

Práctica VI : Caracterización de Parámetros Ópticos en Sistemas Compuestos y Lentes Gruesas.

Alumno: Flores Rodriguez Jaziel David

Boleta: 2014030429

Profesor: Dr. Janos Zsargo

Grupo: 4FV2-B

December 2, 2019

Resumen

El objetivo principal de este reporte es el de dar a conocer los resultados obtenidos al estudiar el empleo de una lente gruesa así como el de mostrar que en sistemas compuestos las ecuaciones de Gauss y de Newton para las lentes delgadas siguen siendo válidas en lentes gruesas y sistemas compuestos.

Palabras clave: *lentes gruesas, sistemas ópticos compuestos (SOC), ecuación de Gauss, ecuación de Newton*

1 Introducción

Una lente es un sistema refringente que consiste en dos o más superficies de separación, de las cuales una por lo menos es curva, una lente gruesa es aquella en donde el espesor de los elementos desempeña un papel importante, y como tal no se debe despreciar.

Imaginemos que se coloca una fuente puntual S sobre el eje de una lente gruesa de tal manera que los rayos emergentes son paralelos, como se muestra en la figura 1.

Evidentemente la distancia desde S al vértice V_1 corresponde a lo que se ha llamado la distancia focal anterior (d.f.a).

Análogamente, un haz de rayos paralelos incidente convergirá en un punto a una distancia más allá de V_2 igual a la distancia focal poste-

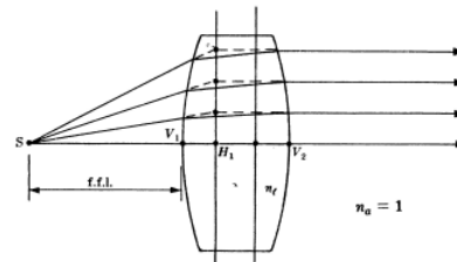


Figura 1: Rayos emergentes en una lente gruesa.

rior (d.f.p), como se muestra en la figura 2. Si los

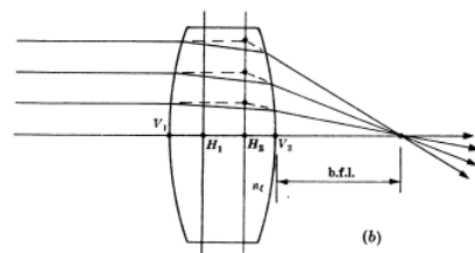


Figura 2: Rayos incidentes en una lente gruesa.

rayos entrantes y salientes se prolongan (como se muestra en las líneas punteadas) cada par se cortara sobre una superficie. En la aproximación paraxial estas superficies se reducen a planos que se conocen como los planos principales primero y segundo; sus puntos de interacción con el eje central H_1 y H_2 , son los puntos principales primero y segundo, respectivamente. Como método práctico, para las lentes de vidrio en aire la dis-

tancia $\overline{H_1 H_2}$ es aproximadamente igual a una tercera parte del espesor ($d = \overline{V_1 V_2}$) de la lente. Obsérvese que los planos principales no necesariamente están en el interior de la lente.

El caso más simple y más común es el de la lente de índice n_ℓ sumergida en aire,

$$n_a \approx 1.$$

La ecuación de las lentes de Gauss

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} \quad (1)$$

se aplica nuevamente siempre a las distancias a objeto e imagen se midan a partir de H_1 y H_2 respectivamente. La distancia focal que también se mide desde los planos principales esta dada por

$$\frac{1}{f} = (n_\ell - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n_\ell - 1)d}{n_\ell R_1 R_2} \right] \quad (2)$$

la cual, desde luego, se reduce a la expresión de las lentes delgadas cuando el espesor se hace despreciable ($d \rightarrow 0$). Los planos principales, a su vez pueden localizarse con respecto a los vértices usando las ecuaciones

$$\overline{V_1 H_1} \equiv h_1 = -\frac{f(n_\ell - 1)d}{R_2 n_\ell} \quad (3)$$

$$\overline{V_2 H_2} \equiv h_2 = -\frac{f(n_\ell - 1)d}{R_1 n_\ell} \quad (4)$$

Tanto h_1 y h_2 serán positivos cuando los planos principales están a la derecha de sus respectivos vértices, V_1 y V_2 . Las relaciones entre las varias distancias se ilustran en la figura 3. Obsérvese que un rayo proveniente de cualquier punto en el plano principal dejará la lente como si fuera originado en un punto situado a la misma altura sobre o debajo del eje, en el segundo plano principal.

