

# PRÁCTICA DE LABORATORIO N° 7

## ÓPTICA GEOMÉTRICA

### Experiencia N° 1: Reflexión

#### A- Objetivo de la Experiencia

Deducir la relación entre el ángulo de incidencia y el de reflexión.

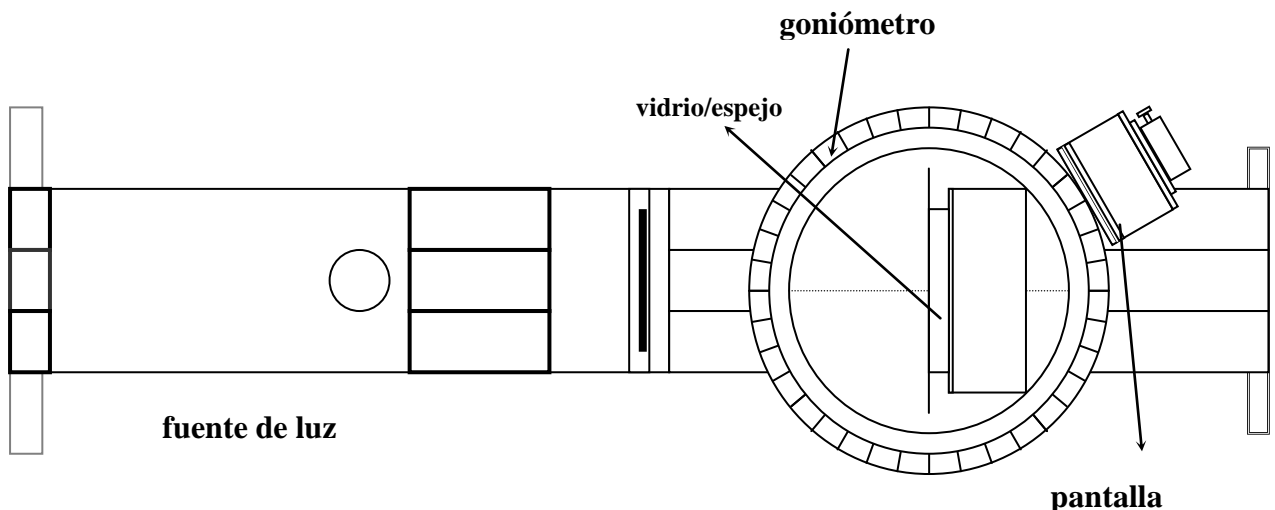
#### B- Fundamentos teóricos

Expuesto con detalle en el capítulo de Óptica Geométrica del volumen II del libro propuesto por la cátedra.

#### C- Material necesario

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| - Banco Óptico                            | - Lámina de vidrio            |
| - Fuente de luz incandescente             | - Lámina de acrílico          |
| - Goniómetro                              | - Pantalla con escala métrica |
| - Soportes de componentes (con base)      | - Láser 0,5 mW                |
| - Soportes de componentes para Goniómetro | - Espejo plano                |

#### D- Desarrollo de las experiencias



- Poner el láser a la izquierda del banco óptico y colocar el goniómetro sobre el mismo.
- Hacer que el 0 del goniómetro coincida con la dirección del rayo láser. Colocar el espejo plano con un soporte en el goniómetro de manera que quede perpendicular al rayo láser. Verifique asegurándose que el reflejo coincida al menos con la vertical en la que está la abertura por la que sale el rayo láser.
- Montar la pantalla blanca en el soporte que puede girar alrededor del goniómetro.
- Girar el goniómetro un cierto ángulo  $\theta > 15^\circ$  y el espejo girará un ángulo igual.
- Realice un croquis en planta (visto desde arriba) en el que se vean: rayo incidente, rayo reflejado, espejo y normal al espejo. Marque en el croquis los ángulos de incidencia y de reflexión.
- Buscar con la pantalla el rayo reflejado y ver a qué ángulo corresponde.
- ¿Qué ángulo forma ahora la normal del espejo con el 0 del goniómetro?
- Repetir para dos ángulos más y llenar la siguiente tabla.

