

LABORATORIO DE ONDAS Y FLUIDOS 2016-20

ÓPTICA DE MICROONDAS

José Restom y Paula Ordóñez
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia
21 de octubre de 2016

Resumen

En esta práctica experimental se realizaron varios montajes para estudiar la polarización de ondas, su reflexión y refracción además de intentar medir la velocidad de la luz. En el caso de la velocidad de la luz se obtuvo un gran error que se explica luego; los otros experimentos son cualitativos por lo que su descripción se encuentra en el resto de este informe.

1. Objetivos

- Estudiar métodos alternos de experimentación con ondas.
- Aprender a experimentar con microondas.
- Estudiar la ley de la refracción.
- Calcular índices de refracción.
- Estudiar métodos para calcular la velocidad de la luz.

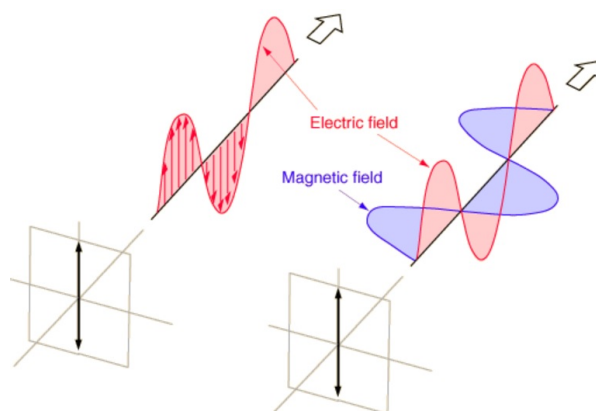


Figura 1: Polarización lineal

2. Marco Teórico

Los aparatos usados en la práctica experimental emiten microondas de energía que pueden ser asumidas como luz.

2.1. Polarización de ondas

La luz es una onda electromagnética y hay probabilidad de que se propague en todas las direcciones; en el caso experimental se polarizó, es decir, se restringe a una sola dirección de propagación.

2.1.1. Polarización lineal

En este caso se dice que una onda electromagnética está linealmente polarizada cuando se vuelve plana; en la siguiente imagen se puede observar esto más claramente: [1]

2.1.2. Polarización cruzada

Cuando se usa polarización cruzada la idea es crear un ángulo de 90° para eliminar la transmisión de la onda. [2]

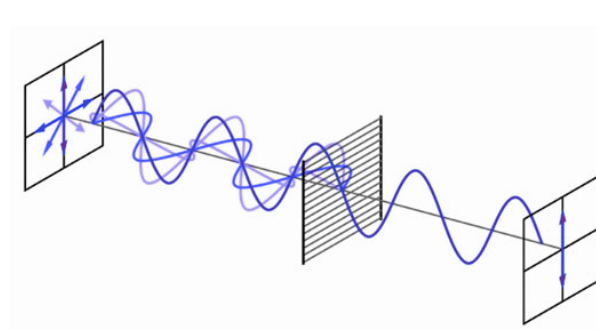


Figura 2: Polarización cruzada

2.2. Reflexión

La ley de reflexión establece que un rayo incidente sobre una superficie reflectante, será reflejado con un ángulo igual al de incidencia.[3]

2.3. Longitud de onda y velocidad de la luz

La longitud de onda es la distancia que recorre una perturbación en determinado tiempo; este intervalo es tomado entre dos máximos. La velocidad de la luz es una constante universal que puede ser medida y es tomada respecto al vacío; se representa como $C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$.

2.4. Refracción

La refracción de una onda es cuando esta choca contra un medio y se “dobla”, esto sucede cuando la onda entra a un medio de propagación diferente al que tenía.

3. Análisis

3.1. Polarización de ondas

En esta parte se pusieron el transmisor y el receptor uno frente a otro; frente al receptor se pone un polarizador y se observan las medidas. En el receptor se pone una medida de referencia y sensibilidad, en este caso se pone como medida de referencia $20 \mu A$. El polarizador se puso en dos posiciones distintas y se tomaron las medidas en el receptor. El montaje se puede ser en la imagen a continuación:

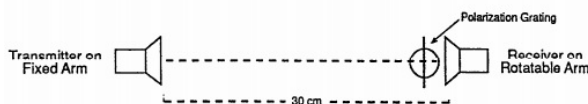


Figura 3: Montaje usado para polarizar las microondas

3.1.1. Polarización lineal

Para esta sección experimental se usó un polarizador como el de la siguiente imagen:



Figura 4: Polarizador

HORIZONTAL

En este caso el polarizador se dejó con la misma

orientación mostrada en la figura anterior. Al encender el transmisor se observó que registraba $12 \mu A$.

VERTICAL

El polarizador se rotó 90° respecto al montaje anterior y al encender el transmisor, se observó que en el receptor se recibían $6 \mu A$. Por lo tanto, al recibir menor intensidad se puede decir que para un polarizador lineal esta es la manera más eficiente de polarizar la onda.