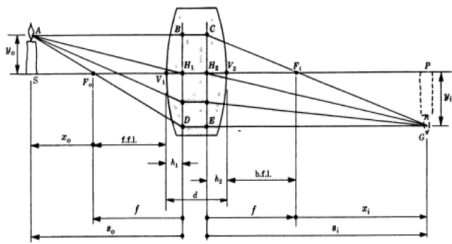


Figura 3: Relaciones entre las varias distancias en una lente gruesa.

1.1 Demostración de la ecuación de Newton en lentes gruesas

Utilizando las distancias tal y como se definen en la figura 3, se tiene

$$s_o = x_o + f \quad (5)$$

y

$$s_i = x_i + f \quad (6)$$

En consecuencia la ecuación de Gauss se puede replantear en la forma que sigue

$$f = \frac{s_o s_i}{s_o + s_i} \quad (7)$$

sustituyendo las ecuaciones 5 y 6 en la ecuación 7 se tiene que

$$f = \frac{(x_o + f)(x_i + f)}{(x_i + f) + (x_o + f)} \quad (8)$$

o bien

$$f = \frac{x_o x_i + x_o f + x_i f + f^2}{x_i + x_o + 2f} \quad (9)$$

de donde se sigue que

$$x_i f + x_o f + 2f^2 = x_o x_i + x_o f + x_i f + f^2 \quad (10)$$

cancelando términos iguales se obtiene finalmente que

$$f^2 = x_o x_i \quad (11)$$

la ecuación 11 es la ecuación de los lentes en forma newtoniana, se ha probado que en lentes gruesas esta ecuación sigue siendo igualmente válida.

2 Experimentos

Se realizaron dos experimentos los cuales fueron el *método del doble desplazamiento* y el *método del deslizador nodal*.

2.1 Método del doble desplazamiento

Parte de este experimento utiliza el método de autocolimación, por lo que como se indica en la figura 4.

- i) Primero se localiza, con la ayuda de un espejo, el punto focal primario F , al quedar definida al lado de la rendija una imagen nítida de la misma. Con la ayuda del riel óptico y su escala se anotaron las posiciones de la rendija, el espejo y el *SOC*, tomando en cuenta en este último sus dimensiones y bordes.
- ii) Luego se sustituye el espejo por una pantalla y desplaza hacia la derecha el *SOC* hasta que se formó en pantalla una imagen nítida de la rendija. A la distancia así desplazada la denotamos como x_o . (ver figura 5)

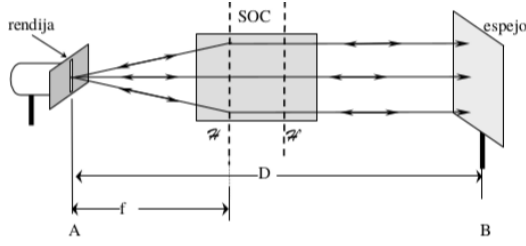


Figura 4: Método del doble desplazamiento (con espejo).

- i) Luego se puso la lampara y la rendija en la posición *B* y el espejo en la posición *A*, se repitió el punto i)
- iv) Sustituimos la pantalla en punto *A* y repetimos ii) para obtener x_i .

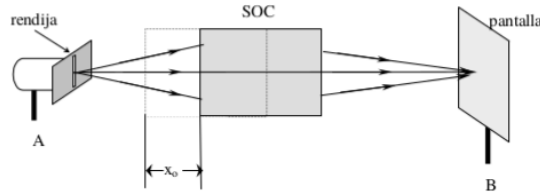


Figura 5: Método del doble desplazamiento (con pantalla).

Los datos obtenidos en este experimento se registraron en la tabla 1.

