



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA



FS-210 BIOFÍSICA
PRÁCTICA No. 3: Ley de Snell

Elaborada por: Jocsán Hernández

Revisada por: Jorge Salgado

1.- Introducción

Cuando un haz de luz incide sobre un medio transparente, una parte del haz se refleja en la frontera de los dos medios y la otra parte se transmite al segundo medio. Sin embargo, el haz de luz transmitido al otro medio no sigue la trayectoria original del medio de procedencia, sino que experimenta una desviación. La que depende del material transparente al cual ingresa. A este fenómeno que sufren las ondas, y por tanto la luz, de cambiar de trayectoria cuando pasa de un medio transparente a otro distinto se le llama refracción.

La **refracción** es el cambio de dirección y velocidad que experimenta una onda al pasar de un medio a otro con distinto índice refractivo. La refracción tiene su origen en el cambio de velocidad de propagación de la onda señalada.

Para entender mejor cómo es que la luz se refracta cuando viaja de un medio a otro distinto, usaremos un applet, la cual nos permitirá cambiar ambos medios, así como la longitud de onda de luz monocromática que vamos a refractar.

2.- Objetivos

- Desarrollar una comprensión de la naturaleza ondulatoria de la luz.
- Entender la relación entre índice de refracción y velocidad de la luz en un medio.
- Que el estudiante sea capaz de identificar un material al calcular su índice de refracción.

3.- Marco teórico

Propiedades de la luz

La luz es uno de los estudios más antiguos en los que el hombre se ha interesado, muchas de las leyes que describen su comportamiento son tan antiguas, elaboradas incluso siglos antes de Cristo.

La ley de Snell fue de hecho propuesta para ángulos de refracción pequeños en el año 120 D.C. por Ptolomeo; sin embargo, al fallar para ángulos grandes fue olvidada. 800 años después sería redescubierta con una descripción correcta por Ibn Sahl, matemático Persa, sólo para ser olvidada de nuevo durante el oscurantismo. Fue redescubierta por varios científicos de forma independiente, de distintas formas, unas más adecuadas que otras, al final la ley lleva el nombre de Willebrord Snellius, a pesar de que nunca público su descubrimiento en vida y la derivación físicamente adecuada de esta ley la hizo Fermat.

La ley de Snell, también conocida como ley de senos se aplica para cualquier onda electromagnética. De hecho, la luz visible es sólo una pequeña porción del espectro electromagnético existente.

Si bien ahora se sabe que la luz tiene un comportamiento dual (a veces se comporta como onda, a veces como partícula y nunca como ambas a la vez), esta ley se sigue cumpliendo. Además, se pueden hacer derivaciones más fundamentales que demuestran que bajo ciertas condiciones incluso partículas corpusculares pueden seguir esta ley.

Índice de refracción

Llamamos índice de refracción de un medio o material al **número sin unidades** o adimensional que describe qué tan rápido se mueve la luz en un medio con respecto a la velocidad de la luz en el vacío:

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

Aquí c es la velocidad de la luz en el vacío, la cual es aproximadamente 3×10^8 m/s y v es la velocidad de la luz en el medio. Einstein demostró correctamente una idea que había sido olvidada por un tiempo. No existe nada que viaje más rápido que la luz en el vacío, así que el índice de refracción de un medio casi siempre es un número mayor que uno, excepciones aplican cómo es el caso de la radiación de Cherenkov.

La ley de Snell-Descartes o Ley de refracción de senos

La deducción de esta ley está fuera del propósito del curso, así que no la haremos. Nos bastará con enunciarla y decir que hay muchas formas de llegar a la misma ecuación.

“La razón entre los senos de los ángulos incidente y de refracción es igual a la razón entre las velocidades de la luz en ambos medios, lo que es equivalente a la razón entre los índices de refracción”.

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Algo importante es que estos ángulos están medidos con respecto a la normal de la superficie de los medios, nunca con respecto a la horizontal, ver Figura 1.

