

Laboratorio de Ondas y Fluidos 201610
EXPERIMENTO 14: DIFRACCIÓN DE LUZ LÁSER POR DOS RENDIJAS

Luis Felipe Duarte L.¹ Sofía M. Delgado Balaguera²

¹*Departamento de Geociencias e Ingeniería Ambiental y Civil*

²*Departamento de Geociencias*

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

16-05-2016

Resumen

El fenómeno de difracción posee una amplia cobertura de estudio, en medida principalmente a la variedad de aplicaciones que se encuentran de lo mismo. Como objetivo de la práctica experimental se desea analizar la difracción de rayos monocromáticos, en este caso un láser y el patrón observado al poner de obstáculo dobles rendijas, las cuales difieren en propiedades como la magnitud de la separación entre ellas y el ancho de las rendijas individuales. Además calcular la longitud de onda del láser teniendo ya la imagen del patrón de difracción presentado. Durante la práctica se obtuvo que la longitud de onda en cada una de las rendijas es muy similar, además de esto se analizó a profundidad el efecto que posee la anchura de una rendija en la difracción y cómo el principio de Fraunhofer rige el modelo resultante.

1. Introducción

En el estudio de las ondas electromagnéticas, existen muchos fenómenos relacionados a la óptica que estas ondas son capaces de generar. Uno de estos que suele suceder en la vida cotidiana, es la Difracción de la luz causada por el cambio en el medio de propagación de la onda. Durante esta práctica experimental se estudió, más específicamente, la difracción de una onda de luz láser de longitud de onda grande (630 nm) a través de dos rendijas con diferentes características de aperturas.

Para comprender de mejor manera este fenómeno de ondas electromagnéticas, es importante considerar la teoría de “Difracción de Fraunhofer” la cual propone que el patrón de difracción que se forma al establecer una distancia muy grande entre la fuente de onda y la pantalla receptora, es conformado por rayos que inciden de manera casi paralela sobre la pantalla, es decir, ondas casi planas. En el caso más ideal, la fuente está alejada infinitamente de la pantalla, con lo que las ondas incidentes sobre la pantalla son completamente planas y llegan perfectamente paralelas.

Este fenómeno, resulta ser un caso particular de la Difracción de Fresnel, en la que al poseer rayos que llegan de manera casi paralela resulta más sencillo analizar su patrón de difracción.

Esta teoría sobre la difracción a través de rendijas resulta muy útil en la investigación y la ciencia ya que al tratarse de un fenómeno de ondas, se puede aplicar

a cualquier tipo de ondas que pueda ser difractado, es decir, a la gran mayoría, especialmente a las electromagnéticas; por ejemplo, el estudio de la cristalografía de minerales formadores de roca para aprovechamiento de las propiedades de su red cristalina es realizado a través de difracción de Rayos X, e incluso con esta misma técnica, fueron comprobadas las teorías acerca de la estructura helicoidal del ADN en 1953. Además, también es útil en la Física de partículas, ya que es posible estudiar el comportamiento de partículas derivadas de ondas como neutrones y protones.

La teoría de Fraunhofer ofrece una expresión matemática que al ser tratada resulta en una nueva ecuación con la cual es posible conocer la longitud de onda a partir de parámetros experimentales, esta nueva expresión está dada por:

$$\lambda = \frac{D}{nL} x \quad (1.1)$$

Donde D es el ancho de la rendija, n es el número de máximo o mínimo tenido en cuenta, L es la distancia entre la rendija y la pantalla y x la distancia existente entre el máximo central (de mayor intensidad) al siguiente máximo o mínimo.

2. Procedimiento experimental

Durante el procedimiento experimental se utilizó un láser He-Ne con longitud de onda en nanómetros, además de rendijas dobles con propiedades de grosor

de rendijas individuales diferentes. Se utilizó un porta-rendijas y una pantalla traslúcida cuadrículada que recibe los rayos enviados. Por último un flexómetro para medir distancias al igual que un calibrador, además una cámara y un computador portátil para captar el fenómeno de difracción presentado con cada una de las rendijas.

2.1 Primera parte

Inicialmente se coloca el porta-rendijas a una distancia aproximada de 70 cm del láser y se acomoda de tal forma que en la pantalla se observe el patrón de difracción de la forma más clara posible. Se mide la distancia entre las rendijas y entre la pantalla traslúcida, esta longitud debe permanecer constante durante todo el experimento. Además se debe medir la longitud de las cuadrículas de la pantalla traslúcida.

2.2 Segunda parte

La diferencia entre las diferentes rendijas radica en la variación de anchos de rendija y la variación entre la separación de las mismas. Se introduce cada una de las rendijas y de cada una se busca obtener el mejor patrón de difracción de tal forma que la imagen en el computador sea lo más nítida posible. El objetivo es medir la longitud entre franjas brillantes y oscuras en el patrón mediante la cuadrícula para saber el valor real de la medida tomada.

3. Análisis de resultados

Inicialmente, a partir de fotografías digitales tomadas del patrón de difracción producido sobre la pantalla de pergamino, y estableciendo un factor de conversión de píxeles a cm, es posible medir la distancia entre el máximo de mayor intensidad y los adyacentes. Estas distancias pudieron identificarse como casi simétricas al máximo central, y fueron reportadas.