Ángulo de incidencia (ángulo entre rayo incidente con la normal al espejo)	Ángulo de reflexión (ángulo entre rayo reflejado con la normal al espejo)

- ¿Cuál es la relación entre el ángulo de incidencia y ángulo de reflexión?
  - Sacar conclusiones y generalizar para cualquier ángulo. A esta relación se la conoce como **ley de la reflexión**.
- 1) Reemplazar el espejo por la lámina de vidrio y repetir la experiencia. ¿Varía la ley de la reflexión con el material usado? Explicar.

Ángulo de incidencia (ángulo entre rayo incidente con la normal al espejo)	Ángulo de reflexión (ángulo entre rayo reflejado con la normal al espejo)

## **Experimento N° 2: Refracción y ley de Snell**

### **A- Objetivo de la Experiencia**

Medir el ángulo de refracción  $\theta'$  para una lámina de caras paralelas y verificar la Ley de Snell.

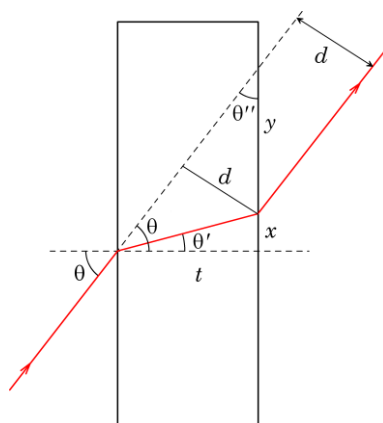
### **B- Fundamentos teóricos**

Expuesto con detalle en el capítulo de Óptica Geométrica del volumen II del libro propuesto por la cátedra.

### **C- Material necesario**

- Banco Óptico
- Goniómetro
- Soportes de componentes
- Lámina de acrílico
- Lámina de vidrio
- Pantalla con escala métrica
- Láser 0,5 mW

### **D- Desarrollo de las experiencias**



La Figura 2.1 un rayo incidiendo en ángulo  $\theta$  sobre una lámina de caras paralelas.

La refracción debida al material de composición de la lámina determina un ángulo de refracción  $\theta'$  que produce una desviación  $d$  de la trayectoria respecto de la normal del rayo. A partir de los parámetros indicados en la figura, compruebe las siguientes relaciones:

$$\theta + \theta'' = 90^\circ$$

$$\frac{x}{t} = \tan(\theta') \Rightarrow x = t \tan(\theta') \quad [2.1]$$

$$\frac{x+y}{t} = \tan(\theta) \Rightarrow x+y = t \tan(\theta) \quad [2.2]$$

$$\frac{d}{y} = \sin(\theta'') = \sin(90^\circ - \theta) = \cos(\theta) \Rightarrow y = \frac{d}{\cos(\theta)} \quad [2.3]$$

Reemplazando [2.1] y [2.3] en [2.2]:

$$t \tan(\theta') + \frac{d}{\cos(\theta)} = t \tan(\theta) \Rightarrow \boxed{\tan(\theta') = \tan(\theta) - \frac{d}{t \cos(\theta)}} \quad [2.4]$$

Mediante la ecuación [2.4] puede determinarse el ángulo de refracción  $\theta'$  a partir de la medición del ángulo de incidencia  $\theta$  y la desviación/corrimiento  $d$ .

#### Procedimiento:

- 1) Ubicar la lámina de acrílico de caras paralelas sobre la platina del goniómetro, con su cara delantera sobre el centro de la platina y perpendicular al cero del transportador del goniómetro.
- 2) Orientar el láser hacia la lámina de modo que el rayo incida en forma perpendicular sobre la cara delantera. Para asegurar la perpendicularidad entre el rayo incidente y la superficie de la lámina, se debe lograr que el rayo reflejado se alinee con el incidente (i.e. la imagen del reflejado debe coincidir con la fuente láser).
- 3) Ubicar la pantalla detrás de la lámina, de modo que el elegido "cero de la escala" graduada coincida con la imagen del rayo sobre ésta. De esta forma,  $\theta = 0^\circ$  y  $d = 0$ .
- 4) Girar la platina del goniómetro un ángulo  $\theta$ ,  $40^\circ < \theta < 80^\circ$ , y medir el desplazamiento  $d$  de la imagen del rayo sobre la pantalla.
- 5) Determinar  $\theta'$  mediante la relación [2.4].

