

Física 2 Biólogos y Geólogos

Curso de Verano 2007

Guía de laboratorio N° 1

Reflexión y refracción de la luz

Objetivos

Estudiar experimentalmente las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz. Determinar el índice de refracción de un material dado. Observar el fenómeno de reflexión total [1].

Introducción

Cuando un haz de luz incide sobre la superficie que separa dos medios, en los cuales la velocidad de la luz es diferente, parte de la misma se transmite y parte se refleja, como se indica esquemáticamente en la Figura 1. Para un medio cualquiera, el índice de refracción n se define como [2]

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío y v la velocidad de la luz en ese medio.

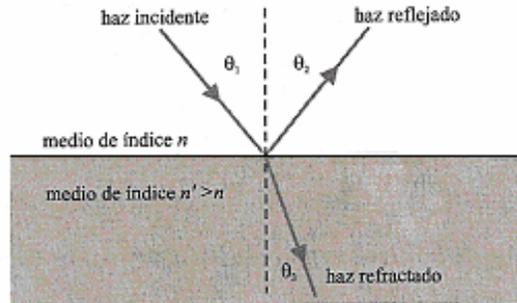


Figura 1. Esquema de la reflexión y refracción que experimenta un haz de luz cuando se propaga de un medio de índice de refracción n a otro de índice de refracción n' , tal que $n' > n$. θ_1 : ángulo de incidencia, θ_2 : ángulo de reflexión, y θ_3 : ángulo de refracción.

Experimental

A) Leyes de la reflexión y la refracción de la luz

El objetivo del siguiente experimento es estudiar la relación entre el *ángulo de reflexión* θ_2 y el *ángulo de refracción* θ_3 en función del *ángulo de incidencia* θ_1 . Todos estos ángulos están definidos respecto de la línea normal de la superficie de separación entre los dos medios (Figura 1).

Para la realización de este experimento se sugiere usar el dispositivo indicado esquemáticamente en la Figura 2, que consiste en un recipiente de acrílico semicilíndrico de radio R y altura h que puede ser llenado con distintos líquidos transparentes o bien puede ser de acrílico o de vidrio macizo.

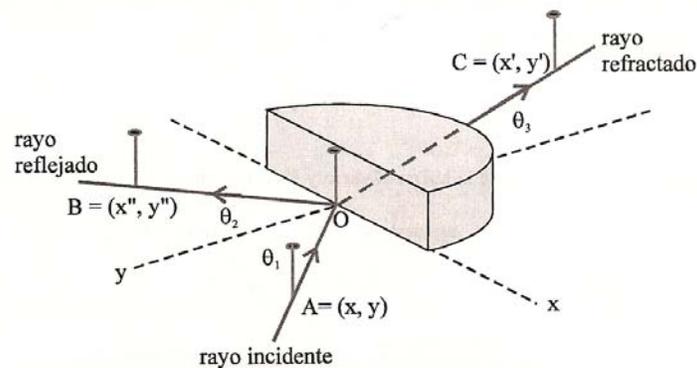


Figura 2. Dispositivo empleado para estudiar las leyes de la reflexión y la refracción.

- Refracción:

Se tomará el punto O, coincidente con el centro del semicilindro, como origen de coordenadas, la cara plana del semicilindro definirá el eje x de coordenadas, y la normal a dicha cara como el eje y , respecto del cual se medirán los ángulos. El semicilindro se apoya sobre una superficie plana, sobre la que se colocará un papel milimetrado para determinar las coordenadas de cada punto del plano.

Usando el dispositivo de la Figura 2, investigar la relación entre los ángulos de reflexión (θ_2) y refracción (θ_3) en función del ángulo de incidencia (θ_1). Una sugerencia para facilitar este estudio consiste en usar tres alfileres para marcar posiciones por donde pase la luz: uno en la posición A (cuyas coordenadas son (x,y)), otro en O (centro del semicilindro, justamente fuera del mismo) y el tercero en la posición C (cuyas coordenadas son (x',y')), que se elige de modo que al observar los tres alfileres todos aparezcan alineados al observarlos horizontalmente. Para esto es conveniente colocar el semicilindro encima de una tabla blanda (madera aglomerada), corcho o cartón blando, que permita la penetración de alfileres fácilmente. Para proceder, mantener el alfiler del centro de semicilindro (O) fijo, colocar el alfiler en la posición A (que define el ángulo de incidencia) y mirando desde el lado curvo del semicilindro, colocar el alfiler en la posición C de modo de ver a los tres alfileres alineados. Cuando se haya logrado tal alineación se registra el valor de las coordenadas (x,y) y (x',y') . Repetir el experimento de modo que el ángulo de incidencia θ_1 varíe desde 0° hasta 80° en pasos de aproximadamente 10° . Si se dispone de un puntero láser (o de un láser común), hacer incidir el láser en la dirección definida por AO, y verificar que el haz refractado pasa efectivamente por el punto C.

