

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica (ByG)  
2do cuat. 2022

**TP Nº 4:** Lentes e instrumentos ópticos.

**Objetivos**

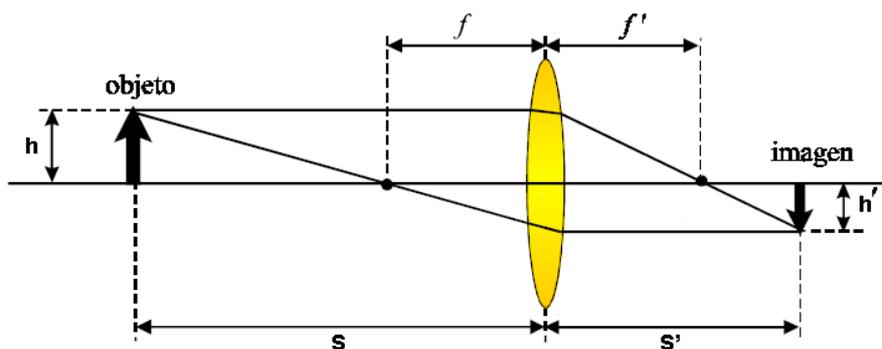
Estudiar sistemas ópticos simples. Caracterizar una lente convergente estudiando la formación de imágenes y determinar su distancia focal. Construir un microscopio compuesto sencillo y determinar su aumento.

**Introducción**

Una **lente** es un sistema óptico limitado por dos superficies refringentes curvas. Se denomina lente delgada cuando el radio de curvatura es mucho más grande que la separación entre las dioptros. Si  $S$  es la distancia de un objeto a la lente y  $S'$  la distancia de la lente a la imagen (Fig. 1), la ecuación que relaciona estas dos distancias con la lente es la ecuación de Gauss [1]:

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Se denomina  $f$  a la distancia focal de la lente, esta distancia es fija para cada lente y representa una característica importante de la misma. La distancia  $S'$  en cambio, corresponde a la distancia de enfoque (muy distinto que distancia focal) que significa que a esa distancia se ve nítida la imagen del objeto. Si cambio la posición  $S$  del objeto, dado que  $f$  es fijo, naturalmente debe cambiar  $S'$ , es decir, que la imagen se formará en otra posición.



**Figura 1** Esquema de la disposición objeto-lente-imagen.

La distancia focal es relativamente fácil de estimar conociendo su definición:

- 1) Si el objeto está en el infinito, es decir que los rayos llegan paralelos al eje óptico, estos convergen luego de la lente en un plano cuya distancia a la lente es exactamente  $f$ .
- 2) Si la imagen se forma en el infinito, es decir que los rayos emergen de la lente paralelos al eje óptico, entonces el objeto se halla a una distancia de la lente  $S = f$ .

Por convención, al primer caso de lo llama foco imagen (porque está medido del lado del espacio imagen) y al segundo caso foco objeto (porque está medido del lado del espacio objeto), pero ambos valores son el mismo.

La imagen de los objetos a través de una lente puede resultar aumentada o disminuida respecto al objeto original. Se define el aumento lateral ( $m$ ) de como la relación entre la altura de la imagen ( $h'$ ) y la del objeto ( $h$ )

$$m = h'/h \quad (2)$$

El aumento lateral también puede determinarse usando las distancias  $S$  y  $S'$  como:

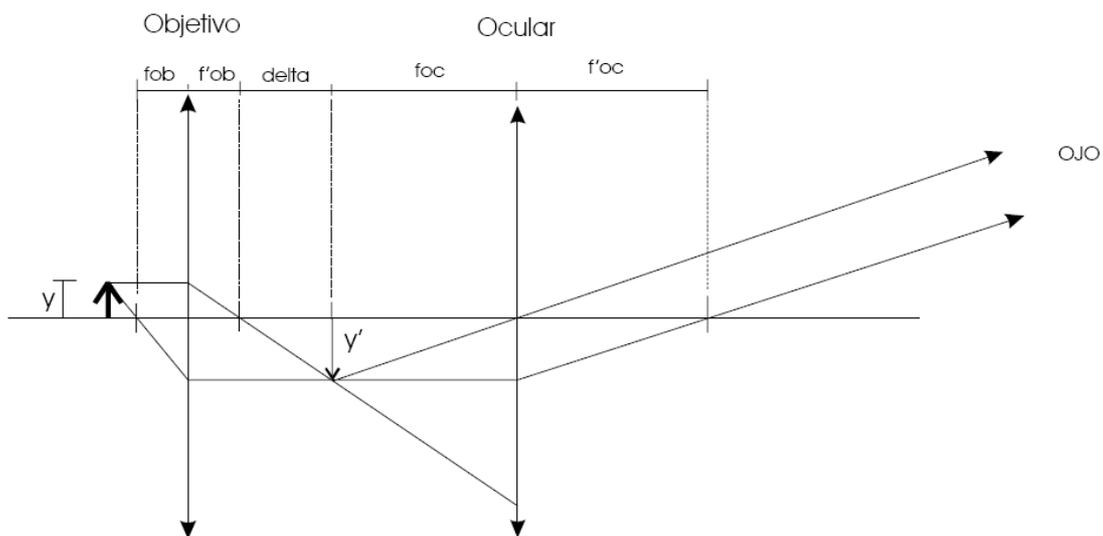
$$m = - S'/S \quad (3)$$

Notar que el módulo del aumento lateral indica si la imagen está aumentada ( $|m|>1$ ), disminuida ( $|m|<1$ ) o de igual tamaño ( $|m|=1$ ) que el objeto. **Para pensar:** ¿qué indica el signo de  $m$ ?