De acuerdo a la ley de Snell,  $n_a \sin(\theta) = n_x \sin(\theta')$ , donde  $n_a$  y  $n_x$  son los índices de refracción del aire y la lámina respectivamente. Por lo tanto, la relación:

$$\frac{\sin(\theta)}{\sin(\theta')} \cong n_x \quad [2.5]$$

debe cumplirse para cualquier par de ángulos  $\theta$  y  $\theta'$ .

Acrílico, t = mm			
d (mm)	$\theta$	$\theta'$	$n_x$

6) Efectuar la experiencia para la lámina de vidrio con ángulos de incidencia  $40^\circ < \theta < 70^\circ$ . Extraiga conclusiones.

Vidrio, t = mm			
d (mm)	$\theta$	$\theta'$	$n_x$

### **Experiencia 3: Refracción total e índice de refracción**

#### **A- Objetivo de la Experiencia**

Observar el fenómeno de refracción total y determinar el índice de refracción del vidrio.

#### **B- Fundamentos teóricos**

Expuesto con detalle en el capítulo de Óptica Geométrica del volumen II del libro propuesto por la cátedra.

#### **C- Material necesario**

- Banco Óptico
- Soportes de componentes
- Láser 0,5 mW
- Goniómetro
- Prisma de vidrio

#### **D- Desarrollo de las experiencias**

La Figura 3.1 muestra un rayo incidiendo en ángulo  $\theta_i$  sobre un prisma rectángulo isósceles.

La refracción debida al material de composición del prisma determina un ángulo de refracción  $\theta_r$  respecto de la cara delantera. Este rayo incide sobre la cara posterior en un ángulo de incidencia  $\theta'_i$  que al emerger del prisma forma un ángulo de refracción  $\theta'_r$  respecto de esta cara. A partir de los parámetros indicados en la figura, compruebe las siguientes relaciones:

$$\theta_r + \theta'_i + 135^\circ = 180^\circ \Rightarrow \theta'_i = 45^\circ - \theta_r \quad [3.1]$$

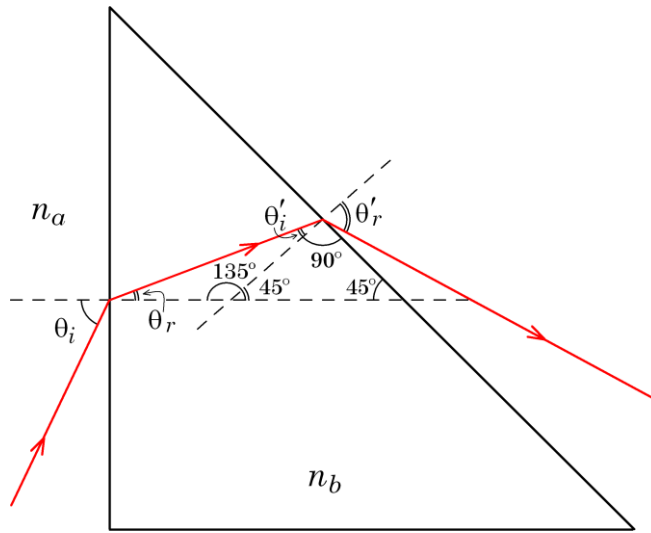


Figura 3.1

Para ángulo crítico de refracción total,  $\theta'_r = 90^\circ$ . Además, por la ley de Snell, tomando  $n_a = 1$  y la relación [3.1]:

$$\sin(\theta_i) = n_b \sin(\theta_r) \quad [3.2]$$

$$n_b \sin(\theta'_i) = \sin(\theta'_r) = 1 \Rightarrow n_b \sin(45^\circ - \theta_r) = 1 \quad [3.3]$$

