

Medición de pequeños diámetros por técnica de difracción

M. Bandera ¹

¹ Estudiante del programa de Física, Universidad del Atlántico, Barranquilla-Colombia

Resumen

La habilidad de las ondas luminosas de desviarse alrededor de los obstáculos colocados en su trayectoria se conoce como difracción. Con el propósito de estudiar el fenómeno de la difracción, se utilizó un filamento como obstáculo para la trayectoria de la luz del laser, haciendo que este genere un patrón en la pantalla ubicada a una distancia L ; midiendo la distancia del primer hasta el segundo máximo se pudo calcular el diámetro del filamento.

Palabras clave: Interferencia, Difracción, Patrón de difracción.

INTRODUCCIÓN

Hasta la época de Isaac Newton (1642-1727), la mayoría de científicos pensaban que la luz consistía en corrientes de partículas (llamadas corpúsculos) emitidas por fuentes luminosas. Alrededor de 1665, comenzaron a descubrirse evidencia de las propiedades ondulatorias de la luz. En 1873 James Clerk Maxwell predijo la existencia de ondas electromagnéticas y calculó su rapidez de propagación; demostrándose en forma concluyente que la luz en verdad es una onda electromagnética.

Estamos familiarizados con la idea de que el sonido dobla las esquinas. Si el sonido no se comportara de este modo, no podríamos oír una sirena de auto de policía que suena a la vuelta de la esquina, donde no la vemos, o lo que nos dice una persona que está de espaldas a nosotros. Lo que quizá resulte sorprendente (y sin duda lo fue para muchos científicos de principios del siglo XIX) es que la luz también puede doblar las esquinas. Cuando la luz proveniente de una fuente puntual ilumina un borde recto y proyecta una sombra, el borde de la sombra nunca es perfectamente nítido. Se observa un poco de luz en el área que esperaríamos estuviese en la sombra, y vemos que hay franjas brillantes y oscuras alternas en el

área iluminada. En general, la luz que emerge de aberturas no se comporta exactamente de acuerdo con las predicciones del modelo de rayos rectilíneos de la óptica geométrica. La razón de estos efectos es que la luz, como el sonido, tiene características de onda.

Debido a la habilidad de las ondas luminosas de desviarse alrededor de los obstáculos colocados en su trayectoria, se analizará dicho fenómeno, utilizando un filamento (cabello humano) como obstáculo a la luz monocromática (laser), para observar el patrón de difracción, además, calcular el diámetro del filamento.

Interferencia

Cuando dos o más ondas se superponen, el desplazamiento resultante en cualquier punto y en cualquier instante se encuentra sumando los desplazamientos instantáneos que producirían en el punto las ondas individuales si cada una se presentara sola.

La combinación de ondas separadas en la misma región de espacio para producir una onda resultante se llama interferencia.

Patrón de interferencia

Es el fenómeno en el que dos ondas o mas se superponen para formar una onda resultante de mayor o menor amplitud esta superposición de ondas puede ser constructiva o destructiva, una serie de este fenómeno da como resultado al llamado patrón de interferencia.

¿Qué es el fenómeno de difracción?

De acuerdo con la óptica geométrica, cuando un objeto opaco se interpone entre una fuente puntual de luz y una pantalla, como en la figura 36. 1, la sombra del objeto forma una línea perfectamente definida. Nada de luz incide en la pantalla en los puntos que están dentro de la sombra, y el área externa a la sombra aparece iluminada de modo casi uniforme.

Difracción es la habilidad de las ondas luminosas de desviarse alrededor de los obstáculos colocados en su trayectoria.

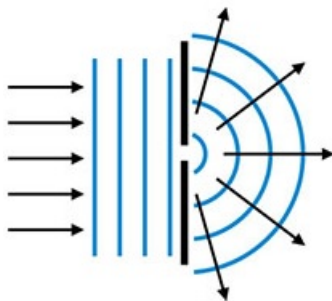


Figura 1: Fenómeno de difracción.

¿Qué es un patrón de difracción?

Se refiere a la forma que adquiere la onda de luz al atravesar el extremo de una superficie.

De acuerdo con la óptica geométrica, el haz transmitido debería tener la misma sección transversal que la ranura, como en la figura (2.a). Lo que se observa en realidad es el patrón que se muestra en la figura 2.b. El haz se ensancha en sentido vertical después de pasar por la ranura. El patrón de difracción consiste en una banda central brillante, que puede

ser mucho más amplia que el ancho de la ranura, bordeada de bandas oscuras y brillantes alternas, cuya intensidad decrece rápidamente. Aproximadamente el 85 % de la potencia del haz transmitido se encuentra en la banda brillante central, cuya anchura resulta ser inversamente proporcional al ancho de la ranura. En general, cuanto menos ancha sea la ranura, más amplio será el patrón de difracción en su totalidad.

