

LABORATORIO DE ONDAS Y FLUIDOS 2016-20
DIFRACCIÓN DE LA LUZ LÁSER POR DOS O VARIAS RENDIJAS

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

Resumen

Se usó una luz láser que pasaba a través de rendijas de difracción en las que variaba el ancho, separación y número de rejillas. Esta se encontraba a una determinada distancia de la pantalla donde se observaba el patrón de difracción. A este se le tomaba una fotografía para posteriormente analizarlo con un programa y hallar la separación entre sus máximos. Se trató de obtener la longitud de onda y se obtuvo un error alto; esto se pudo dar porque se tomaron mal las medidas en la fotografía. Sin embargo, se comprueba la teoría de Fraunhofer.

1. Objetivos

- Estudiar el fenómeno de difracción.
- Analizar que efecto produce cada tipo de rendija en la luz láser.
- Estudiar la teoría de Fraunhofer.

o de manera más sugestiva

$$\delta \sin \theta = \frac{\lambda}{d}$$

y se encuentra la distancia entre los m-ésimos de la forma

$$x_{n+1} - x_n = \frac{L\lambda}{d} [1]$$

2. Marco Teórico

Por la teoría vista en clase, se sabe que las rejillas crean un número de máximos primarios, los cuales, se encuentran separados por un determinado ángulo; el cual es el ángulo de difracción que es determinado por la longitud de onda de la luz. Consultando en diversa bibliografía se encontró que la posición angular del m-ésimo máximo de difracción se puede obtener por la transformada inversa de Fourier. Esta trata de una convolución lineal independiente de funciones delta de Dirac. Para el caso de d elementos, se hace una combinación lineal y se toma una función de Dirac de periodo

$$\frac{2\pi i}{d}$$

Por lo tanto, el m-ésimo término está dado por la ecuación:

$$k_x = m \frac{2\pi i}{d}$$

Y se obtiene la condición para los máximos:

$$d \sin \theta = m \lambda$$

Las ecuaciones anteriores están formuladas para rejillas infinitas. Para este caso se van a asumir las condiciones de Fraunhofer, en donde se observa que las distancias entre el rayo y la rejilla son largas, es decir, que la imagen de lejos es la convolución entre un patrón de una sola apertura con rejilla infinita, por lo tanto se tienen máximos en la forma:

$$dk \delta \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \pi$$

3. Análisis Cualitativo

¿Los patrones de difracción coinciden con los que predice la teoría de Fraunhofer?

Los patrones si coinciden con lo que predice la teoría de Fraunhofer porque de observan patrones en los que hay puntos de luz brillantes y otros oscuros; además, los patrones observados están perpendiculares a la dirección en que se emite el rayo láser.

¿Cómo afecta el ancho de las rendijas a los patrones de difracción?

El ancho de las rendijas afecta el patrón de difracción. Cuando la rejilla es más ancha respecto a otras se puede observar que los máximos están un poco separados, mientras que, si la rejilla es más delgada, se observa que los máximos están mas juntos; casi indistinguibles. Esto se puede observar más adelante en las imágenes del análisis cuantitativo.

¿Cuál es el efecto más notable en los máximos cuando hay cambio de rejilla?

El número de rendijas influye en el patrón de difracción; esto es más notable en la intensidad de la luz que se difracta en la pantalla, la intensidad se ve afectada tanto en los máximos primarios como en los máximos secundarios. Si la distancia entre el número de rendijas es constante se puede observar que la intensidad va disminuyendo proporcionalmente con el número de rendijas.

4. Análisis Cuantitativo

4.1. Valor promedio de separación

En esta parte experimental se usó la rejilla U1401, la cual se encontraba a una distancia de 199,5 centímetros de la pantalla donde se observa la difracción. Esta rejilla tiene cuatro rendijas como se puede observar en la siguiente imagen:

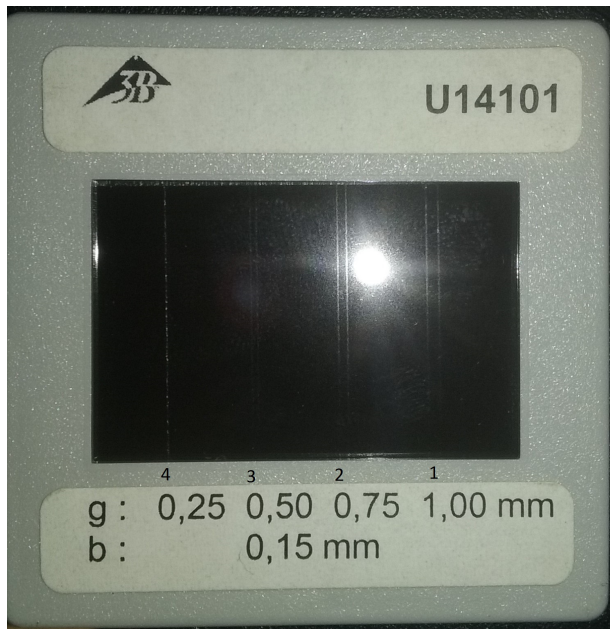


Figura 1: Rejilla U1401

RANURA 1

Cuando se usó la ranura 1 donde $g = 1,00mm$ se obtuvo el siguiente patrón de difracción:

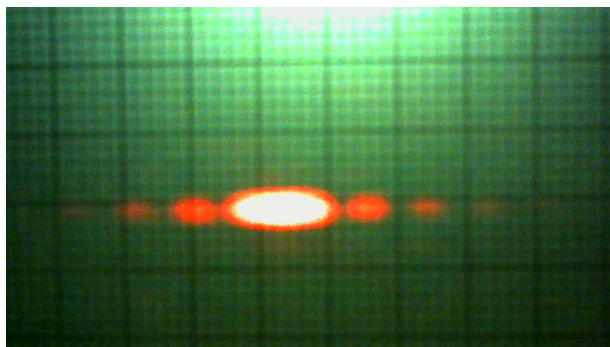


Figura 2: Patrón de drfracción 1

RANURA 2

Cuando se usa la ranura 2 donde $g = 0,75mm$ se obtuvo el siguiente patrón de difracción:

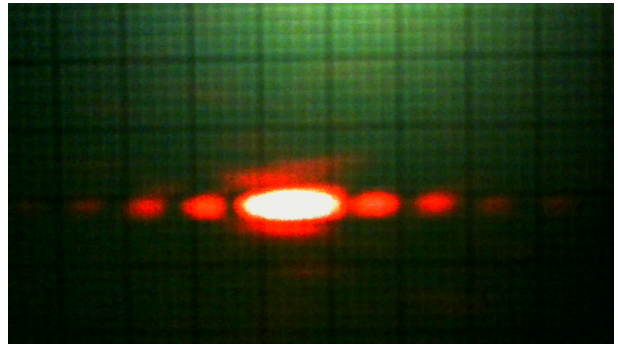


Figura 3: Patrón de difracción 2

RANURA 3

En la ranura 3 cuando $g = 0,50mm$ se tiene el siguiente patrón de difracción:

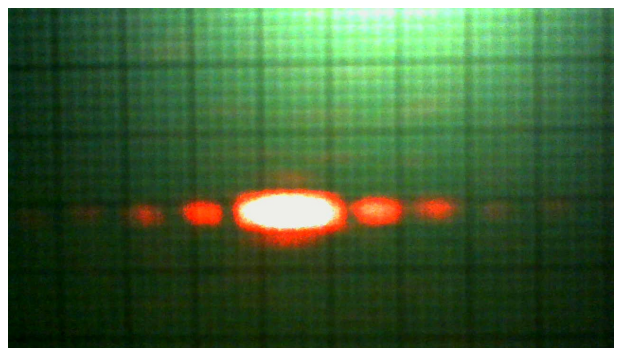


Figura 4: Patrón de difracción 3

RANURA 4

En la ranura 4 cuando $g = 0,25mm$ se tiene el siguiente patrón de difracción:

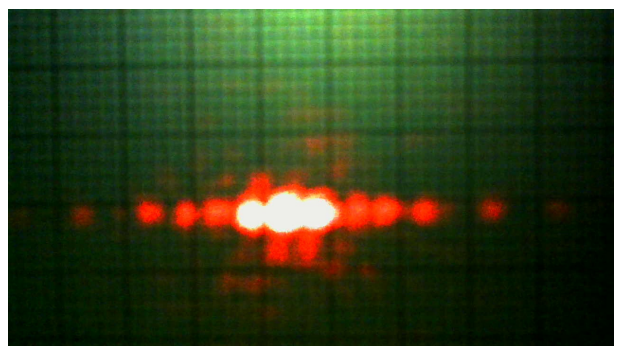


Figura 5: Patrón de difracción 4

En el programa iris se obtuvo la separación entre los máximos secundarios representada en la siguiente tabla; en este caso la separación entre rejillas es constante $b = 0,15mm$.