### Convención de signos

Si la luz incidente se propaga de izquierda a derecha, se denomina espacio objeto al que está a la izquierda de la lente y espacio imagen el que está a la derecha. La distancia  $S$  es positiva cuando se halla a la izquierda de la lente (objeto real) y negativa a la derecha (objeto virtual). La distancia  $S'$  es positiva cuando se halla a la derecha de la lente (imagen real) y negativa a la izquierda (imagen virtual). Se utiliza el mismo sistema de referencia para la altura del objeto  $h$  y la de la imagen  $h'$ , por ejemplo ambas son positivas hacia arriba.

El **microscopio** es un instrumento óptico que se emplea para observar objetos pequeños. Consta esencialmente de dos lentes, la más cercana al objeto a observar se denomina objetivo y la más cercana al observador se denomina ocular (Fig. 2). El objetivo forma una imagen real y ampliada del objeto con la cual el ocular forma una nueva imagen virtual más ampliada que es observada por el ojo. De esta manera se alcanzan aumentos muy superiores a los que se pueden obtener con un microscopio simple (lupa). En general, la disposición del ocular respecto al objetivo es tal que los rayos emergentes del ocular sean paralelos, de este modo la imagen final se forma en el infinito y la observación se realiza a ojo relajado.



**Figura 2** Diagrama del microscopio compuesto.

El aumento ( $D$ ) de este microscopio puede calcularse como:

$$D = \frac{\text{delta} \cdot 25\text{cm}}{f_{ob} \cdot f_{oc}} \quad (3)$$

Donde  $f_{ob}$  y  $f_{oc}$  son las distancias focales de la lente objetivo y ocular respectivamente, y  $\text{delta}$  es la distancia que hay entre el foco imagen del objetivo y la posición donde se forma la imagen.

## Actividades

### A-Primera parte: caracterización de una lente convergente

#### A1-Determinación de la distancia focal usando una fuente en el infinito

Como primera actividad, estimar la distancia focal de dos lentes de distintas distancias focales utilizando fuentes en el infinito o a distancia suficientemente lejana (¿cuánto?). Estimar su error.

#### A2- Estudio cualitativo

Para el desarrollo de la práctica disponemos de un banco óptico. El mismo consiste en un riel (con una escala graduada adosada a él) sobre el cual se pueden deslizar soportes que sostienen los elementos a usar: lentes, pantallas, fuentes de luz (objetos), diafragmas, etc. Como objeto se puede utilizar una pantalla translúcida con una abertura en forma de cruz (preferentemente con flechas que indiquen sin ambigüedad su orientación y de dimensiones conocidas), detrás de la cual se coloca una fuente luminosa.

**a-** Estudiar en forma cualitativa las características de las lentes como sistema formador de imágenes, es decir, analizar para que distancias objeto-lente se obtienen imágenes:

- reales o virtuales
- aumentadas o disminuidas
- derechas o invertidas.

Armar un cuadro estimativo con los resultados hallados.

**b-** Utilizando papel negro, tapar la mitad de la lente y evaluar el efecto en la imagen. Repetir, pero tapando ahora la mitad del objeto.

**Para pensar ANTES de realizar el experimento:** ¿Qué espera obtener en cada caso?

**c-** De haber papel celofán azul y rojo, evaluar posibles dependencias del sistema con la longitud de onda. De depender de ella, la distancia a la cual se forma la imagen debería cambiar con la longitud de onda (considerando una lente sin corrección cromática).

### A3 -Estudio cuantitativo de dos lentes convergentes

Colocando el objeto a diferentes distancias de la lente, medir para cada distancia elegida: la distancia objeto-lente ( $S$ ), la distancia lente-imagen ( $S'$ ) y el tamaño de la imagen ( $h'$ ). Medir también el tamaño del objeto ( $h$ ).

**a-** Obtener la distancia focal a través de diversas mediciones de  $S$  y  $S'$ , para ello proponer un ajuste lineal de los datos (ec. 1). Graficar

**b-** Graficar  $S'$  vs  $S$ . ¿Qué tipo de curva es? ¿Cuáles son los límites del gráfico? Realice el ajuste no lineal de los datos. Y compare los resultados con los obtenidos en el ítem anterior.

