

## **PRÁCTICA 8: LEYES DE REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN**

Presentado por:

Mariana Escobar (201710011113)

Cristobal Trujillo (201727515013)

Juan S. Cárdenas (201710008101)

David Plazas (201710005101)

Materia:

Física II (DF0239)

Profesor:

Msc. Alejandro Madrid Sánchez

Universidad EAFIT  
Medellín, Colombia  
Mayo 2, 2018

## 1. INTRODUCCIÓN

En este laboratorio se experimentó cómo interactúa un haz de luz en diferentes medios y en diferentes ángulos de incidencia. Medimos las diferencias entre el ángulo de incidencia y el ángulo refractado y cómo éstos cambian en cristal y en agua. También encontramos el ángulo crítico de esos dos medios.

## 2. OBJETIVOS

- Medir los ángulos de incidencia, reflexión y refracción de un rayo de luz, utilizando un disco óptico.
- Determinar experimentalmente el índice de refracción de un medio, con base en el concepto de ángulo crítico y aplicación de la Ley de Snell.

## 3. MARCO TEÓRICO

### 3.1. Reflexión

Los fenómenos de reflexión y refracción son importantes para entender el comportamiento de la luz; estos fenómenos se estudian considerando el modelo de la luz basado en rayos. Cuando una onda luminosa incide en una interfaz lisa que separa dos materiales transparentes, la onda en general es reflejada parcialmente y también refractada (transmitida) parcialmente hacia el segundo material.

Para entender las leyes que rigen estos fenómenos, se hace uso de un término conocido como índice de refracción de un medio. El índice de refracción de un material óptico, denotado por  $n$ , desempeña un papel central en la óptica geométrica. Es la razón entre la rapidez de la luz  $c$  en el vacío y la rapidez de la luz  $v$  en el material. La luz siempre viaja con más lentitud en un material que en el vacío, por lo que el valor de  $n$  en cualquier material que no sea el vacío siempre es mayor que la unidad. Para el vacío,  $n=1$  [1].

### 3.2. Refracción

La experimentación con los rayos incidentes, reflejados y refractados en diferentes medios, llevó a las siguientes conclusiones (tenga en cuenta la Figura 1:

- Los rayos incidente, reflejado y refractado, así como la normal a la superficie, yacen todos en el mismo plano. El plano de los tres rayos es perpendicular al plano de la superficie de frontera o límite entre los dos materiales.

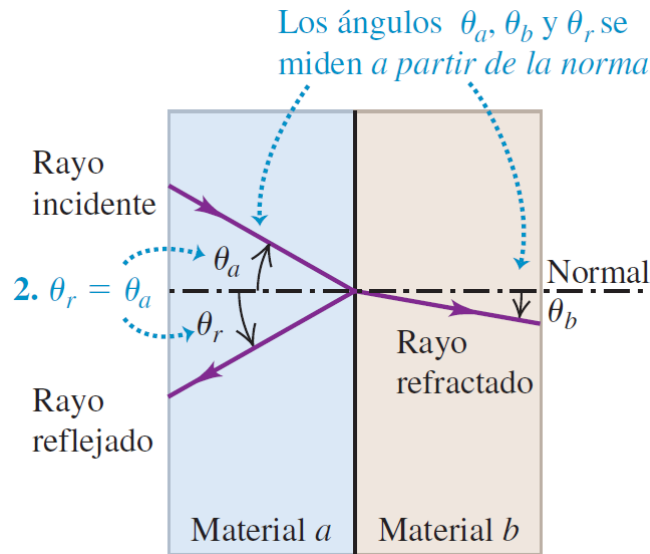


Figura 1. Leyes de refracción.

- El ángulo de reflexión  $\theta_r$  es igual al ángulo de incidencia  $\theta_a$  para todas las longitudes de onda y para cualquier par de materiales. Es decir,

$$\theta_r = \theta_a \quad (1)$$

- La razón de los senos de los ángulos  $\theta_a$  y  $\theta_b$ , donde los dos ángulos están medidos a partir de la normal a la superficie, es igual al inverso de la razón de los dos índices de refracción:

$$\frac{\sin \theta_a}{\sin \theta_b} = \frac{n_b}{n_a} \quad (2)$$

Este resultado experimental, junto con la observación de que los rayos incidente y refractado, así como la normal, se encuentran en el mismo plano se llama ley de refracción o ley de Snell [1].

