

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

**Simulación de la refracción, reflexión y
transmisión de la luz
Teoría**

Author:
Julián SIERRA VÉLEZ

Chapter 1

Resumen

Aquí se presenta la base teórica de la simulación presentada. Se detalla cómo se comporta la luz al pasar de un material a otro, se halla el ángulo de refracción mediante la ley de Descartes-Snell, el ángulo crítico y la intensidad de reflexión y transmisión mediante la fórmula de Fresnel-Snell.

Chapter 2

Introducción

Cuando una onda que viaja en un medio impacta una interfaz y entra en contacto con un medio con diferente índice de refracción (ver FIG. 2.1), pueden ocurrir varios fenómenos.

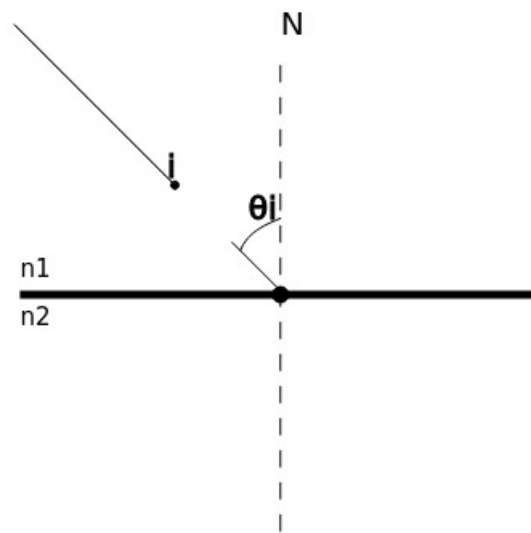


FIGURE 2.1: Interfaz plana con una onda incidente a un ángulo θ_i

La ocurrencia de estos fenómenos depende exclusivamente de tres parámetros. El ángulo de incidencia θ_i medido respecto a la normal de la superficie, y los índices de refracción n_1 y n_2 de los medios.

Si el índice n_1 del medio 1 es menor que el índice n_2 del medio 2, se dará una reflexión en el mismo medio y una refracción en el otro medio.

Si el índice n_1 del medio 1 es mayor que el índice n_2 del medio 2, hay un ángulo crítico. Este ángulo señala el ángulo a partir del cual se dará una reflexión total, es decir, todo el rayo incidente se refleja en el mismo medio.

En esta simulación se presenta la posibilidad de explorar estos fenómenos al incidir sobre una superficie plana homogénea e isotrópica, como en la FIG. 2.1, o sobre una superficie sinusoidal.

2.1 Valores para posicionar correctamente los rayos

En el código de la simulación hay unos valores que se pueden encontrar que a primera vista no tienen ningún sentido físico. Esto es porque en verdad no hacen parte del problema, sino que los utilicé para posicionar los objetos en alguna posición específica que quería. Matemáticamente es simplemente una pequeña traslación de coordenadas.

En la simulación el origen de coordenadas es la esquina superior izquierda, es decir el primer punto ubicado arriba a la izquierda está en la posición (0,0).

Por ejemplo, en la función que describe el objeto rayo aparece un valor d y un valor $d2$ de la siguiente manera:

$$d = cp.y - cp.x/tai$$

$$d2 = cp.y - cp.x/tat$$

En la ecuación anterior el valor $cp.x$ y $cp.y$ son la posición $(cp.x, cp.y)$ del punto a dónde llegará el rayo incidente, que es el punto de referencia cp . Los valores tai y tat son las tangentes del ángulo θ_i y θ_t respectivamente.

Por geometría básica uno puede encontrar el valor de y mediante la expresión $y = x/\tan(\theta)$. El valor $cp.x/tai$ encuentra la componente y de la posición del rayo incidente, cuando está en la componente x de cp . Es decir, qué tan distante va a llegar el rayo i al punto de referencia cp (ver Fig.2.2).

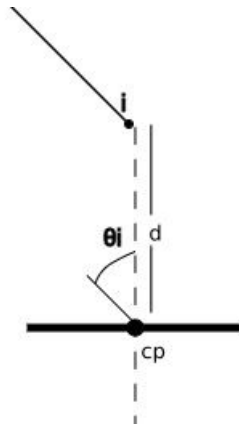


FIGURE 2.2: Significado variable d

Por lo tanto para graficar el rayo de manera que llegue al punto cp , al momento de calcular la componente y de su posición se le agrega esta diferencia (sería la posición y del rayo más la distancia $y+d=cp.y$).

Chapter 3

Reflexión

La reflexión de la luz en este caso es similar a imaginarnos un balón de fútbol que choca contra una pared y rebota. Este rayo de luz viene en un medio 1 y choca al entrar en contacto con un medio 2, resultando una parte de la onda incidente reflejada en ese mismo medio 1.