Reescribiendo [3.3]:

$$\begin{aligned} n_b \left[ \frac{\sqrt{2}}{2} \cos(\theta_r) - \frac{\sqrt{2}}{2} \sin(\theta_r) \right] &= 1 \\ \Rightarrow n_b \left[ \sqrt{1 - \sin^2(\theta_r)} - \sin(\theta_r) \right] &= \frac{2}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

Por [3.2]:

$$\begin{aligned} n_b \left[ \sqrt{1 - \frac{\sin^2(\theta_i)}{n_b^2}} - \frac{\sin(\theta_i)}{n_b} \right] &= \sqrt{2} \\ \Rightarrow \sqrt{n_b^2 - \sin^2(\theta_i)} - \sin(\theta_i) &= \sqrt{2} \\ \Rightarrow n_b^2 - \sin^2(\theta_i) &= \left[ \sqrt{2} + \sin(\theta_i) \right]^2 \\ \Rightarrow n_b &= \sqrt{\left[ \sqrt{2} + \sin(\theta_i) \right]^2 + \sin^2(\theta_i)} \end{aligned}$$

Desarrollando el cuadrado y usando las identidades:  $\sin^2(\theta_i) + \cos^2(\theta_i) = 1$  y  $\cos(2\theta_i) = \cos^2(\theta_i) - \sin^2(\theta_i)$ , resulta:

$$\boxed{n_b = \sqrt{\sqrt{8} \sin(\theta_i) - \cos(2\theta_i) + 3}} \quad [3.4]$$

donde  $\theta_i$  es al ángulo incidente para el cual se logra el ángulo crítico de refracción total  $\theta'_r = 90^\circ$ .

Mediante la expresión [3.4] puede obtenerse el coeficiente de refracción  $n_b$  del prisma.

### Procedimiento:

1. Ubicar el prisma sobre la platina del goniómetro, con su cara delantera sobre el centro de la platina y perpendicular al cero del transportador del goniómetro.
2. Ubicar la pantalla de modo que el rayo emergente forme su imagen sobre la misma.
3. Rotar el prisma hasta que la imagen del rayo emergente desaparezca de la pantalla. En este caso el rayo emergente es paralelo a la cara posterior del prisma y  $\theta'_r = 90^\circ$ .
4. Medir el ángulo de incidencia  $\theta_i$  para las condiciones descritas en el punto anterior y calcular  $n_b$  mediante [3.4].

## **Experiencia N° 4: Lentes**

### **A- Objetivo de la Experiencia**

Medir la distancia focal de lentes. Caracterizar la imagen generada por una lente.

### **B- Fundamentos teóricos**

Expuesto con detalle en el capítulo de Óptica Geométrica del volumen II del libro propuesto por la cátedra.

### **C- Material necesario**

- Banco Óptico
- Soportes de componentes
- Goniómetro
- Lentes varias

### **D- Desarrollo de las experiencias**

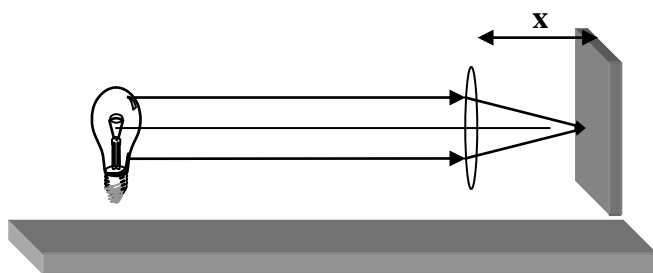
Se define como **foco imagen** al punto del eje principal de la lente donde se forma la imagen de un objeto muy distante de la misma (en el infinito).

Se define como **foco objeto** al punto del eje principal de la lente en el cual tiene que ubicarse un objeto para que su imagen se forme en un punto muy distante de la misma (en el infinito).

