias de la imagen y el objeto. En la tercera parte del experimento estudiamos las imágenes reales formadas por un lente convergente. Para este fin, se usamos la simulación de lentes. Luego de realizar esta parte del experimento, completamos una tabla (**Tabla 4**) y construimos un gráfica (**Gráfica 3**) donde podemos ver cómo cambia la distancia de la imagen al lente (d_i) al cambiar la distancia horizontal (d_o), y cómo cambia el tamaño de la imagen (h_i). Luego construimos otra gráfica (**Gráfica 4**) con el recíproco de la distancia de la imagen al lente ($1/d_i$) y el recíproco de la distancia del objeto al lente ($1/d_o$). La ecuación matemática establecida por el ajuste lineal de esta fue $y = -0.001x + 0.0177\text{cm}^{-1}$. Al analizar los datos pudimos observar que entre ambas variables hay una relación lineal negativa. Por último, completamos hicimos otra tabla (**Tabla 6**) con datos de la Tabla 4 y calculamos la magnitud (valor absoluto) de la magnificación lateral de la imagen. Al examinar cuidadosamente las columnas $|M|$ y d_i/d_o de la Tabla 6 encontramos que los valores en las columnas M y d_i/d_o son iguales o muy similares.

IV. Conclusión

Durante este experimento aprendimos las leyes de reflexión de la luz, que nos dicen que el rayo incidente, el reflejado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano y que el ángulo del rayo incidente y el de reflexión son iguales. Estas leyes nos ayudan explicar cómo se refleja la luz al incidir sobre cualquier superficie. También aprendimos la ley

de refracción o Ley de Snell, que nos ayuda explicar la refracción o desviación de la luz en superficies transparentes como los lentes. Al finalizar el experimento, concluimos que lo realizamos exitosamente y nuestros resultados fueron ampliamente aceptables.

Referencias

López J. R., Marrero, P. J., Roura, E. A., Manual de
Experimentos de Física II, Integrated Book
Technology, Inc., 2008

Alexander, Charles; Sadiku, Matthew.
Fundamentals of Electric Circuits (3 ed.).
McGraw-Hill. p. 206