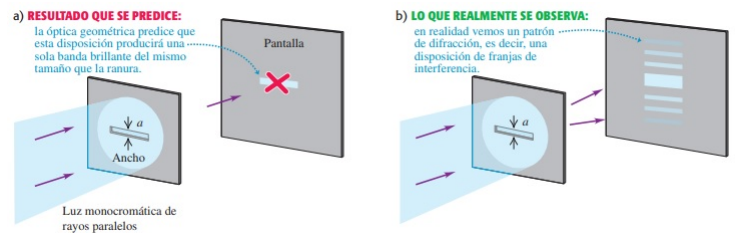


Figura 2: Patrón de difracción de una rendija.^[1]

Por lo que podemos decir que el patrón depende de la forma y tamaño de la superficie, el anterior corresponde a una rendija rectangular sin embargo, podemos observar los distintos patrones de con otras formas, figura(3).

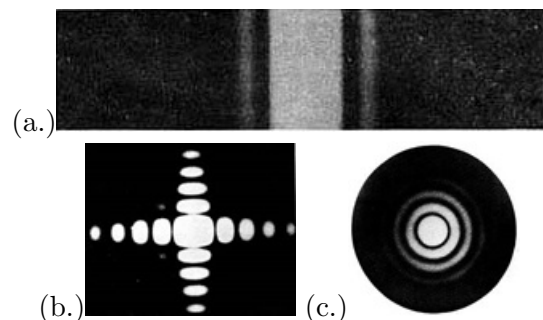


Figura 3: Patrón de difracción para distintas ranuras, (a.)Rectangular, (b.)Cuadrada, (c.)Esférica

Si tenemos una rendija de longitud " a " que se encuentra a una distancia " x " de una pantalla, podríamos conocer de manera analítica la posición de las franjas oscuras para dicho patrón. De acuerdo con el principio de Huygens, cada elemento de área de la abertura de la ranura puede considerarse una fuente de ondas secundarias. En particular, imaginemos que dividimos la ranura en varias tiras angostas de igual anchura, paralelas a los bordes

largos y perpendiculares a la página. En la figura (4.a) se muestran dos de estas tiras. A partir de cada tira se propagan onditas secundarias cilíndricas, las cuales se muestran en sección transversal.

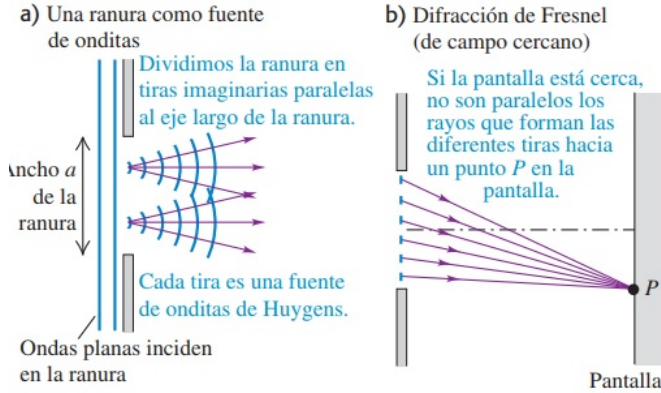


Figura 4: Difracción producida por una sola ranura rectangular. [1]

Considere en primer término dos tiras largas, una inmediatamente debajo del borde superior del dibujo de la ranura y otra en su centro, la cual se muestra vista desde un extremo en la figura (5). La diferencia de longitud de trayecto al punto P es $(a/2)\sin(\theta)$, donde "a" es el ancho de la ranura y θ , el ángulo entre la perpendicular a la ranura y una recta del centro de la ranura a P. Suponga que esta diferencia de trayecto resulta ser igual a $\lambda/2$; entonces, la luz proveniente de estas dos tiras alcanza el punto P con una diferencia de fase de medio ciclo, y hay cancelación.

De la figura obtenemos que:

$$\frac{a}{2}\sin\theta = \frac{\lambda}{2} \quad ; \quad \tan\theta = \frac{y}{x} \quad (1)$$

Para $\theta \ll \sin\theta \approx \theta$ y $\tan\theta \approx \theta$, sustituyendo obtendremos la distancia desde el punto con mayor intensidad hasta las franjas oscuras del patrón de difracción:

$$y = \frac{\lambda x}{a} \quad (2)$$

De manera general

$$y = m \frac{\lambda x}{a} \quad (m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

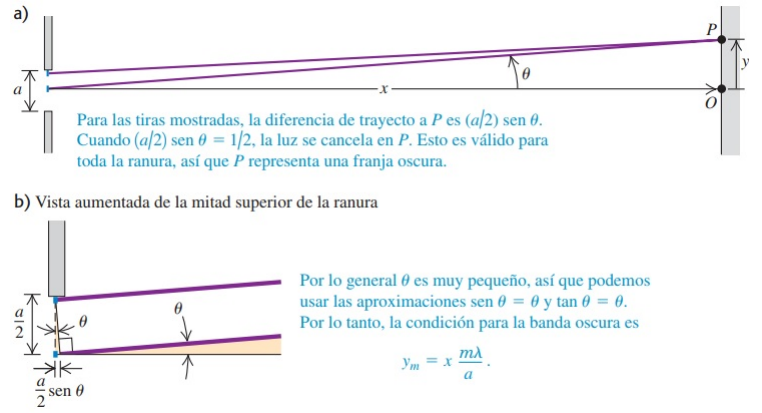


Figura 5: Vista lateral de una ranura horizontal. Cuando la distancia x a la pantalla es mucho mayor que el ancho de ranura a , los rayos provenientes de puntos separados por una distancia $a/2$ se pueden considerar como paralelos. [1]

El signo más menos (\pm) de la ecuación anterior significa que hay franjas oscuras simétricas arriba y abajo del punto O de la figura (5.a).