3.1.2. Polarización cruzada

Para este caso se rotó el receptor 45° para observar el fenómeno. Al observar el registro del receptor se obtiene que recibe $1 \mu A$, lo cual significa que la onda se polarizó en ambas direcciones en su mayoría al ser un valor cercano a 0. El polarizador envió la onda en un sólo sentido y al girarse el receptor se evita que se perciba parte de esa onda que se transmitió desde el polarizador.

3.1.3. Preguntas

¿Cómo afecta el polarizador a la onda incidente?

El polarizador hace que se “elimine” parte de la onda que está compuesta por campo magnético y eléctrico; cada componente va en una dirección distinta por lo que el polarizador bloquea a uno dependiendo de cómo se encuentre montado.

3.2. Reflexión

En este caso se usó el montaje observado en la imagen a continuación, en la que el receptor se giró a 90° respecto del transmisor y en medio de ellos se colocó una grilla pequeña para observar el efecto de reflexión:

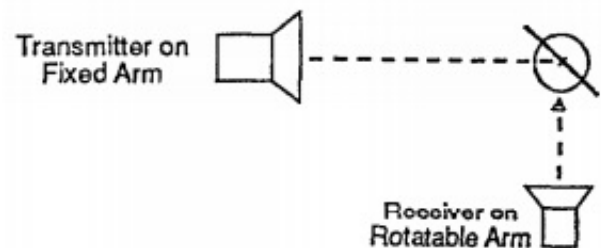


Figura 5: Montaje para la reflexión

Se estableció la grilla a un determinado ángulo respecto a su horizontal; luego se rotaba el brazo que controlaba el receptor hasta encontrar un máximo en

su medidor y se tomaban unas medidas alrededor de este.

Grados del Brazo($^{\circ}$)	Medida en el receptor(μA)
90	22
83	30
84	25
89	23

Cuadro 1: Tabla de la grilla a 45°

Se giró la grilla a otro ángulo para observar el comportamiento y se obtuvo:

Grados del Brazo($^{\circ}$)	Medida en el receptor(μA)
90	12
100	22
95	15

Cuadro 2: Tabla de la grilla a 53°

3.2.1. Preguntas

1. *¿Cuál es la relación que hay entre el ángulo de incidencia y el de reflexión? ¿Esta se relación tiene para todos los ángulos de incidencia?*

En este caso si hay una relación observada durante los experimentos. Cuando el ángulo de incidencia es mayor, el de reflexión es menor. Puede ser observado en los datos en ambas tablas donde el ángulo de incidencia es el ángulo de la grilla y el de reflexión es el del receptor.

2. *¿Por qué la onda se refleja en distintos ángulos? ¿Esto afecta la respuesta a la pregunta 1?*

Porque la onda que se está manejando tiene una buena longitud además de que tiene cierta expansión por el espacio y la parte que choca con la grilla es la que incide. Esto ayuda a justificar la respuesta a la pregunta 1.

3. *¿Esperaría resultados diferentes si la onda fuera plana?*

En este caso esperaría resultados distintos, ya que cuando se trata de una onda plana el ángulo de incidencia es igual al de reflexión. En este caso la grilla actúa como un espejo plano y se puede obtener:

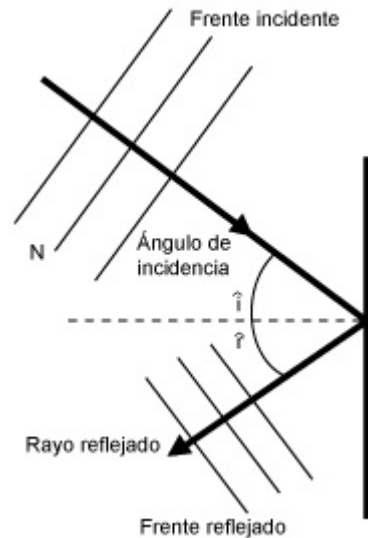


Figura 6: Reflexión de ondas planas

3.3. Longitud de onda y velocidad de la luz

En este caso se hizo un montaje como el mostrado en la imagen:

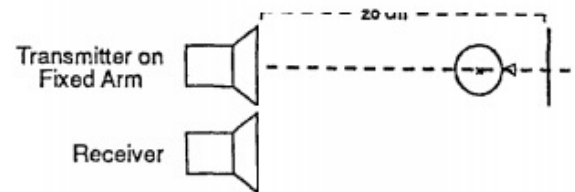


Figura 7: Montaje para medir la longitud de onda

En este caso se trata de encontrar un sitio donde en el receptor se registre un máximo y se observa la distancia a la que ha sido movido el reflector. Acá no se podía medir la longitud completa pero si un cuarto de ella. Se obtuvo:

$$\frac{\lambda}{4} = 23,6cm$$

$$\frac{\lambda}{4} = 0,236m$$

Con esto podemos estimar la longitud de onda total al multiplicarlo por 4 y se tiene que:

$$\lambda = 0,944m$$

En la guía del aparato dan la frecuencia que emite el aparato, la cual es $10,525 \times 10^9 Hz$, con estos datos podemos estimar la velocidad de la luz:

$$C = f \cdot \lambda$$

$$C = 10,525 \times 10^9 \text{ Hz} \cdot 0,944 \text{ m}$$

$$C = 9,9366 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como se conoce el valor de la velocidad de la luz, se puede hallar error:

$$\text{error} = \frac{\text{experimental} - \text{teorico}}{\text{teorico}} \cdot 100$$

En este caso se reemplazaron los datos y se obtuvo que:

$$\text{error} = 231 \%$$

En este caso el error se pudo dar porque la frecuencia emitida no era la dicha, se tomó mal la longitud de onda además de que el valor de referencia es la velocidad de la luz en el vacío y en el aire puede cambiar un poco. Otra fuente de error pudo ser que hubo dificultad para lograr tener un máximo registrado en el receptor.