### 3.3. Reflexión Total Interna

El ángulo de incidencia para el cual el rayo refractado emerge en forma tangencial a la superficie se llama ángulo crítico, y se denota con  $\theta_{crit}$ . Más allá del ángulo crítico, el rayo no puede pasar hacia el material superior: queda atrapado en el material inferior y se refleja por completo en la superficie de frontera. Esta situación, llamada reflexión total interna, sólo ocurre cuando un rayo incide sobre la interfaz con un segundo material cuyo índice de refracción es menor que el del material por el que viaja el rayo. Es posible encontrar el ángulo crítico para dos materiales dados si se iguala  $\theta_b = 90^\circ$  ( $\sin \theta_b = 1$ ) en la ley de Snell. De esta forma, se tiene

$$\sin \theta_{crit} = \frac{n_b}{n_a} \quad (3)$$

La reflexión total interna ocurrirá si el ángulo de incidencia  $\theta_a$  es mayor o igual que  $\theta_{crit}$ .

#### 4. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL

Antes de describir el experimento realizado, se listarán los instrumentos utilizados para el mismo:

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| ■ Láser                                      | ■ 2 Trípodes                     |
| ■ Disco óptico y brazo giratorio             | ■ 1 nuez doble                   |
| ■ Semicilindro de acrílico                   | ■ 1 varilla de 15cm              |
| ■ Semicilindro hueco con paredes de acrílico | ■ 1 pantalla traslúcida          |
| ■ Trapezoide de acrílico (Prisma Dove)       | ■ Transportador de medio círculo |

El montaje para los experimentos ya estaban hechos cuando se llegó al laboratorio. Antes de empezar con los experimentos, se debía calibrar el montaje, de tal manera que el rayo láser y la superficie del disco estén en un mismo plano horizontal; ésto se hizo con el propósito de reducir el error a la hora de tomar ángulos de los rayos. El montaje consistía en un láser, una superficie con ángulos para colocar el objeto de estudio y una pantalla, para ver en dónde caía el rayo.

Para el primer experimento, se debía colocar el semicilindro sobre el disco óptico, de tal manera que el rayo del láser incidiese en la superficie plana del semicilindro, colocando el centro del círculo en el centro del disco. Se debía medir el ángulo de incidencia y el ángulo de transmisión. Cabe notar que el ángulo que se transmitía del acrílico de vuelta al aire, es el mismo incidente; esto es debido a que toda línea que pase por el centro de un círculo es ortogonal a la línea tangente al círculo en el punto donde cruce la otra línea, por lo tanto  $\theta = 0^\circ$ .

Posteriormente, se debía encontrar el ángulo crítico en la interfaz acrílico-aire; se debía colocar el semicilindro de tal manera que el rayo incida sobre la superficie curva. Se debía aumentar el ángulo de incidencia hasta que el rayo refractado (transmitido) se un rayo completamente superficial sobre la interfaz plana del semicilindro. Éste es el ángulo crítico.

En la tercera parte del laboratorio se debía repetir el montaje anterior para determinar el ángulo crítico en un semicilindro lleno de agua; y, con base en esta información, se calculó el índice de refracción del agua.

Por último, se debía realizar el montaje utilizando el prisma Dove (trapezoide), se debía colocar en el disco óptico de tal manera que el rayo incidiera sobre el lado mayor del prisma. Debe medir el ángulo de incidencia y reflexión correspondientes a la interfaz del prisma; junto con el ángulo transmitido después de que el rayo haya cruzado de acrílico a aire.

## **5. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **5.1. Alineación del Sistema**

#### **5.1.1. ¿Cómo podría verificar en la práctica la debida alineación de este montaje?**

Cuando el rayo del láser esté muy cerca al plano, no debería verse luz sobre éste, dado que el rayo estaría paralelo al disco óptico y no deberían cruzarse. Otra manera de verificar la correcta alineación del montaje, podría hacerse mediante comprobar que el rayo reflejado y refractado a través de la interfaz de un material, son paralelos al plano del disco óptico.

#### **5.1.2. ¿Qué elementos del equipo podría mover y de qué modo, sin alterar la alineación del montaje?**

Se puede girar el disco óptico, además de desplazarlo. La pantalla también se puede colocar en cualquier lugar, ya que es independiente de la alineación del montaje.