2.2 Método del deslizador nodal

Se monto el experimento como se indica en la figura 6, y con la ayuda de un láser y una pantalla se localizo el mejor punto de enfoque del SOC sobre la pantalla. Aplicamos giros pequeños al SOC (indicado como la flecha curva en la figura). Si la imagen sobre la pantalla se mueve lateralmente, entonces se desplaza el SOC sobre su montura y repetimos los giros hasta que la imagen sobre la pantalla ya no se movía, entonces el centro de giro es uno de los puntos principales, en este caso *H*. Invertimos la cara de incidencia del SOC al láser para repetir procedimiento y encontrar *H'*. Los datos obtenidos se

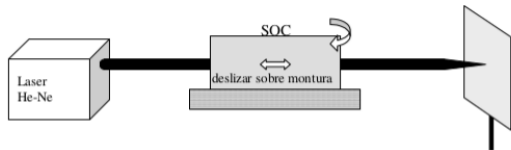


Figura 6: Método del deslizador nodal.

registraron en a tabla 2

3 Datos obtenidos

Para el método del doble desplazamiento se obtuvieron los siguientes datos

N	$f' (cm)$	$s'_o (cm)$	$s'_i (cm)$	$f'' (cm)$
1	28.5	61.6	61.7	32.5
2	29.2	54.3	48.9	32.9
3	28.5	57.0	76.6	32.5
4	28.7	61.6	67.2	32.1

Tabla 1: Datos obtenidos en el método del doble desplazamiento

En la tabla anterior se tiene que

$$f' = f + d_1 \quad (12a)$$

$$s'_o = s_o + d_1 \quad (12b)$$

$$s'_i = s_i + d_2 \quad (12c)$$

$$f'' = f + d_2 \quad (12d)$$

Note que de las ecuaciones 5 y 6 se obtienen

$$x_o = s_o - f \quad (13a)$$

$$x_i = s_i - f \quad (13b)$$

de 12a y de 12b tenemos que

$$s'_o - f' = x_o \quad (14)$$

además de 12c y de 12d tenemos que

$$s'_i - f'' = x_i \quad (15)$$

De estas ecuaciones se obtiene la siguiente tabla

N	$x_o (cm)$	$x_i (cm)$	$f^2 (cm^2)$	$f (cm)$
1	33.1	29.2	966.52	31.08
2	25.1	16.0	401.6	20.03
3	28.5	44.1	1256.85	35.45
4	32.9	35.1	1154.79	33.98

Tabla 2: Datos obtenidos en el método del doble desplazamiento después de usar las ecuaciones 12a a 12d.

4 Resultados obtenidos

De la tabla 2 se obtuvo que $\bar{f} = 30.14cm$

N	s_o (cm)	s_i (cm)	x_o (cm)	x_i (cm)
1				
2				
3				
4				

Tabla 3: Datos obtenidos en el experimento del método del deslizador nodal

5 Conclusiones

En esta práctica observamos que por cualquiera de los dos métodos que utilizamos la distancia focal es la misma por lo que podemos decir que los métodos son confiables además el resultado de las lentes focales obtenidas en los experimentos únicamente varían por

Bibliografía

- [1] Eugene Hecht. *Óptica, Sexta Edición*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2000.
- [2] Paul A. Tipler; Gene Mosca. *Física para la ciencia y la tecnología, Sexta Edición*. Editorial Reverté, 2010.
- [3] David Halliday; Robert Resnick. *Física, Vol. 2, Quinta Edición*. Grupo Patria Cultural, 2001.
- [4] Bruno Rossi. *Fundamentos de Óptica*. Editorial Reverte, 1978.
- [5] Richard P. Feynman; Robert B. Leighton; Matthew Sands. *The Feynman Lectures on Physics: The Definitive and Extended Edition*. Addison Wesley, 2005.
- [6] Francis W. Sears. *Fundamentos de Física III: Óptica, Cuarta Edición*. Editorial Aguilar, 1967.
- [7] Max Born; Emil Wolf. *Principles of Optics, 7th Edition*. Pergamon, 1970.