

Laboratorio de Ondas y Fluidos 201610
EXPERIMENTO 13: ÓPTICA DE MICROONDAS PARTE II

Sofía Delgado Balaguera¹ Luis Duarte Lizarazo²

¹*Departamento de Geociencias e Ingeniería Civil y Ambiental*

²*Departamento de Geociencias*

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

02-05-2016

Resumen

El estudio de ondas electromagnéticas ha sido de gran influencia en la física contemporánea y en la actualidad se pueden observar diversas aplicaciones de dicho estudio. En este caso, el enfoque va de la mano con ondas de microondas, las cuales poseen diversas características como el hecho de que son ondas con altas frecuencias y bajas longitudes de onda. Durante la práctica experimental se utilizaron equipos que produjeron microondas y se realizaron en particular experimentos como polarización e interferencia por una rendija, de los cuales se obtuvieron datos como los ángulos del receptor y las medidas tomadas del lector, para posteriormente realizar el análisis pertinente de las mismas.

1. Introducción

Las ondas electromagnéticas, son definidas como producto de la combinación de un campo eléctrico y uno magnético que oscilan no necesariamente a la misma frecuencia. Estas ondas, a diferencia de ondas mecánicas como el sonido, no requieren un ningún medio de propagación para poder emitirse. De esta forma, son las ondas más comunes en el espacio (y las más comunes) estando presentes de rayos provenientes de estrellas. Las microondas, más específicamente, son un tipo de ondas electromagnéticas que se están a una frecuencia entre 300 MHz y 300GHz y con una longitud de onda que está entre 1m y 1mm. Este tipo de ondas forman parte del espectro de alta frecuencia de las ondas electromagnéticas y el hecho de que sean un tipo de onda electromagnética implica directamente que, al propagarse, transportan energía que desde su descubrimiento, se ha intentado aprovechar al máximo para el uso humano.

Las microondas se caracterizan por estar presente en muchos fenómenos cotidianos. De aquí a que su importancia física esté condicionada por la amplia aplicación que involucra no solamente en la industria sino en situaciones cotidianas, como por ejemplo, el uso de hornos microondas, el uso de proyectores de imágenes, la transmisión de señales de radio, entre otros.

Sin embargo, es posible detectar microondas a partir de distintos métodos, uno de ellos es la óptica de microondas donde a pesar de que debido a la longitud y frecuencias de onda que las caracterizan no son visibles al ojo humano, sí es posible detectar el camino por el que se propagan a través de cambios que den pistas de por donde se mueven, en especial esto se hace más sencillo si las microondas están polarizadas.

Para esta práctica se pretende estudiar las ondas electromagnéticas microondas, a partir de un generador y un receptor de microondas a partir de la ilustración y ejercicios ofrecidos del manual de instrucciones del equipo diseñado para la emisión de ondas. Así, es necesario considerar que el campo eléctrico de una onda electromagnética es inversamente proporcional a la distancia desde la fuente:

$$E = \frac{1}{R} \quad (1.1)$$

Además también es necesario considerar que la intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente:

$$I = \frac{1}{R^2} \quad (1.2)$$

2. Procedimiento experimental

Se utiliza para el desarrollo del experimento alguno de los siguientes equipos: PASCO, 3B Scientific y Central Scientific Company. Se debe tener en cuenta que para evitar riesgo no se debe mirar en frente de las antenas cuando esté encendido. Se ajusta el equipo de microondas que se va a utilizar para realizar el procedimiento experimental. Para esta práctica se debe tener en cuenta el manual de instrucciones de uso de los equipos.

2.1 Primera parte

Se verifican los elementos que vienen junto con el equipo y se organizan las partes a las cuales se les dará uso. Se realiza el ajuste ya mencionado para posteriormente manejar el equipo de acuerdo al manual de instrucciones

suministrado, para este caso se utilizó el equipo PASCO cuyo manual de instrucciones es E1, en principio se consulta Introduction to the System y se siguen las instrucciones dadas en la sección. Además de esto se ajustan las escalas de corriente con las perillas correspondientes.

2.2 Segunda parte

Se realizan los experimentos correspondientes a ondas estacionarias y cálculo de la longitud de onda, interferencia por una doble rendija (difracción) y polarización, los cuales se encuentran explicados en el manual correspondiente al equipo, es decir E1.

3. Análisis de resultados

Interferencia por una doble rendija:

Se obtuvo la siguiente tabla de datos al realizar el experimento de difracción o de interferencia por una doble rendija:

Angle of reciever	Meter reading	Angle of reciever	Meter reading
0	0,7	45	0,12
5	0,68	50	0,8
10	0,62	55	0,6
15	0,58	60	0,4
20	0,46	65	0,4
25	0,4	70	0,2
30	0,36	75	0,2
35	0,26	80	0,2
40	0,18	85	0,2

Tabla 1. Medida tomada del lector por ángulo variable del receptor.