CM					
RENDIJA #1: U14100					
Máximo	Apertura #1	Apertura #2	Apertura #3	Apertura #4	Apertura #5
-4	4,420	1,455	1,136	2,785	2,813
-3	3,187	1,109	0,831	1,594	1,566
-2	2,356	0,721	0,554	1,095	1,095
-1	1,025	0,374	0,291	0,554	0,554
Máximo Central (0 cm)					
1	1,039	0,402	0,305	0,568	0,582
2	2,328	0,762	0,568	1,136	1,109
3	3,132	1,136	0,831	1,621	1,566
4	4,393	1,483	1,122	2,785	2,799

Tabla 1: Distancias entre máximos estimadas para la rendija U14100.

CM					
RENDIJA #2: U14101					
Máximo	Apertura #1	Apertura #2	Apertura #3	Apertura #4	Apertura #5
-4	4,420	4,393	/	4,504	4,323
-3	3,076	3,090	/	3,381	3,146
-2	2,328	2,314	0,956	2,259	2,217
-1	0,970	1,039	0,707	1,109	1,109
Máximo Central (0 cm)					
1	1,095	1,039	0,721	1,095	1,178
2	2,370	2,342	0,928	2,286	2,273
3	3,243	3,118	/	3,367	3,076
4	4,420	4,407	/	4,490	4,296

Tabla 2: Distancias entre máximos estimadas para la rendija U14101.

A partir de las Tablas 1 y 2 es posible concluir que, para los 10 patrones de difracción que generan las primeras dos rendijas, se obtienen distancias altamente simétricas con respecto al máximo central de mayor intensidad. Esto supone que la difracción hecha por las aperturas genera una propagación de rayos casi paralelos que evidencian la simetría respecto al centro; enunciado que corresponde a la Teoría de Fraunhofer. Finalmente, se consideró una rendija más, la U14102, en la que se obtuvieron las siguientes distancias:

CM				
RENDIJA #3: U14102				
Máximo	Apertura #1	Apertura #2	Apertura #3	Apertura #4
-4	4,393	/	/	/
-3	3,326	/	/	/
-2	2,300	1,774	2,688	1,912
-1	1,067	0,901	0,845	0,804
Máximo Central (0 cm)				
1	1,136	0,873	0,859	0,831
2	2,314	1,746	2,730	1,885
3	3,450	/	/	/
4	4,670	/	/	/

Tabla 3: Distancias entre máximos estimadas para la rendija U14102.

En contraste, se obtuvo que para esta rendija, el patrón de difracción no poseía la misma cantidad de máximos que las otras rendijas. Este comportamiento puede ser explicado ya que esta rendija posee la característica de cambiar la cantidad de aperturas por unidad de longitud, lo que hace que, al ser un número mayor se difracte en mayor cantidad la luz láser, y en consecuencia, se produzcan menos máximos de intensidad.

Así que, usando estos datos se obtuvo que a partir de la expresión dada por la ecuación (1.1) con $n = 1$, es decir, considerando la distancia al primer máximo de

intensidad se obtuvieron las siguientes longitudes de onda:

LONGITUD DE ONDA	
RENDIJA 1	638,2404
RENDIJA 2	638,5496

Tabla 3: Longitudes de onda para cada rendija.

- ¿Cómo afecta el ancho de las rendijas al patrón de difracción?

En principio se tiene que en la rendija con ancho determinado se pueden encontrar infinita cantidad de focos (los cuales se encuentran en fase unos con otros) emisores de frentes de ondas cilíndricos que se superponen unos con otros y este fenómeno da paso a la formación del frente de onda de luz que da el patrón de difracción de la misma. Por lo tanto, las ondas emitidas en los focos que posee la rendija y la interferencia entre estas serán las causantes de la observación de la luz en un punto determinado.

Cuando consideramos una rendija de ancho a , la luz es refractada en todas las direcciones con un ángulo determinado. En el borde superior de la rendija se puede ver que el rayo que difracta interfiere de forma destructiva con el rayo difractado proveniente de la parte central de la rendija, además de esto no solo hay una interferencia destructiva sino que entre el rayo difractado en la mitad y el rayo difractado en el borde inferior de la rendija también se evidencia dicha interferencia. Cabe resaltar que el caso para el cual se está realizando el análisis es para un rayo de luz monocromático, en este caso un láser. A partir de las observaciones anteriores se encuentra que en la dirección determinada de difracción de la luz hay un cero en la intensidad. En el caso de que el ángulo sea nulo la interpretación anterior difiere puesto que no existe desfase entre los rayos provenientes en cada foco y por tanto en este punto lo que encontramos es un máximo central de intensidad para el patrón de difracción.

4. Conclusiones

- En el caso de la difracción por una rendija simple se puede decir que mientras la anchura de una rendija sea muy pequeña, en una curva de intensidad el ancho de los picos será mayor, mientras que para difracción por una doble rendija se puede observar que los anchos de los picos de la curva de intensidad serán mucho menores.
- El fenómeno de difracción se genera siempre y cuando se tenga un frente de onda que al llegar a un obstáculo que posee longitud de onda aproximada, habrá un nuevo foco emisor de ondas, el cual producirá el fenómeno de difracción.

5. Referencias

1. DIFRACCIÓN DE FRAUNHOFER EN UNA RENDIJA. Consultado el 16 de Mayo del 2016. De <http://www.unirioja.es/dptos/dq/fa/emo/amplia/node2.html>
2. Garrigós Oltra, L. (1983). Utilización del láser en experiencias por difracción: cálculo de la longitud de onda de una radiación luminosa. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 046-49.
3. Departamento de Física. (2016). *Experimento 14: Difracción de la luz láser por dos rendijas*. Bogotá. Universidad de los Andes