

Tema 14.- DIFRACCIÓN (RESUMEN)

• Introducción

La difracción es un fenómeno característico del movimiento ondulatorio que se presenta cuando una onda es distorsionada por un obstáculo como una pantalla con una pequeña abertura, una rendija o un objeto pequeño.

El efecto de la difracción se hace más notable cuando el tamaño de las aberturas o de los obstáculos es comparable a la longitud de onda. Por esta razón, habitualmente no es posible observar a simple vista la difracción de la luz, ya que la mayoría de los objetos interpuestos son mucho mayores que la longitud de onda de la luz (del orden de $0.5 \mu\text{m}$).

Los fenómenos de difracción se dividen en dos tipos. En la *difracción de Fraunhofer* los rayos incidentes sobre una abertura son paralelos y que se observa el diagrama de difracción a una distancia suficientemente grande para que efectivamente se reciban sólo rayos difractados paralelos. En la *difracción de Fresnel*, bien los rayos incidentes se originan en una fuente puntual, bien se observan en un punto del espacio cerca del obstáculo, o bien ambas cosas.

El *diagrama de difracción* es la distribución de la intensidad de la luz difractada en un plano de observación determinado.

• Principio de Huygens

Si se conoce la fuente productora de una onda es posible, en principio, seguir su propagación de una región a otra, tomando en consideración las propiedades del medio. Sin embargo, se puede determinar la propagación de una onda sin hacer mención a las fuentes, utilizando el *Principio de Huygens* (1629-1695), según el cuál la propagación de una onda a través del espacio puede describirse considerando que cada punto de un frente de onda primario sirve como foco de ondas elementales secundarias que avanzan con la misma velocidad y frecuencia que la onda primaria. El frente de onda primario al cabo de un cierto tiempo es la envolvente de las ondas secundarias.

Para ondas electromagnéticas, como la luz, que se propagan en el vacío, el Principio de Huygens fue revisado por Kirchhoff a finales del siglo XIX, indicando que "se puede obtener la perturbación en un punto P en el instante t si se conoce la perturbación en cada elemento de superficie dS sobre una superficie S y se supone que los elementos de superficie actúan como fuentes de ondas secundarias; el movimiento ondulatorio se obtiene sumando los movimientos ondulatorios debidos a estas fuentes secundarias".

• Difracción de Fraunhofer por una abertura rectangular

Para una rendija de anchura b se observa que para las direcciones determinadas por los ángulos θ con respecto a la dirección de incidencia normal, se encuentran direcciones para las que la intensidad difractada es nula:

$$\sin \theta = n \frac{\lambda}{b} \quad (n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

Para $\theta = 0$ se obtiene un máximo de intensidad. Si $\lambda \ll b$, los primeros ceros de intensidad a cualquier lado del máximo central corresponden a un ángulo:

$$\sin \theta = \pm \frac{\lambda}{b}$$

y la mancha central brillante está subtendida por un ángulo:

$$\theta = \frac{2\lambda}{b}$$

Si la pantalla de observación está a una distancia d de la rendija, la anchura x de la mancha central brillante sobre la pantalla es:

$$x = \frac{2\lambda d}{b}$$

El *poder de resolución* de una rendija según el criterio de Rayleigh es:

$$\theta = \lambda/b$$

Para una abertura rectangular de lados a y b de tamaño semejante, el diagrama de difracción es la combinación de los dos diagrama debidos a cada par de lados.

• Difracción de Fraunhofer por una abertura circular

Cuando en una pantalla que tiene una abertura circular de diámetro D inciden perpendicularmente ondas planas, el diagrama de difracción consiste en un disco central brillante, denominado *disco de Airy*, rodeado por anillos oscuros y brillantes que se alternan. Cuando $\lambda \ll D$ el semiángulo correspondiente al primer anillo oscuro está dado por:

$$\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

y el radio del disco de Airy sobre una pantalla situada a una distancia d es:

$$r = 1.22 \frac{\lambda d}{D}$$

El *poder de resolución* de una abertura circular según el criterio de Rayleigh es:

$$\theta = 1.22 \lambda/b$$

• Difracción de Fraunhofer por dos rendijas paralelas e iguales

La distribución de intensidades del diagrama de interferencia de las dos rendijas está modulada por la distribución de intensidades del diagrama de difracción de una sola rendija. Los máximos del diagrama de interferencia están dados por:

$$\sin \theta = n/a \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

siendo a la distancia entre las rendijas. Los ceros del diagrama de difracción están dados por:

$$\sin \theta = m/b \quad (m = \pm 1, \pm 2, \dots)$$

siendo b la anchura de cada rendija. Como $a > b$, los ceros del diagrama de difracción están más separados que los máximos del diagrama de interferencia.

• Redes de difracción

Una red de difracción está formada por un gran número de rayas o rendijas muy juntas. Para incidencia normal, las posiciones de los máximos de interferencia de una red son:

$$\sin \theta = m \lambda/d = m f \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

donde m es el de *orden de difracción*, d es el *período de la red* y f su *frecuencia espacial* (en líneas/mm). El **poder de resolución** de una red es:

$$R = \frac{1}{\theta} = mN$$

donde N es el número de rendijas de la red que resultan iluminadas y m es el orden de difracción.

Cuando sobre una red de difracción incide luz policromática, las diferentes longitudes de onda producen máximos de difracción para distintos ángulos, excepto para el orden cero. El conjunto de máximos de un cierto orden para todas las longitudes de onda constituye un *espectro*.