- Reflexión:

Realizar el mismo estudio anterior pero con el rayo reflejado. Para ello, usando un puntero láser incidiendo en la dirección AO, determinar las coordenadas (x'',y'') del punto B.

Análisis

- 1) Representar en un gráfico θ_2 vs. θ_1 y θ_3 vs. θ_1 . También representar $\sin\theta_3$ en función de $\sin\theta_1$. Analizar las distintas dependencias y discutir sus conclusiones.

- 2) La *ley de Snell* establece que la relación entre el ángulo de incidencia (θ_1) y el refractado (θ_3) es

$$n \operatorname{sen} \theta_1 = n' \operatorname{sen} \theta_3 \quad (2)$$

Similarmente, la *ley de la reflexión* establece que el ángulo de incidencia es igual al ángulo reflejado

$$\theta_1 = \theta_2 \quad (3)$$

¿Qué se puede decir acerca de la validez de dichas leyes para el caso que se acaba de estudiar experimentalmente? [2]

- 3) A partir de los gráficos, determinar el índice de refracción de la luz en el material del semicilindro. Comparar el valor obtenido en el experimento con los valores obtenidos de tablas para este material. ¿Qué conclusiones se extraen de este experimento? Recordar que el índice de refracción del aire en condiciones normales de presión y temperatura es $n = 1.000293$ [2].
- 4) Para estimar los errores en las determinaciones de los ángulos, variar ligeramente la posición de los alfileres, de modo tal que, a simple vista, los mismos parezcan que siguen alineados. Los intervalos de ángulos para los que esta condición de alineación se sigue cumpliendo dan una estimación de los errores cometidos en la determinación de los mismos.
- 5) Seguidamente, invertir la dirección de incidencia, es decir, hacer que el haz incida pasando por la dirección EO y verificar que el mismo pasa por A. Esta propiedad notable de la luz se conoce como el *principio de reversibilidad óptica*, que establece que, en ausencia de absorción, si se invierte la dirección de la marcha de los rayos de luz, las trayectorias no se alteran. Más generalmente, este principio es una consecuencia del principio de *reversibilidad temporal* de las ecuaciones de la física.

B) Reflexión total interna

El objetivo del siguiente experimento consiste en investigar el fenómeno de *reflexión total interna*. Para ello, se hace incidir un láser por el lado de la superficie curva de la Figura 2 tal que pase por el punto O (dirección radial). De esta manera, la luz llegará a la cara plana del semicilindro radialmente desde un medio que tiene índice de refracción mayor (n') a otro de índice menor (n). Observar la transmisión de la luz del semicilindro al aire mientras va cambiando el ángulo de incidencia de la luz sobre la interfase acrílico–aire. ¿Es posible encontrar algún ángulo para el cual la luz deja de transmitirse al aire? Si se encuentra dicha condición, esto significa que para dicha incidencia, la reflexión es *total* en la superficie plana interna del semicilindro.

- 1) Usando el láser, estimar en forma directa el valor del *ángulo crítico límite* θ_c para el cual deja de existir el rayo transmitido.
- 2) Otro modo de determinar el valor de θ_c consiste en representar gráficamente $\text{sen}(\theta_3)$ en función de $\text{sen}(\theta_1)$. A partir de la recta que mejor ajusta los datos experimentales, determinar el valor de θ_3 para el cual $\text{sen}(\theta_1) = 1$. Este valor de θ_3 es θ_c .
- 3) Para $\theta_3 > \theta_c$ no hay rayo transmitido. Usando el láser, comprobar que esta condición se cumple en el caso en estudio y verificar también que toda la luz incidente se refleja en la cara interna del semicilindro.
- 4) Usar la ley de Snell sujeta a la condición $\text{sen}(\theta_1) = 1$ y establecer una relación entre θ_c y el índice de refracción del material del semicilindro (n'). Estimar de esta manera el índice de refracción del semicilindro y comparar con los valores hallados anteriormente.

Referencias

[1] S. Gil y E. Rodríguez, *Física re-Creativa: Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*, Prentice Hall, Buenos Aires (2001) (www.fisicarecreativa.com) y referencias citadas.

[2] E. Hecht, *Óptica*, Ed. Addison Wesley, 3° ed., Capítulos 3 y 4 (1998).