¿Qué es un objeto difractante?

Se refiere al medio u objeto a través del cual atraviesa la onda de luz siendo el responsable, dependiendo de su forma y tamaño, del patrón de difracción. Un agujero, una ranura, un hueco, una rendija, entre otros, pueden considerarse objetos difractantes.

¿Cómo funciona un lector de CD o DVD?

Lector de CD, es un dispositivo electrónico que permite la lectura de estos mediante el empleo de un haz de un rayo láser y la posterior transformación de estos en impulsos eléctricos que la computadora interpreta.

Los CD almacenan información en forma digital y es representada por una serie de unos y ceros. En los discos convencionales, estos "1" y "0" son representados por millones de diminutas áreas abolladas y planas en la superficie reflectante del disco. Las abolladuras y zonas planas son alineadas en una pista continua que mide alrededor de 0.5 micras (millonésima parte de un metro) de ancho y

5km de largo.

Para leer esta información, el reproductor de CD pasa un rayo láser por encima de la pista. Cuando el láser pasa sobre una superficie plana en la pista, el láser es reflejado directamente hacia un sensor óptico que se encuentra en el ensamblado láser. El reproductor de CD interpreta esto como un "1". Cuando el láser pasa sobre un hoyo, el haz de luz es rebotado fuera del sensor óptico. El reproductor de CD reconoce esto como un "0". Los hoyos son alineados sobre un camino en espiral, empezando por el centro del disco. El lector de CD gira el disco, mientras el láser se mueve hacia afuera del disco empezando del centro. Para mantener la lectura de datos a una velocidad constante, el lector debe disminuir la velocidad de rotación mientras el láser se mueve hacia afuera, debido a que los hoyos se mueven a lo largo de cualquier punto del margen exterior más rápido que cuando se mueven en cualquier punto cercano al centro del CD.

Así es como funciona básicamente un lector de CD. La ejecución de esta idea es bastante complicada, porque el formato del espiral debe ser codificado y leído con gran precisión, pero el proceso básico es bastante sencillo.

La máquina fabricadora de CD usa un potente láser para grabar la estructura de abolladuras dentro de un material foto-resistivo revestido sobre una lámina de cristal. A través de un elaborado proceso de impresión, esta estructura es presionada sobre discos de acrílico. A los discos se les aplica entonces un recubrimiento de aluminio para crear la superficie reflectante (legible).

-Resultados experimentales

Con el fin de estudiar el fenómeno de la difracción, se midió el diametro de cabellos humanos, utilizando un laser, cuya longitud de onda es de $\lambda = 632,8nm$. En primer instancia se posicionó el cabello de tal forma que el laser incidiera en él, y este estará a una distancia L (2.545 m) de la pantalla; se midió la distancia del primer maximo hasta el segundo, el cual obtuvieron los siguientes datos para tres diferentes muestras de cabellos.

	S (cm)	L (cm)	λ (cm)	d (m)
Cabello #1	2,4	254,5	$6,328 * 10^{-4}$	$6,71 * 10^{-4}$
Cabello #2	1,4			$1,15 * 10^{-3}$
Cabello #3	1,1			$1,46 * 10^{-3}$

Figura 6: Medición de pequeños diámetros por técnica de difracción.

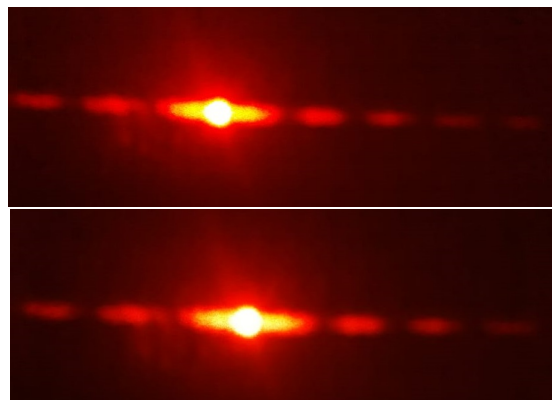


Figura 7: Patrón de difracción.

Se puede concluir que a través del patrón de difracción se puede encontrar el grosor de un objeto muy delgado como en el caso del cabello humano, siendo esta tecnica muy exacta a la hora de medir estos filamentos.

Referencias

- [1] Física Universitaria con física moderna Vol.2. Decimosegunda edición, Raymond YOUNG FREEDMAN, SEARS ZEMANSKY, Págs. 1234-1242.
- [2] Hewitt, P. G. (1998). Física conceptual. Págs.560-562
- [3] Física para Ciencias e Ingenieria Tomo 2. Séptima edición, Raymond A.Serway. McGRAW-HILL. Págs. 1077-1078.
- [4] www.ecured.cu/Lector_de_CD