

Laboratorio 6

Difracción de la luz

6.1 Objetivos

1. Estudiar el patrón de difracción dado por rendijas rectangulares sencillas, dobles y múltiples.
2. Medir las constantes correspondientes en cada caso

6.2 Preinforme

1. ¿En qué consiste el fenómeno de difracción de la luz?
2. ¿Qué condiciones debe cumplir una fuente de luz para que produzca un patrón de difracción observable?
3. ¿Cuáles son las fórmulas que definen la posición de los máximos y mínimos en un patrón de difracción?
4. ¿Cuál es la diferencia entre la difracción de Fresnel y la difracción de Fraunhofer?. ¿Están fundamentadas en principios físicos diferentes?

6.3 Materiales

- Láser de Estado Sólido $\lambda = 670 \times 10^{-9}m$
- Rendijas rectangulares sencillas.
- Rendijas rectangulares dobles y múltiples.
- Xplorer GLX
- Sensor de luz

- Banco óptico
- Sensor de traslación
- Rejilla colimadora

6.4 Fundamento Teórico

En general el fenómeno de la difracción se presenta cuando una onda interactúa con objetos cuyas dimensiones son comparables con su longitud de onda. Desde el punto de vista de la teoría, que considera la luz como un fenómeno ondulatorio, el estudio de la óptica se divide en dos grandes campos: el de la óptica geométrica y el de la óptica física. Si el objeto con el cual interactúa la luz posee dimensiones muy grandes comparadas con su longitud de onda, se estará en el campo de la óptica geométrica; pero si las dimensiones del objeto son comparables con la longitud de onda de la luz se estará en el campo de la óptica física. La longitud de onda de la luz visible está en el rango entre 780 nm y 390 nm aproximadamente. Para que la luz pueda producir un patrón de difracción observable, ésta debe interactuar con objetos que posean dimensiones comparables con estos valores; es por esta razón que el fenómeno no es fácilmente apreciable a simple vista siendo necesarias ciertas condiciones de laboratorio para ser observado.

A su vez el estudio de la difracción puede dividirse en dos partes: la difracción de Fraunhofer y la difracción de Fresnel. En la difracción de Fraunhofer se supone que las ondas incidentes al objeto son planas al igual que las ondas emergentes del mismo. La distancia entre el objeto y la pantalla sobre la cual se observa el patrón, debe ser grande comparada con las dimensiones del objeto. La difracción de Fresnel tiene lugar cuando la fuente puntual de las ondas incidentes, o el punto de observación desde el cual se las ve, o ambos, están a una distancia finita del objeto. El dispositivo experimental que se utiliza en este laboratorio coincide con la concepción de Fraunhofer de la difracción.

6.4.1 Difracción de Fraunhofer por una rendija rectangular

La teoría asociada con la difracción por una rendija rectangular considera una rendija muy angosta (de las dimensiones de la longitud de onda de la luz) y muy larga. En concordancia con el principio de Huygens, cada punto del frente de onda plano se convierte en fuente de pequeñas ondas esféricas secundarias; estas ondas secundarias, llamadas ondas difractadas, luego se recombinan constructiva o destructivamente en una pantalla sobre la cual es posible observar un patrón de difracción cuya distribución de intensidad luminosa a lo largo de ella, corresponde al dibujo de la figura 6.1.

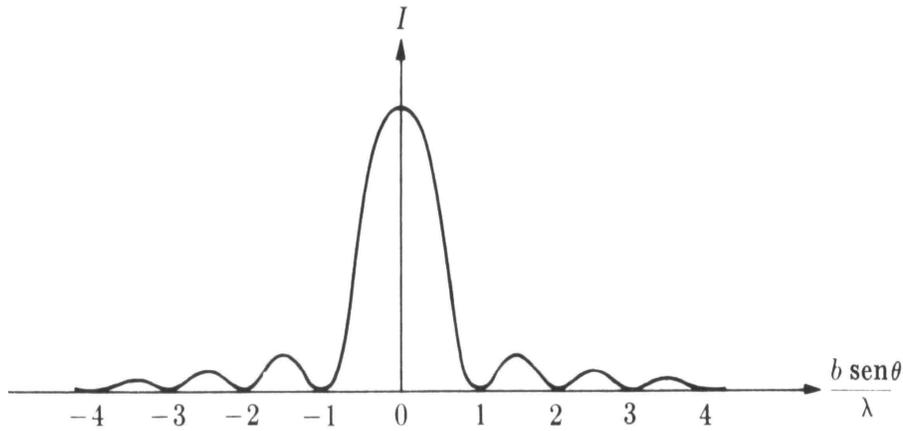


Figura 6.1: Distribución de intensidad en el diagrama de difracción de una rendija angosta y larga.