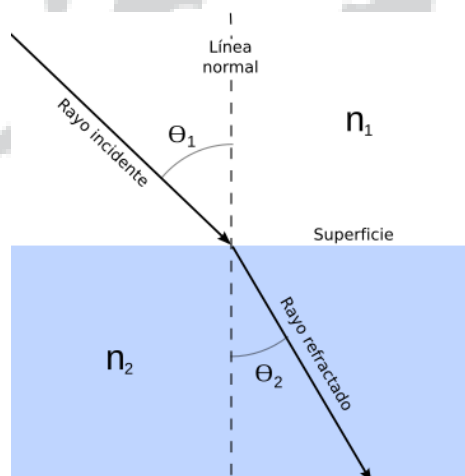


Figura 1: Ley de Snell.

4.- Procedimiento experimental

- 1.- Abrir el siguiente enlace: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_en.html con su navegador web, el cual le cargará el Applet mostrado en la Figura 2.

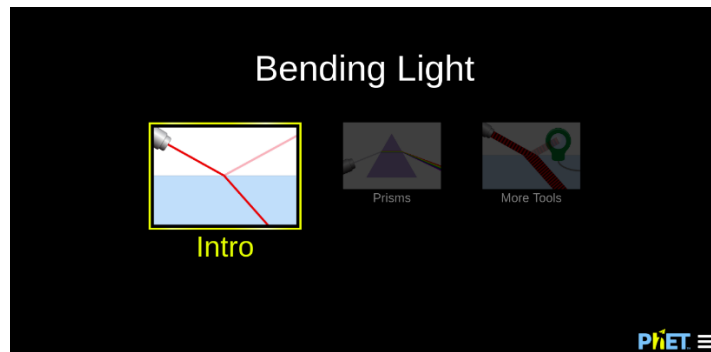


Figura 2: Applet ley de Snell.

- 2.- Dar clic donde dice Intro. Ahora se mostrará una pantalla como en la Figura 3.

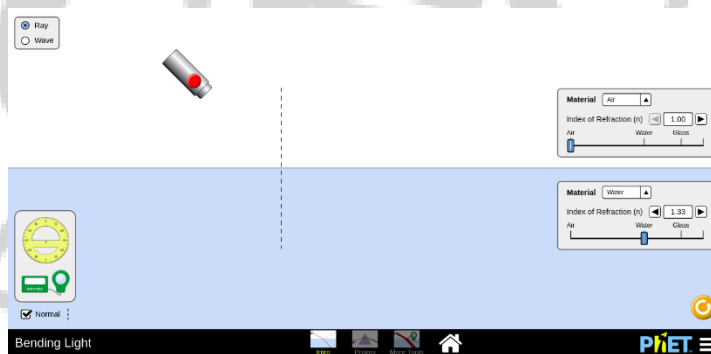


Figura 3: Applet ley de Snell, segunda pantalla.

- 3.- Observar los distintos parámetros y opciones que trae el applet.
 - a. En la parte superior derecha podemos elegir el material incidente, el applet trae seis opciones, entre ellas aire, agua y vidrio.
 - b. Justo debajo de las opciones del primer material están las del segundo (recuadro gris parte inferior derecha) que son idénticas.
 - c. Podemos dar clic al botón rojo del puntero láser lo que generará un haz de luz que se reflejará y refractará en la normal. Además, lo podemos rotar a voluntad.
 - d. En la parte inferior izquierda tenemos un transportador circular que podemos colocarlo para hacer distintas mediciones de ángulos.
 - e. Finalmente, en la parte inferior derecha está el botón de reinicio para comenzar de nuevo todo.
- 4.- Manipular las opciones anteriores hasta familiarizarnos con ellas, luego darle clic en el botón para reiniciar.

PARTE I – Medición del índice de refracción del agua

- 5.- Establezca los medios 1 y 2, como Aire y Agua respectivamente.
- 6.- Coloque el transportador en la frontera de ambos medios, como se lo indique su instructor, ver Figura 4.
- 7.- Proceda a colocar el haz de luz incidente a los 4 valores distintos que se muestran en la Tabla 1 y mida el ángulo de refracción (θ_r).