Un diagrama de la reflexión se puede ver a continuación:

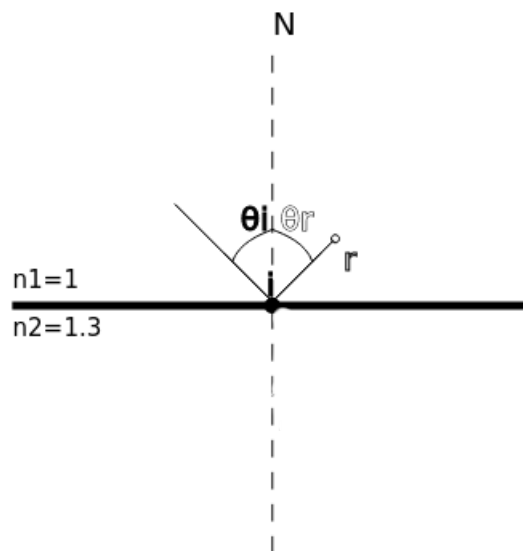


FIGURE 3.1: Reflexión presentada en una interfaz plana con una onda incidente a un ángulo θ_i y una onda reflejada a un ángulo θ_r .

La reflexión se puede dar de dos maneras.

3.1 Reflexión difusa

Se presenta en una superficie rugosa y refleja la onda en todas las direcciones. Este tipo de reflexión es el más común en los objetos de la vida cotidiana, donde los rayos procedentes de un punto se reflejan en direcciones aleatorias y no convergen, por lo que no se genera ninguna imagen especular.

3.2 Reflexión especular

Es el tipo de reflexión que se muestra en esta simulación. Se presenta en superficies lisas o pulidas como espejos, el agua cuando está quieta, una hoja de papel, etc. Este fenómeno sigue las leyes de reflexión, que han sido deducidas experimentalmente, aunque se pueden hallar teóricamente siguiendo el principio de Fermat.

Las leyes de reflexión son:

1. El rayo incidente, el reflejado y la recta normal en el punto de incidencia están contenidos en un mismo plano.
2. El ángulo de incidencia y de reflexión son iguales, es decir, $\theta_i = \theta_r$

3.3 Reflexión total

Cuando el medio 1 tiene un índice de refracción mayor al medio 2, es decir $n_1 > n_2$, hay un ángulo de incidencia a partir del cual toda la luz incidente se va a reflejar, entonces no habrá ninguna porción transmitida al otro medio. Este ángulo se conoce como el ángulo crítico.

Siguiendo la ley de Snell se puede encontrar que:

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (3.1)$$

Este tipo de reflexiones tiene grandes aplicaciones, como en la fibra óptica donde es este fenómeno el que no permite la pérdida de información.

3.4 Porcentaje reflejado

Siguiendo las fórmulas de Fresnel se puede calcular el porcentaje de la onda inicial que es reflejado. La fórmula es:

$$R = \left(\frac{n_1 \cos(\theta_t) - n_2 \cos(\theta_i)}{n_1 \cos(\theta_t) + n_2 \cos(\theta_i)} \right)^2 \quad (3.2)$$

Chapter 4

Refracción

La refracción se da cuando la onda de luz incidente pasa de un medio 1 a un medio 2. Este fenómeno describe el camino que toma la luz, que varía dependiendo del θ_i . El cambio en el índice de refracción hace que la luz viaje con una velocidad diferente dentro del medio, por lo que su ángulo respecto a la normal varía.

Un diagrama con este fenómeno se puede ver en la Fig. 4.1.

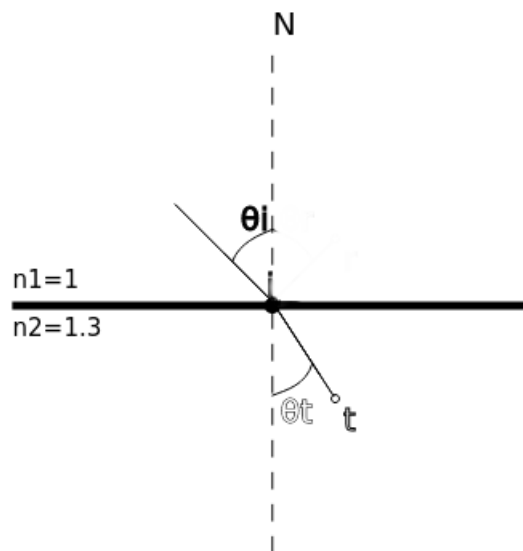


FIGURE 4.1: Transmisión presentada en una interfaz plana con una onda incidente a un ángulo θ_i y una onda refractada a un ángulo θ_t

Este fenómeno está descrito por la ley de Snell - Descartes que plantea que la relación entre las cosecantes de los ángulos de incidencia y de refracción permanece constante, es decir:

$$n_1 \sin(\theta_i) = n_2 \sin(\theta_t) \quad (4.1)$$

De donde se puede encontrar el ángulo refractado, es decir la porción del ángulo incidente transmitido al medio 2.

4.1 Porcentaje transmitido

Siguiendo las fórmulas de Fresnel se puede calcular el porcentaje de la onda inicial que es reflejada. A partir de este valor se puede calcular fácilmente el porcentaje transmitido, suponiendo que los medios no absorben nada de la luz incidente.

$$T = 1 - R \tag{4.2}$$

Chapter 5

Bibliografía

- Alonso, Marcelo; Finn, Edward J. (1998). Física 2. Madrid, España. ISBN 9789684442245.
- Sears, F.; Zemansky, M.; Freedman, R. (2009). Física Universitaria con Física Moderna 2. México. ISBN 978-607-442-304-4.
- Serway (2001). Física. México. ISBN 9702600154.
- Sears, F.; Zemansky, M.; Young, H. (2009). Física Universitaria con Física Moderna 2 (12ª edición). México. ISBN 978-607-442-304-4.