En la práctica lo que se observa en la pantalla es una zona muy brillante central acompañada de una serie de zonas brillantes y oscuras (las brillantes cada vez de intensidad menor), alternadamente alrededor de dicho máximo. (Figura 6.2.) Puede demostrarse que la condición para que haya interferencia destructiva en la pantalla se puede expresar mediante la ecuación:

$$b \operatorname{Sen} \theta = m \lambda \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (6.1)$$

Donde: b es el ancho de la rendija, θ es la separación angular entre el centro del máximo central y el centro de los **mínimos o regiones oscuras** observados, m es el orden del patrón de difracción para los mínimos de intensidad (m aumenta hacia los extremos del patrón de difracción) y λ es la longitud de onda de la luz incidente.

6.4.2 Difracción de Fraunhofer por una rendija doble

El patrón de difracción por dos rendijas paralelas iguales, resulta de la interferencia de los dos patrones de difracción provenientes de cada una de las rendijas. Lo que se observa en la pantalla es un patrón de interferencia de Young producido por dos rendijas rectangulares modulado por un patrón de difracción de Fraunhofer por una rendija rectangular. En este caso los **máximos** de interferencia están dados por la siguiente expresión:

$$d \operatorname{Sen} \theta = m \lambda \quad m = 1, 2, 3 \quad (6.2)$$

Donde: d es la distancia entre las dos rendijas, θ es la separación angular entre el máximo de interferencia central y los **máximos secundarios**, m es el orden del

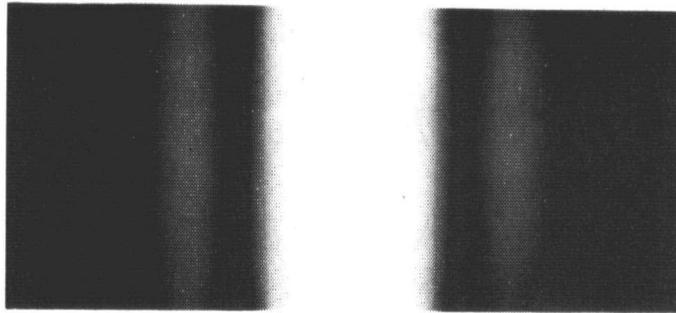


Figura 6.2: Diagrama de difracción de Fraunhofer producido por una rendija an-gosta y larga.

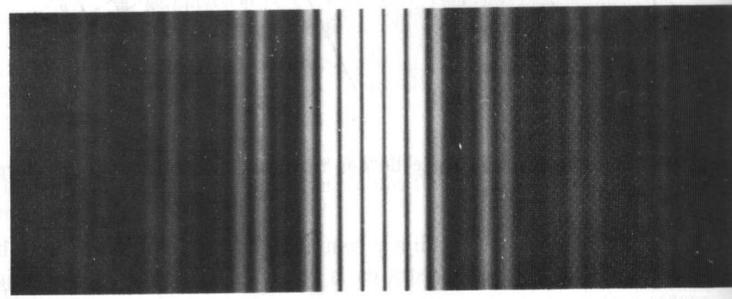


Figura 6.3: Diagrama de difracción de Fraunhofer debido a dos rendijas paralelas angostas y largas.

patrón de difracción para los **máximos** de interferencia y λ la longitud de onda de la luz.

6.4.3 Difracción por múltiples rendijas - Rejillas

La rejilla de difracción consiste en un gran número de rendijas paralelas idénticas de ancho b y separadas una distancia d . Cuando la rejilla es iluminada convenientemente, el patrón observado en la pantalla consiste en la distribución de interferencia producida por N rendijas, modulado por un patrón de difracción de una sola rendija. En la práctica lo que se observa es una forma parecida al patrón de difracción para la rendija doble extendida al caso de N rendijas. En este caso la condición para interferencia constructiva está dada por la expresión:

$$d \operatorname{Sen} \theta = m \lambda. \quad (6.3)$$

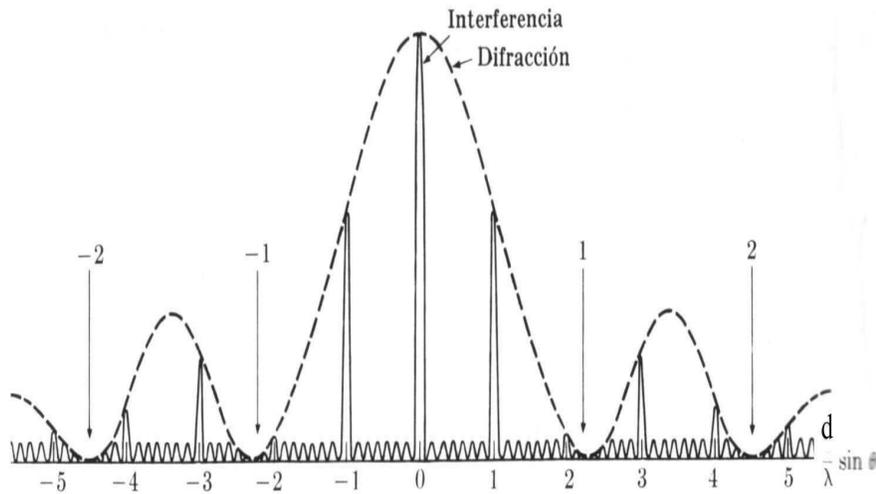


Figura 6.4: Distribución de intensidad producida por una red de difracción sobre un plano normal a la luz incidente y paralelo a la red.

Donde: d es la distancia entre las rendijas o constante de la rejilla, θ es la separación angular entre los máximos secundarios y el máximo central, m es el orden del patrón de difracción para máximos de intensidad, λ es la longitud de onda de la luz utilizada para obtener el patrón de difracción.

6.5 Procedimiento

IMPORTANTE: MANIPULAR LAS RENDIJAS CON SUMO CUIDADO Y SOLO GIRANDO LA RUEDA SELECTORA—NO TOCAR LAS RENDIJAS DIRECTAMENTE.

6.5.1 Difracción por una rendija rectangular

1. Coloque el accesorio de rejillas simples en el banco óptico. Debe sujetarlo lateralmente y hacer poca presión para que se acople al banco. No force el accesorio pues lo puede quebrar. Sitúelo a 1.00 m de distancia del sensor de luz.
2. Encienda el diodo láser y asegúrese que la luz incida sobre la primera y más estrecha de las rejillas rectangulares.
3. Asegúrese que el colimador situado en frente del sensor de luz esté colocado correctamente. Debe estar en la abertura más estrecha (0,1 mm) para minimizar la luz ambiental incidente sobre el sensor. Además asegúrese que el



Figura 6.5: Montaje experimental.

patrón de interferencia observado incida horizontalmente en la parte blanca del colimador. Guíese por la Figura 6.6

4. Conecte el Xplorer a los sensores de luz y traslación. Utilice dos de las cuatro conexiones superiores del Xplorer.
5. Asegúrese del correcto posicionamiento del sensor de traslación. Encienda el Xplorer. Inicialmente el explorer mostrará una lista de sensores a escoger. Busque y seleccione la opción LIGHT SENSOR.
6. Vaya a la pantalla HOME  del explorer y luego seleccione DATA FILES. Ahí encontrará el archivo difracción. Selecciónelo y oprima la opción OPEN. Ahora ya tendrá cargadas las configuraciones necesarias para tomar sus datos.
7. Vaya de nuevo al HOME  y seleccione el ícono GRAPH. Una vez ahí observará unos ejes de voltaje vs posición. Este voltaje es proporcional a la intensidad de la luz medida por el sensor y la posición dará el valor relativo de la misma para cada máximo o mínimo del patrón de difracción.
8. El sensor de traslación tiene un tope asegurado con tornillo. Muévelo de tal forma que el sensor de luz se encuentre justo en uno de los extremos visibles

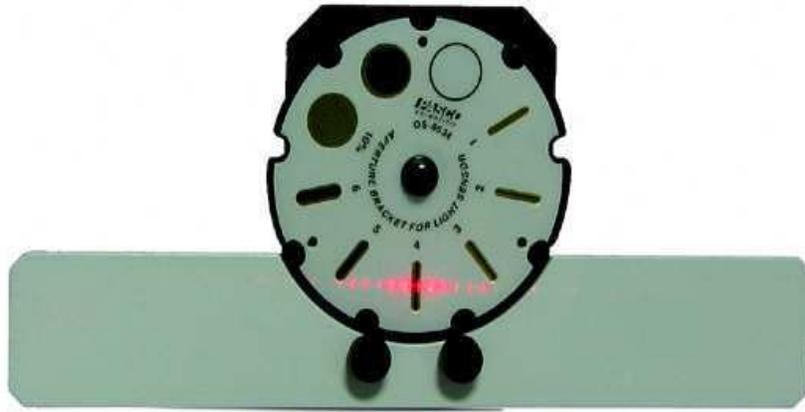


Figura 6.6: Correcto alineamiento del patrón de interferencia.

del patrón de difracción. En ese punto asegure el tope con el tornillo. Todas sus medidas para ese patrón se harán a partir de ese punto.