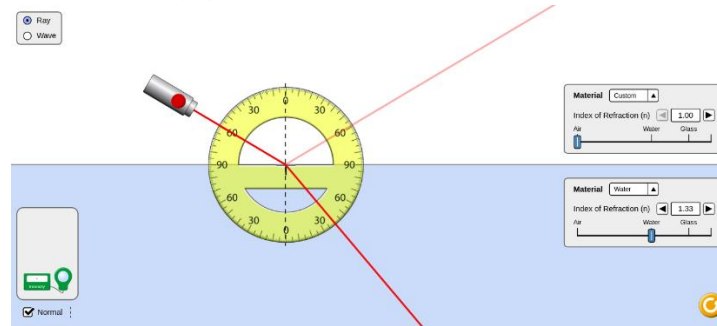


Figura 4: Posicionamiento del transportador y haz de luz.

- 8.- Anote los valores que se solicitan en la siguiente tabla:

Ángulo de incidencia θ_i (grados)	Ángulo de refracción θ_r (grados)	Índice de refracción del agua n_r
30°		
45°		
60°		
15°		
25°		

Tabla 1: Datos del índice de refracción.

PARTE II – Calcular índice de refracción de un medio desconocido

- 9.- Reiniciar el Applet.
- 10.- Esta vez ponga al medio incidente (medio 1) como el agua y ponga el segundo medio como *Mystery A* o *Mystery B*, el instructor asignará uno distinto a cada grupo.
- 11.- Repita los pasos del 6 al 7.
- 12.- Llene la siguiente tabla:

Ángulo de incidencia θ_i (grados)	Ángulo de refracción θ_r (grados)	Índice de refracción del material n_r
30°		
45°		
60°		
15°		
40°		

Tabla 2: Material desconocido.

5.- Tratamiento de datos experimentales

- 1.- Calcule el índice de refracción del agua utilizando la primera y segunda columna de la Tabla 1, ya sea por promedio o por regresión lineal, según solicite su instructor. Tome el índice de refracción del aire como $n_{\text{aire}} = 1.00$.

Nótese que la ley de Snell se puede reducir a una ecuación lineal, $y = m * x + b$, tomando:

$$y = \text{sen}(\theta_1), \quad x = \frac{\text{sen}(\theta_2)}{n_1} \quad y \quad m = n_2$$

Tomar el valor de b calculado en la regresión como el error absoluto. Esta última explicación en color verde es útil cuando el índice de refracción es calculado por medio de la regresión lineal.

- 2.- Calcule el índice de refracción del material *Mystery A* o *Mystery B* (según el que haya utilizado su grupo) utilizando la primera y segunda columna de la Tabla 2, ya sea por promedio o por regresión lineal, según solicite su instructor. Tome el índice de refracción del agua como $n_{\text{agua}} = 1.33$.

6.- Gráficas

- 1.- Grafique los puntos de ambas tablas (hacer dos gráficas) de la forma $y = \text{sen}(\theta_1)$ y $x = \text{sen}(\theta_2)$.
- 2.- Si el instructor solicitó calcular el índice de refracción mediante regresión lineal, realice las gráficas para los dos índices de refracción calculados utilizando las Tabla 1 y Tabla 2. Los ejes de ambas gráficas serán los siguientes:

$$y = \text{sen}(\theta_1), \quad x = \frac{\text{sen}(\theta_2)}{n_1}$$

7.-Análisis de resultados.

- 1.- ¿Cómo se comportan los ángulos refractados a medida nos acercamos a la normal?
- 2.- ¿Cuál es el material misterioso según su índice de refracción?
- 3.- ¿Cuánto es el error porcentual entre el índice de refracción del agua que se encuentra en tablas y el encontrado mediante el applet? Mostrar procedimiento.

8.- Cuestionario

- 1.- ¿Qué aplicaciones tiene la ley de Snell en el cuerpo humano?
- 2.- Se sabe que el índice de refracción varía según la longitud de onda de la luz incidente, ¿por qué no fue necesario tomar ello en cuenta en este experimento?

9.-Conclusiones

En base a los resultados obtenidos y analizando los objetivos de la práctica:

■

■

■

10.- Bibliografía

[1]José Gómez, Universidad de Valencia et al , "Laboratorio virtual, ley de Snell y cálculo de índice de refracción."

[2]Escuela de física et al , "Guía de FS210, Refracción y Reflexión Interna Total"

[3] J. WILSON, B. ANTHONY J, and L. BO, Física, Six ed.