**c-** Determinar para cada caso el aumento de la imagen, e informar las demás características de la imagen. Graficar el aumento en función de  $S$ .

**d-** Compare las dos formas de determinar el aumento lateral de la imagen (usando las distancias  $S$  y  $S'$ , y los tamaños  $h$  e  $h'$ ).

## B-Segunda parte: construcción y caracterización de un microscopio compuesto

### B.1 Construcción de un microscopio con imagen final en el infinito

Para la construcción de un microscopio elemental compuesto se utilizarán las dos lentes convergentes que se caracterizaron en la parte A. La imagen final del sistema estará en el infinito (Fig. 2). Para su construcción piense y discuta con los docentes los siguientes puntos:

#### Para pensar, discutir y luego informar:

- 1- ¿Qué criterio usa para determinar cuál de las dos lentes convergente usará como lente objetivo y cuál como lente ocular?
- 2- ¿A qué distancia del objetivo conviene colocar al objeto de estudio? Explique el criterio usado.
- 3- ¿Cómo debe ir ubicado el ocular de modo de obtener una imagen final del sistema en el infinito? Explique el criterio usado para ubicar la lente ocular.

Sugerencia para el laboratorio: puede usar el objeto cruz y una pantalla para determinar los planos objeto- imagen del objetivo y con ello posicionar el ocular. Recuerde alinear correctamente todos los elementos empleados.

### B.2 Caracterización del aumento del microscopio

Estime el aumento del microscopio que construyó. **Cuidado**, el aumento dependerá de dónde colocó el objeto con respecto a la lente objetivo. Si construyera el microscopio modificando esa distancia el aumento sería diferente, aunque en las fórmulas no figura el parámetro  $S$ . ¿por qué?

Se proponen dos formas para determinar el aumento, una es estimarla a partir de la fórmula de la ec (3), empleando las distancias focales medidas y determinando el valor de la distancia delta.

Otra forma de medir el aumento es utilizar dos objetos iguales para comparar el tamaño del objeto visto a través del microscopio y a ojo desnudo a 25cm. Para ello se reemplaza el objeto por una pantalla milimetrada y se coloca una segunda pantalla milimetrada a 25 cm de los ojos y simultáneamente se observan las dos pantallas, una a través del microscopio y la otra a ojo desnudo a 25cm. Para determinar el aumento se deberá establecer cuantas divisiones de la pantalla vista a través del microscopio ( $N_1$ ) coinciden con las de la pantalla vista a 25cm ( $N_2$ ) y calcular dicho aumento:

$$D = \frac{N_2}{N_1} \quad (4)$$

**Para pensar:** ¿podría conocerse el aumento obteniendo una imagen de un objeto patrón mediante una cámara? Intente por ejemplo usando la cámara de algún teléfono celular.

Estime el aumento del microscopio que construyó por ambos métodos sugeridos e informe su error.

### **B3- Microscopio de Laboratorio**

En esta parte de la práctica se utilizará un microscopio de laboratorio el cual consta de varios objetivos y un ocular compuesto. El microscopio está diseñado de modo tal que la distancia entre el objeto y la posición donde se forma la imagen del objetivo está estandarizada, a fin de que al cambiar de objetivo el ajuste necesario para mantener el objeto enfocado es mínimo.

**ANTES de usar el microscopio leer atentamente las normas para el uso correcto del microscopio óptico en el APUNTE de Microscopía óptica.**

#### **a- Ajuste de la iluminación del sistema de acuerdo con el método de Kohler.**

Para ello identifiquen las partes del sistema (diferentes diafragmas, lentes y tornillos que permitirán desplazarlos) que deberán emplear en el ajuste de la iluminación. Ver apunte.

¿Por qué es erróneo ajustar el brillo de la imagen usando el diafragma de campo o el de apertura?  
¿Cómo debería hacerse?

#### **b- Calibración del retículo del ocular.**

El microscopio cuenta con un ocular que posee un retículo graduado para poder realizar mediciones de los tamaños de los objetos observados. Haciendo uso de un objeto patrón, calibre el retículo del ocular para diferentes magnificaciones del sistema lente objetivo/ocular.

Datos del objeto patrón:

**Retículo - Objeto patrón** (Carl Zeiss cat. No. 474026)  
graduación en +y: 5 mm en 5 intervalos;  
graduación en -y: 1 mm en 100 intervalos = 10  $\mu$ m  
Precisión  $\pm$  1  $\mu$ m

¿Cómo se observa el retículo ocular empleando diferentes magnificaciones? ¿y el objeto patrón?

**c- Medición de un objeto.** Usando la escala calibrada del ocular se medirá un objeto para los distintos aumentos del microscopio.

### **Referencias**

† S. Gil y E. Rodríguez, *Física re-Creativa*, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.

[1] E. Hecht, *Óptica*, Addison Wesley Iberoamericana, 2000.

Material recopilado de guías de trabajos prácticos de los laboratorios básicos de alumnos del Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.