#### **5.1.3. ¿Es necesario que el disco óptico se encuentre en posición horizontal?**

No necesariamente, sólo se requiere que el plano del disco óptico esté paralelo al rayo de luz. Hacerlo horizontal es la manera más práctica de montarlo.

### **5.2. Ley de Snell**

#### **5.2.1. ¿Por qué el rayo transmitido por la interfaz AB no será desviado al cruzar la interfaz cilíndrica?**

Esto es debido a que cualquier línea que pase por el centro de un círculo, es perpendicular a la tangente que pasa por el mismo punto que la línea que pasa por el centro; luego el ángulo de incidencia es siempre 0, y, como se vio en clase, si el ángulo de incidencia es 0, el ángulo refractado es 0.

#### **5.2.2. Mida el ángulo de incidencia y registre sus valores.**

En la Tabla 1 se observan dichos valores.

Tabla 1. Ángulos de incidencia y transmitidos.

$\theta_i(^{\circ})$	$\theta_t(^{\circ})$	$\sin \theta_i$	$\sin \theta_t$
10	6	0.17	0.10
20	13	0.34	0.22
30	20	0.50	0.34
40	25	0.64	0.42
50	30	0.77	0.50
60	34	0.87	0.56
70	38	0.94	0.62

### 5.2.3. Grafique $\sin \theta_i$ vs $\sin \theta_t$ y ajuste la gráfica a una línea recta

En la Figura 2 se observa la gráfica asociada a los ángulos.

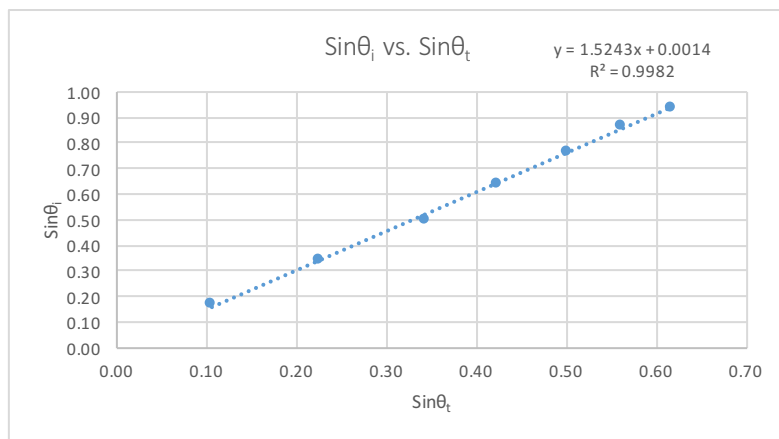


Figura 2.  $\sin \theta_i$  vs  $\sin \theta_t$ .

### 5.2.4. ¿Los valores del intercepto y la pendiente le parecen a simple vista correctos? ¿Corresponden a los valores que debería obtener según a la ecuación 2?

El intercepto, se observa, que es cercano a 0, lo cual coincide con la teoría. Además se observa que la pendiente es mayor a 1, lo cual es bueno porque los índices de refracción son mayores a 1.

### 5.2.5. Teniendo en cuenta la pendiente encontrada, encuentre el índice de refracción del acrílico.

A partir de la ecuación 2, la pendiente sería

$$m = \frac{n_{acril}}{n_{aire}}$$

Pero el índice de refracción se puede aproximar a 1. Por lo tanto, el índice de refracción del acrílico es  $n_{acril} = 1.52$ .

**5.2.6. Si en lugar de hacer incidir el rayo láser por la superficie plana del semicilindro, se hace incidir por el lado curvo, ¿se pudo haber determinado el índice de refracción del acrílico siguiendo el mismo proceso?**

Se puede utilizar el mismo proceso, pero a la hora de calcular la pendiente, ésta no sería el índice de refracción del acrílico, sino el recíproco.

### **5.3. Ángulo Crítico de la Interfaz Acrílico-Aire**

**5.3.1. Encuentre valor de ángulo crítico aumentando el ángulo de incidencia hasta el rayo sea superficial a la interfaz. Anote el valor de  $\theta_{crit}$**

El ángulo crítico para la interfaz acrílico-aire es  $\theta_{crit} = 43^\circ$ .

**5.3.2. Con base en este valor, determine el índice de refracción del acrílico.**

Con base en la ecuación 3, el índice de refracción del acrílico es

$$n_{acril} = \frac{1}{\sin \theta_{crit}}$$

Por lo tanto,  $n = 1.47$ .