3.4. Refracción a través de un prisma

Para este montaje se usó un prisma entre el transmisor y el receptor, este estaba compuesto por icopor y se le podían agregar bolitas de poliestireno. El montaje se muestra a continuación:

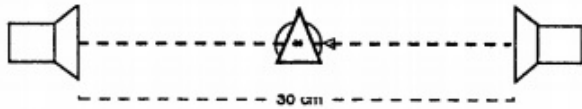


Figura 8: Montaje de reflexión con prisma

3.4.1. Prisma vacío

Cuando el prisma está vacío se pone alineado como se muestra en el montaje; se fue rotando el receptor y se obtuvo que el máximo registrado fue $21 \mu A$ cuando estaba a 186° .

3.4.2. Prisma lleno

Se llena el prisma con las bolitas de poliestireno y se busca un nuevo máximo que en este caso se obtuvo a $54 \mu A$ cuando el receptor estaba a 192° donde su posición inicial fue 180° respecto al transmisor para los dos casos.

Usando las ecuaciones proporcionadas en la guía se puede hallar el índice de refracción de las bolitas de poliestireno.

$$\sin\left(\frac{\theta}{2} + 17,5^\circ\right) = 0,30n \quad (1)$$

Se usa el ángulo obtenido acá:

$$\sin\left(\frac{192}{2} + 17,5^\circ\right) = 0,30n$$

$$0,39 = 0,30n$$

$$\frac{0,39}{0,30} = n$$

$$1,31 = n$$

Donde n es el índice de refracción de las bolitas de poliestireno. En este caso también se puede calcular la constante dieléctrica:

$$E_r = n^2 \quad (2)$$

$$E_r = (1,31)^2$$

$$E_r = 1,71$$

3.4.3. Preguntas

1. *Cuando el prisma está vacío, ¿la onda se refleja, se refracta o es absorbida?*

En este caso la onda es refractada, ya que al pasar por el prisma la dirección cambia.

2. *Basado en la Figura 7, ¿Es válido asumir que la onda no se refracta cuando choca con el primer lado del prisma?*

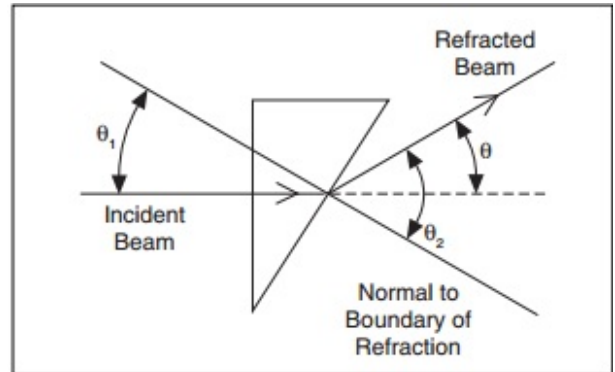


Figura 9: Ángulos de refracción

En este caso es correcto asumir que la onda no se refracta cuando choca contra el primer lado del prisma porque el material del que este está compuesto es "transparente a las ondas" por lo cual es como si siguiera moviéndose por el aire.

3. *Usando este aparato, ¿Cómo comprobaría que el índice de refracción del aire es igual a 1?*

Usando este aparato se podría comprobar que el índice de refracción del aire es igual a uno obteniendo una medida para la velocidad de la luz y dividiéndola entre el valor teórico. Esto se puede realizar con el experimento anterior a éste.

4. *¿Esperaría que el índice de refracción de las bolitas de poliestireno en el prisma sea igual prisma en poliestireno sólido?*

No, ya que al agregar las bolitas al prisma puede quedar espacio entre ellas y esto puede llevar a diferencias entre las bolitas y el molde sólido.

4. Conclusiones

- Las microondas usadas en la polarización lineal tienen mayor magnitud horizontal.
- El ángulo de incidencia afecta el ángulo de reflexión.
- Las ondas planas tienen un comportamiento distinto a las estudiadas.
- Para hallar la velocidad de la luz se necesitan medios más precisos.

- Una pequeña variación en un índice de refracción puede hacer que el rayo cambie mucho.
- La velocidad de la luz es difícil de medir correctamente en un medio tan simple como el usado.

Referencias

- [1] OLMO, M. y NAVE, R. *Clasificación de la polarización*. Recuperado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html>
- [2] OLMO, M. y NAVE, R. *Polarizadores cruzados*. Recuperado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polcross.html>
- [3] OLMO, M. y NAVE, R. *Ley de la reflexión*. Recuperado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/fermat.html>