g(mm)	x(mm)
1,00	16,49
0,75	14,64
0,50	17,35
0,25	8,67

Cuadro 1: Separación entre máximos secundarios

Se tiene la regresión logarítmica entre x y y

$$\log y = -\log g + \log \lambda L$$

λL representa el punto de corte, donde todo se representa en milímetros. Se obtiene la siguiente gráfica:

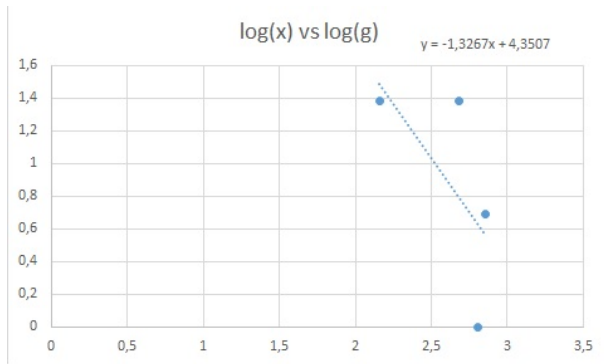


Figura 6: Regresión

$$\lambda = \frac{b}{L} = \frac{4,3507}{1995} = 2,18 \cdot 10^{-3} mm$$

Se puede obtener error, teniendo el valor teórico de $\lambda = 6,33 \cdot 10^{-4} mm$

$$Error = \frac{Teorico - Experimental}{Teorico} \cdot 100$$

$$Error = 244\%$$

4.2. Ancho de las rendijas y patrón de difracción

En esta parte se puso el haz de luz en cada apertura de la rejilla U14101, la cual se encontraba a una distancia de 198 centímetros de la pantalla donde se observaba la difracción. Esta rejilla tiene tres rendijas por las que pasaba la luz láser. La rejilla es la siguiente:



Figura 7: Rejilla usada

Los números que se pusieron a la rejilla es el orden en que se usaron para realizar el experimento.

En este caso la rejilla tenía ancho constante $g = 0,3 mm$ y había separación distinta entre las rejillas.

RANURA 1

Cuando $b = 0,20 mm$ se observó el siguiente patrón de difracción:

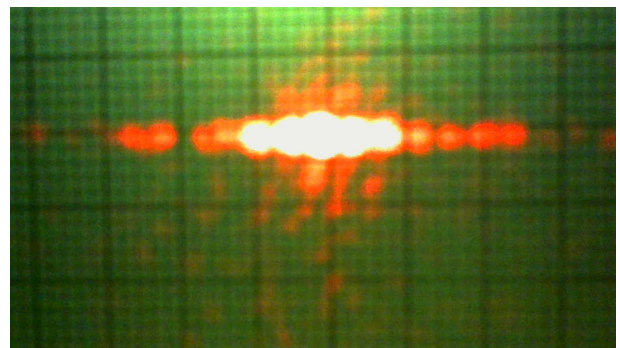


Figura 8: Patrón de difracción 1

RANURA 2

Cuando $b = 0,15 mm$ se tiene:

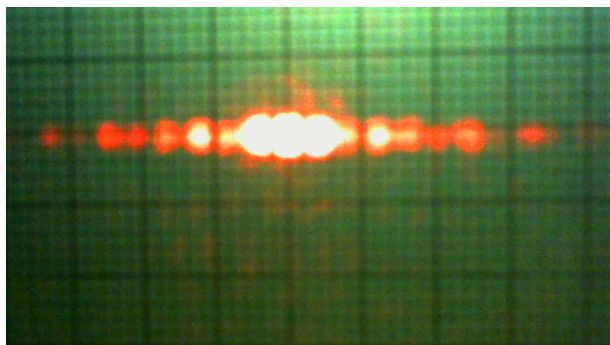


Figura 9: Patrón de difracción 2

RANURA 3

Cuando $b = 0,10mm$ se tiene que:

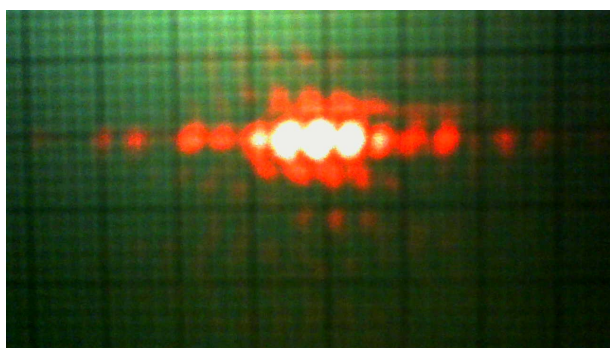


Figura 10: Patrón de difracción 3

En este caso se obtiene la separación en la siguiente tabla:

b(mm)	g(mm)
0,10	7,26
0,15	5,68
0,20	6,71

Cuadro 2: Separación

4.3. Máximos principales, secundarios y número de rendijas

En esta parte se usa la rejilla U1402, la cual se encontraba a 197 centímetros de separación de la pantalla en la que se observaba el patrón de difracción. Esta rejilla se puede observar en la siguiente imagen:



Figura 11: Rejilla U1402

Esta rejilla tiene separación constante $b = 0,15mm$ y un ancho constante $g = 0,15mm$, lo que varía en este caso es el número de rendijas.

RANURA 1

En este caso el número de rendijas es 40.

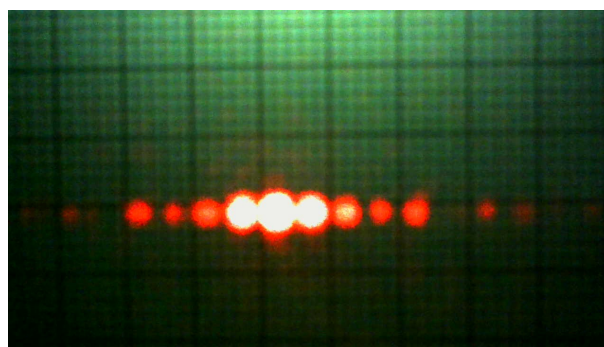


Figura 12: Patrón de difracción 1

RANURA 2

El número de rejillas es 5.



Figura 13: Patrón de difracción 2

RANURA 3

El número de rejillas es 4.

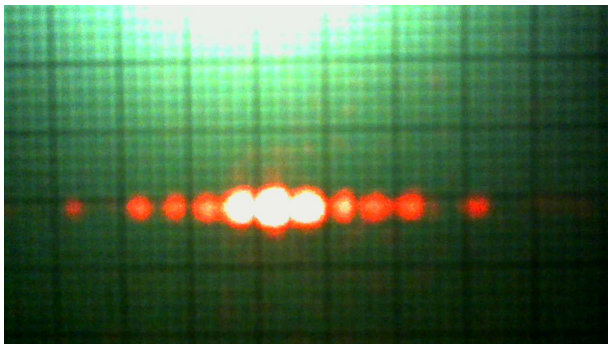


Figura 14: Patrón de difracción 3

RANURA 4

El número de rejillas es 3.

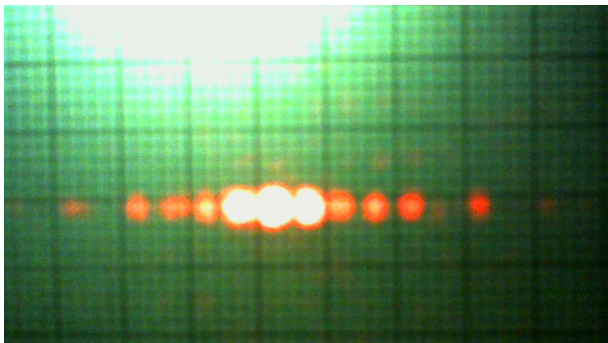


Figura 15: Patrón de difracción 4

RANURA 5

El número de rejillas es 2.



Figura 16: Patrón de difracción 5

Se tomó la separación entre máximos, observado en la siguiente tabla:

n	x(mm)
2	8,79
3	10,36
4	8,82
5	10,13
40	10

Cuadro 3: Separación entre máximos

5. Conclusiones

- La teoría de Fraunhofer se cumple.
- El ancho de las rejillas influye el patrón de difracción, entre más ancha la rejilla, más separación de los máximos.
- El error se puso dar por interferencia y error en la medición de la separación de los máximos.
- El número de rejillas influye en la separación de los máximos.

Referencias

- [1] TIPLER, P y MOSCA, G(2010). *Física para la Ciencia y la Tecnología*. Rervete: Sexta Edición.