9. Para tomar la primera medida, un miembro del grupo deberá rotar las poleas del sensor de traslación lentamente para mover todo el sistema desde el tope plástico hasta el otro extremo del patrón de difracción. Otro miembro del equipo deberá iniciar la medida presionando la tecla  cuando empiece la traslación del sistema y deberá dar fin a la medida presionando de nuevo la tecla  cuando se llegue al extremo del patrón. La forma sugerida de trasladar el sistema se puede observar en la Figura 6.7
10. En la pantalla del Xplorer deberá observarse un patrón de difracción similar al de la Figura 6.2. Si no lo observa repita su medida. Intente mover más lentamente el sistema del sensor de luz. El recorrido total del sensor no debe ser menor a 10 segundos ni mayor a un minuto.
11. Repita sus medidas ahora para la segunda rendija. Para localizarla afloje el tornillo del accesorio y traslade suavemente la plaqueta con rendijas hasta que la luz láser incida sobre la segunda.
12. Recuerde que cada vez que usted presiona la tecla  para tomar nuevos datos, el Xplorer crea un nuevo gráfico con una nueva tabla de datos asociada. Estos datos se salvan bajo el nombre de RUN 1, RUN 2, ... etc. Si alguna toma de datos no es buena puede borrarla seleccionando el texto **run 1, run 2, ... etc.** en la pantalla, lo cual se logra oprimiendo el botón  mientras se está observando el gráfico.

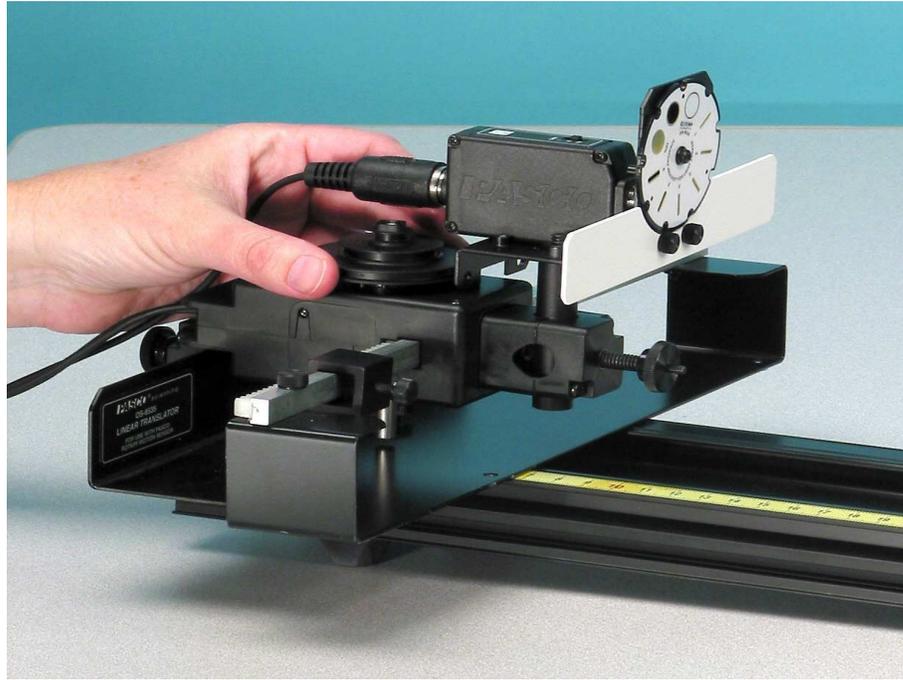


Figura 6.7: Forma recomendada para trasladar el sistema del sensor de luz.