1. A partir de los datos tomados se realiza una gráfica de medidas tomadas del lector frente al ángulo y se identifican los máximos y mínimos que se producen con el patrón de interferencia.

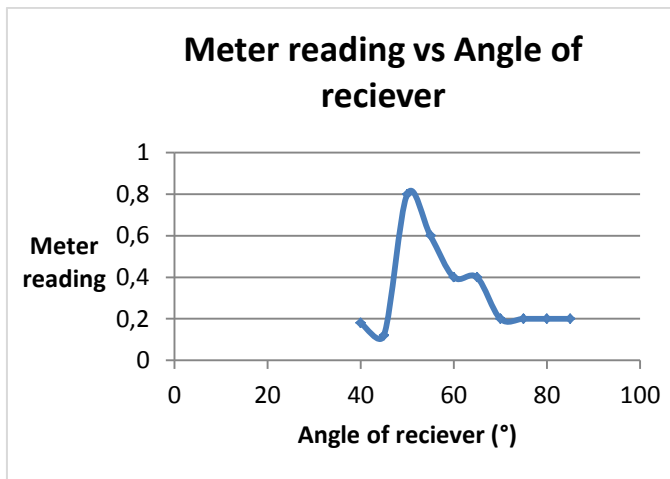


Figura 1: Ángulo vs Lectura del receptor.

Al realizar la gráfica se obtuvo un máximo y un mínimo dominantes mientras que sucedió el patrón de interferencia, se encontró que el máximo se presenta con un ángulo de 50° con una magnitud de 0,8, y que además el mínimo se presenta con un ángulo de 45° con una magnitud de 0,12.

2. Calcular los ángulos en los que se esperaba que hubiera un máximo y un mínimo teniendo en cuenta que en un fenómeno de difracción estándar se encuentran en $d \sin \theta = n \lambda$ para el caso del máximo y $d \sin \theta = \frac{n \lambda}{2}$ para el caso del mínimo. Comparar los resultados obtenidos experimentalmente con los obtenidos de forma teórica y decir si es posible explicar las discrepancias encontradas.

Tenemos que d es la separación entre las rendijas, n un número arbitrario entero y λ como la longitud de onda. Tal y como se plantea el experimento la longitud de onda utilizada en este caso es 2.85 cm, se tomará n como 1 y la distancia entre rendijas es de aproximadamente 3 cm. Reemplazando los valores encontrados en las fórmulas obtenemos que para el máximo $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{2.85 \text{ cm}}{3 \text{ cm}}\right) = 71.8^\circ$ y que para el mínimo $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{2.85 \text{ cm}}{2(3 \text{ cm})}\right) = 28.4^\circ$. Si comparamos los máximos y mínimos de la forma experimental con la forma teórica tenemos que:

$$E\% = \frac{|Valor Teórico - Valor Experimental|}{Valor Teórico}$$

$$EMáximo = \frac{|71.8 - 50|}{71.8} = 30.3 \%$$

$$EMínimo = \frac{|28.4 - 45|}{28.4} = 58.4 \%$$

El error encontrando evidentemente el alto, esto puede deberse a diferentes factores tales como malas mediciones por parte de los experimentadores, e inclusive fallas en el montaje de la práctica.

3. Diga si es posible explicar la disminución relativa de la intensidad a medida que hay máximos de mayor orden, diga también cómo funcionan los patrones de hendidura individuales y cómo estos afectan la interferencia global.

Para hendiduras individuales se puede decir que cuando se encuentra la onda distorsionada por un obstáculo (en este caso una rendija) se pueden ignorar los efectos de los extremos. Se supone a un observador ubicado a una

distancia considerable de la rendija y por lo tanto se puede observar que los puntos del plano se convierten en fuentes secundarias de onda al incidir sobre la rendija y difractando nuevas ondas.

Polarización:

Para iniciar se asume que si la lectura del receptor (M) fuera directamente proporcional al Campo Eléctrico sobre su propio eje, la lectura sería equivalente a $M = M_0 \cos \theta$ donde M_0 es la lectura en el caso en el que $\theta = 0$ y θ es el ángulo existente entre el detector y el diodo del transmisor. Graficando la lectura obtenida por el receptor y la relación teórica de la onda sobre el eje x se obtiene:

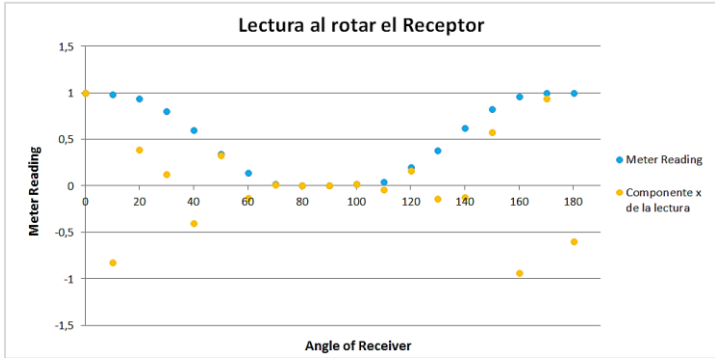


Figura 2: Lectura del receptor vs. Componente x de la onda.