## **Distancia focal imagen**

### Procedimiento

- 1) Coloque la lámpara en un extremo de la mesa y una pantalla en el otro extremo de la mesa, “cerca” de la pantalla coloque una lente biconvexa.
- 2) Ajuste la posición de la lente hasta obtener la mínima imagen del filamento. En esta posición mida la distancia focal imagen usando una regla.
- 3) Repita el experimento con otras lentes y llene la tabla que está a continuación. Observe si la distancia focal coincide con los valores indicados por el fabricante, si no es así, explique por qué.

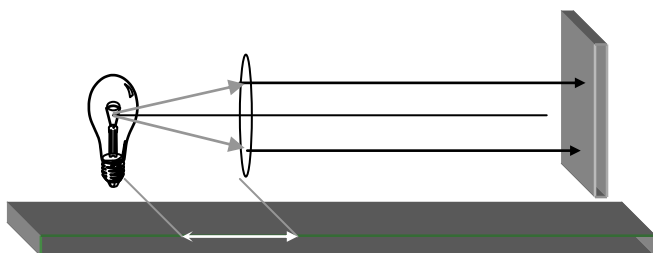


Lente	$f_{\text{medida}}$	$f_{\text{fabricante}}$
1		
2		
3		
4		

## Distancia focal objeto

### Procedimiento:

- 1) Use el filamento como fuente puntual (considerando que está ubicado aproximadamente a 21 mm de la cara frontal de la caja) y acerque la lente a la fuente de luz.
- 2) Ajuste la posición de la lente hasta que el tamaño de la imagen sobre la pantalla no dependa de la distancia pantalla–lente, lo que sucede cuando los rayos emergentes de la lente son paralelos al eje principal.
- 3) Repita el experimento con otras lentes y llene la tabla que está a continuación. Observe si la distancia focal coincide con los valores indicados por el fabricante, si no es así, explique por qué.



Lente	$f_{\text{medida}}$	$f_{\text{fabricante}}$
1		
2		
3		
4		

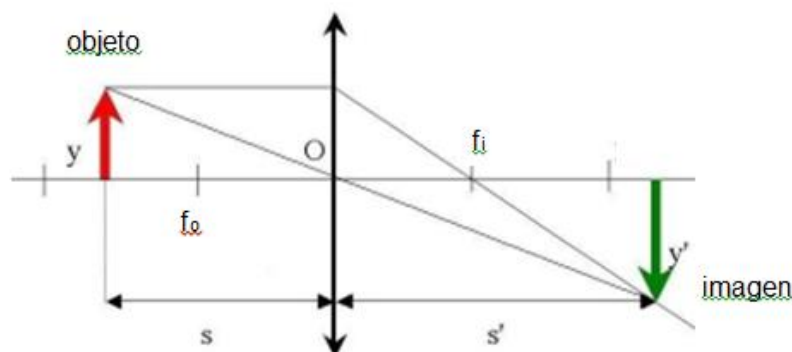
## Imagen y aumento

Usando las ecuaciones de la lente

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

y la de aumento

$$m = \frac{-s'}{s} = \frac{y'}{y}$$



### Procedimiento:

- 1) Mida los brazos de la cruz de la diapositiva ( $y$ ).
- 2) Coloque una lente biconvexa entre la diapositiva con la cruz (objeto) y la pantalla.
- 3) Elija una distancia del objeto a la lente ( $s$ ) y usando la ecuación de las lentes calcule a qué distancia se formará la imagen ( $s'$ ) y coloque la pantalla a esa distancia de la lente, donde la imagen debe ser nítida.
- 4) Mida el tamaño de la imagen ( $y'$ ), calcule el aumento de la lente ( $m$ ) para esas distancias.
- 5) Observe si la imagen resultante es derecha o invertida.
- 6) Llene el siguiente cuadro usando dos distancias objeto diferentes.

$f$	$s$	$s'$	$y$	$y'$	$m$	Derecha o invertida