**5.3.3. Compare este valor con el obtenido con el experimento de ángulo transmitido.**

Teniendo en cuenta que el porcentaje de error es

$$\%Error = \frac{|n_1 - n_2|}{|n_1|} \times 100 \% \quad (4)$$

Por lo tanto,  $\%Error = 3.28 \%$ , lo cual muestra una buena correlación entre los valores.

**5.3.4. ¿Considera fundamental que las aristas AB del semicilindro equidisten del centro de disco óptico?**

Sí, ya que en otro caso, el ángulo de incidencia en la superficie curva no sería 0; por lo que habría refracción y el rayo experimentaría una desviación, lo que no permitiría una buena medición del ángulo crítico.

## **6. De la Interfaz Agua-Aire**

**6.0.1. Encuentre valor de ángulo crítico aumentando el ángulo de incidencia hasta el rayo sea superficial a la interfaz. Anote el valor de  $\theta_{crit}$**

El ángulo crítico para la interfaz agua-aire es  $\theta_{crit} = 49^\circ$ .

**6.0.2. Con base en este valor, determine el índice de refracción del acrílico.**

Con base en la ecuación 3, el índice de refracción del acrílico es

$$n_{acril} = \frac{1}{\sin \theta_{crit}}$$

Por lo tanto,  $n = 1.32$ .

**6.0.3. Compare este valor con el obtenido con el experimento de ángulo transmitido.**

Teniendo en cuenta que el porcentaje de error es

$$\%Error = \frac{|n_{teo} - n_{exp}|}{|n_{teo}|} \times 100 \% \quad (5)$$

Por lo tanto,  $\%Error = 0.75 \%$ , lo cual muestra una buena correlación entre los valores.

**6.0.4. ¿Por qué no se tuvo en cuenta el hecho de que había una pared de acrílico entre el aire y el agua para determinar el ángulo crítico?**

Como está pasando a través de una superficie circular, el ángulo no se ve afectado; como ya se explicó, el ángulo de incidencia es 0.

**6.1. Medición de Ángulos**

**6.1.1. Mida los ángulos de incidencia y reflexión correspondientes a la interfaz AB. Anote los valores.**

La Tabla 2 muestra los ángulos de incidencia, reflejados y transmitido de vuelta al medio.

Tabla 2. Ángulos.

$\theta_i$	$\theta_r$	$\theta_e$
30	31	30
45	46	44
60	59	59

**6.1.2. ¿Con qué precisión pueden medirse estos ángulos utilizando el disco óptico?**

Con precisión de  $1^\circ$ .

**6.1.3. ¿Obtuvo  $\theta_i = \theta_r$  en este rango de precisión?**

¡Claro!



**6.1.4. ¿Qué debería cumplirse para medir  $\theta_e$  con el disco óptico?**

La extensión del rayo refractado debería pasar a través del centro del disco.

**6.1.5. ¿Es más preciso el método utilizado para medir  $\theta_e$  que el empleado para  $\theta_i$ ?**

No, ya que la extensión del rayo refractado no pasa por el centro del disco óptico, por lo tanto, se debe medir con ayuda de un transportador desde donde emerge el rayo.

**6.1.6. ¿Los resultados muestran contundentemente que  $\theta_r = \theta_i = \theta_e$ ?**

¡Pero por supuesto!

## **7. CONCLUSIONES**

- Se logró medir los ángulos de incidencia, reflexión y refracción de un rayo de luz, utilizando un disco óptico. De estas medidas, se evidenció como el ángulo que hace el rayo incidente con respecto a la normal de la superficie, y el ángulo que forma el rayo reflejado con respecto a esa misma normal es igual, como se ve evidenciado en la tabla 2. Asimismo, se observó como cuando un rayo de luz cambia de medio, y este no está paralelo a la normal de la superficie por la que cambia, se modifica su dirección.
- Se determinó experimentalmente la existencia de un ángulo crítico; al mismo tiempo, se verificó que este depende del índice de refracción del medio por el que pasa, evidenciado por los experimentos hechos en el acrílico y en el agua. Asimismo, se logró validar la ley de Snell y, como cada material posee un índice de refracción distintivo que permite hacer predicciones sobre cómo se comporta la luz en él.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] SEARS and ZEMANSKY, Física Universitaria, vol. 2. Pearson, 13 ed., 2009.