6.5.2 Difracción por rendija doble

1. Monte el accesorio con múltiples rendijas en lugar del accesorio de rendijas simples.
2. escoja en primer lugar una de las rendijas dobles disponibles en el accesorio. Rote el accesorio para hacer incidir la luz láser sobre ella.
3. Repita la toma de datos de la misma forma que para la rendija sencilla. Ahora su patrón de difracción deberá ser parecido al de la Figura 6.3. Recuerde que puede repetir su toma de datos hasta obtener el patrón de difracción más claro posible. Puede que sea necesario modificar la sensibilidad del sensor de luz. Para hacer esto vaya a la pantalla HOME  y luego seleccione el ícono SENSORS. Una vez ahí navegue por los menús hasta encontrar la opción de LOW (1X), MEDIUM (10X) y HIGH (100X). Modifique esta sensibilidad para intentar mejorar sus medidas.
4. Repita su toma de de datos para otra rendija doble con una separación entre rendijas diferente.
5. Recuerde de anotar qué medidas (run 1, run 2, ... etc.) corresponden a cada rendija. Deben anotar también los parámetros de las rendijas anotados en

los accesorios de rendijas simples y múltiples.

6. Recuerde además que usted puede escoger cualquier par de rendijas dobles del conjunto disponible. Cada grupo escogerá así rendijas diferentes en general.

6.5.3 Múltiples rendijas de Difracción

1. Con el mismo montaje utilizado en el numeral anterior haga incidir la luz del láser sobre alguna de las posiciones del accesorio con más de dos rendijas.
2. Realice la toma de datos teniendo en cuenta los pasos seguidos anteriormente.
3. Recuerde siempre anotar qué medidas (run 1, run 2, ... etc.) corresponden a cada rendija.

6.5.4 Transferencia de Datos

Para salvar sus datos de la práctica, el Xplorer se debe conectar al puerto USB del computador. Una vez hecho esto encienda el computador y localice el ícono de PASCO en la parte inferior derecha de windows. Haga click derecho en éste ícono y seleccione abrir. Aparecerá una ventana en donde debe seleccionar abrir DataStudio.

Una vez abierto el programa DataStudio seleccione el botón SETUP y aparecerá otra ventana. En esta ventana aparece un dibujo del Xplorer y al lado un ícono de archivos. Seleccione este ícono y cargue los datos del archivo difracción. El programa abrirá los datos y gráficos guardados en el Xplorer.

Ahora busque cada uno de sus gráficos obtenidos y haga click en el menú superior DISPLAY y luego EXPORT DATA (Exportar Datos). Esta opción le permite exportar sus datos en un archivo plano con extensión TXT, el cual puede ser leído por un programa como el EXCEL. Salve así todos sus datos de gráficos en archivos diferentes y envíelos por correo electrónico o páselos a una memoria flash.

6.6 Análisis

Utilizando un programa como el EXCEL, mida gráficamente las distancias entre el máximo central y mínimos a cada lado en el caso de difracción por una sola rendija. Para dos o más rendijas mida la distancia entre el máximo central y los máximos y mínimos secundarios laterales.

- Con los datos obtenidos en el numeral 6.5.1 y con la ecuación 6.1. Encuentre el ancho de la rendija rectangular usada. Compare el valor obtenido con el proporcionado por el fabricante. Estime el error en la medida de b , teniendo en cuenta que b es función de θ .

- Con los datos obtenidos en el numeral 6.5.2 y con las ecuaciones 6.1 y 6.2, encuentre la separación d y el ancho b para cada una de las rendijas dobles. Halle el error respectivo. Compare con los valores escritos en las rendijas.
- Con los datos obtenidos en el numeral 6.5.3 y con la ecuaciones 6.1 y 6.3, encuentre el número de rendijas y sus parámetros. Compare estos resultados con los proporcionados por el fabricante.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, Marcelo y FINN, Edward J. Física. Campos y Ondas. Vol. 2. México : Fondo Educativo Interamericano, 1976.
- ALONSO, Marcelo y FINN, Edward J. Física. Mecánica. Vol. 1. México : Fondo Educativo Interamericano, 1976.
- Raymond A. Serway, Física tomo II: McGraw-Hill, 1997
- GOLDEMBERG, José. Física general y experimental. Vol. 3. México : Interamericana, 1974.
- GOTTLIEB, Herbert H. Metrologic Instruments Inc. Experiments using a helium-neon laser. 11 ed. New Jersey, 1984.
- HECHT, Eugene y ZAJAC, Alfred. Óptica. Wilmington, Delaware : Addison-Wesley Iberoamericana, 1986.
- GRAFTON, Stephen y John W. Experiments in Nuclear Science. Second. edition. Alpha Editions. USA. 1971.