La gráfica de la Figura 2 evidencia que la lectura del receptor solo toma valores positivos mientras que la deducción teórica de la componente x de la onda que viaja toma valores tanto positivos como negativos. Este comportamiento tipifica el hecho de que al no existir un polarizador en este primer experimento, el receptor lee la suma completa de las componentes en todas las direcciones de la onda, dando como resultado los valores de lecturas positivas.

Ahora, si se piensa en que la intensidad de la onda es proporcional al cuadrado del Campo Eléctrico, relación dada por $I = kE^2$, la lectura del receptor sería directamente proporcional a la intensidad de la microonda incidente, dando como resultado la relación $M = M_0 \cos^2(\theta)$. De esta manera, al graficar una vez más la lectura realizada hecha por el receptor y el cálculo teórico de la intensidad de la onda linealmente polarizada, se obtiene que:

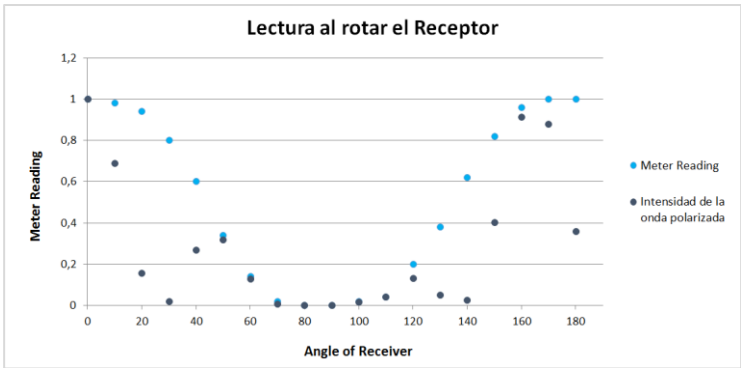


Figura 3: Lectura del receptor vs intensidad de la onda linealmente polarizada.

La gráfica de la Figura 3 muestra que mientras los valores de la lectura son los mismos (positivos) los de la intensidad teórica decrecen en una envolvente exponencial, se hacen 0, y crecen en la misma envolvente de forma que los ceros de ambas gráficas coinciden. Este comportamiento tiene sentido por el hecho de que a medida de que el receptor registra un acercamiento a un valle de la onda, la intensidad de la misma también debe disminuir de manera ondulatoria.

Seguidamente, es de resaltar el comportamiento que efectúa el polarizador sobre la manera en que llega la microonda al receptor. Basándose en los datos obtenidos al rotar el transmisor de onda:

CON POLARIZADOR (ROTANDO EMISOR)	
Angle of polarizer	Meter reading
0	1
22,5	0,8
45	0,3
67,5	0,02
90 (vertical)	0

Tabla 2: Lecturas del receptor usando el polarizador.

Es posible establecer que en un intervalo de 90° la onda se ha polarizado completamente, haciendo que la lectura al final sea 0. Esto quiere decir que a medida que se rota pausadamente el transmisor, la onda va rotando su propagación con el efecto que al llegar hasta el polarizador las componentes compatibles con la dirección de las rendijas del polarizador se cancelan y sólo sobrepasan las componentes perpendiculares a la dirección de las rendijas, que resultan siendo el valor de la lectura del receptor.

Así, es posible concluir que al hallar polarización y cancelación total de la microonda cuando el transmisor ha rotado 90°, la dirección de propagación de la onda está definida sobre la coordenada y , por lo que al encontrarse en 0° (perpendicular a la dirección horizontal de las rendijas del polarizador) no sufre polarización y la lectura sobre el receptor es completa (1).

Finalmente, una explicación por la que la señal que recibe el detector resulta mayor al añadir un polarizador adicional puede ser que debido a que la onda, cuando se polariza, no puede ver perdida su energía total (porque la energía no se conservaría) redistribuye la energía de la componente que se ve cancelada a la componente en la que puede seguir propagándose y si esta dirección de polarización total coincide con la dirección a la que está ubicada el receptor, la lectura será mayor a diferencia de los experimentos anteriores en los que al recibir la onda en más de una dirección de polarización, el receptor no leía la onda en la dirección opuesta a la que se ubicaba.

4. Conclusiones

- Se encontró que la relación entre el campo eléctrico y la intensidad de la onda son inversas y que ambas características dependen directamente de la distancia que hay entre la fuente el emisor y el receptor.
- Para esta serie de experimentos pudo determinarse que se trataba de una onda plana/esférica, deducido a partir de las observaciones hechas al girar el receptor del tornillo de mano.

5. Referencias

1. Departamento de Física. (2016). *Experimento12 & 13: Óptica de microondas*. Bogotá. Universidad de los Andes
2. French, A. P. (1974). *Vibraciones y ondas: Curso de física del M.I.T.* Barcelona: Editorial Reverté.