

Fenómenos de Polarización y Difracción

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica, Departamento de Física - FCEyN - UBA

Objetivos: Estudiar el fenómeno de polarización de la luz. Descripción experimental de la Ley de Malus
Estudiar el patrón de difracción producido por una abertura. Analizar imágenes

I. POLARIZACIÓN

A. Introducción

Una onda transversal es aquella cuya oscilación está en la dirección perpendicular a la dirección de propagación. La polarización de las ondas electromagnéticas se suelen describir con la dirección oscilación del campo eléctrico. Si la polarización es lineal, el campo oscila en una única dirección. En el caso de polarización circular o elíptica, el campo gira a velocidad constante en un plano¹.

Un ejemplo de onda mecánica transversal es el caso de una perturbación elástica viajando por una cuerda: el desplazamiento o elongación es perpendicular a la dirección de propagación. Si se intercala una rejilla en algún punto de la cuerda, es claro que sólo las oscilaciones en la dirección de las rejillas podrán pasar. Este dispositivo que sólo deja pasar las vibraciones en una sola dirección se llama polarizador.

En el presente trabajo se estudiarán las propiedades análogas para el caso de la luz, en la cual lo que oscila son los campos eléctrico y magnético. Para esto utilizaremos filtros polarizadores que están compuestos por materiales que absorben luz en una dirección determinada.

Un experimento para verificar la propiedad de onda transversal de la luz consiste en utilizar dos filtros polarizadores en forma consecutiva y medir la intensidad que se transmite como función del ángulo relativo de los filtros (Fig. 1). El primer filtro polariza linealmente la onda incidente, mientras que el segundo se utiliza como analizador. Si la amplitud de la onda polarizada a la salida del primer polarizador la designamos como E_0 , la amplitud transmitida por el analizador será $E_0 \cos(\theta)$. Esto se debe a que sólo la componente del campo eléctrico en la dirección del eje de polarización del analizador será transmitida. Como la intensidad de la onda (energía por unidad de área y tiempo) es proporcional al cuadrado de la amplitud¹, tendremos que la intensidad transmitida será

$$I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta) . \quad (1)$$

La Ec. (1) se conoce como Ley de Malus. Esta ley puede utilizarse como un ensayo para determinar si una onda es transversal o no.

B. Actividad

Se utilizará un dispositivo experimental como el de la Fig.1. Una fuente de luz láser (no polarizada) incide sobre un filtro lineal. Luego, la luz incide sobre el analizador cuyo eje de polarización se encuentra a un ángulo θ respecto

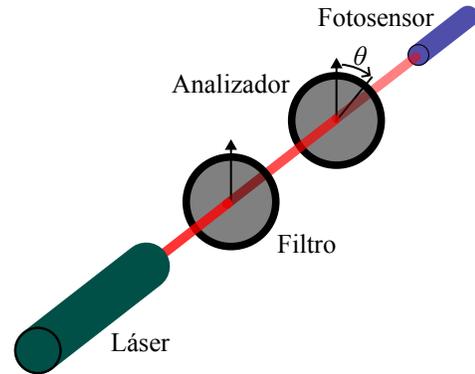


Figura 1. Diagrama experimental para el estudio del fenómeno de polarización. El láser es una fuente de luz no polarizada. El filtro polariza la luz en una determinada dirección. El analizador permite variar la intensidad transmitida como función del ángulo relativo entre ambos filtros. La intensidad transmitida se mide con una fotosensor.

al del filtro. Finalmente, la luz incide sobre un fotómetro que se utiliza para registrar la intensidad transmitida.

1. Medir la intensidad de luz transmitida como función de θ
2. Representar gráficamente I en función de:
 - θ ,
 - $\cos(\theta)$,
 - $\cos^2(\theta)$,

o indicar cuál de estos gráficos es más convincente para asegurar que $I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta)$

3. Realizar un ajuste usando el método de cuadrados mínimos y discutir si a partir de los resultados obtenidos se puede afirmar que el comportamiento de la luz se corresponde al de una onda transversal que obedece la Ley de Malus

II. DIFRACCIÓN

A. Introducción

La difracción es un fenómeno típicamente ondulatorio que se observa cuando una onda se distorsiona por un obstáculo cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda. Según el principio de Huygens, cuando una onda plana incide sobre una rendija todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de

ondas. Estas fuentes emiten nuevas ondas que se superponen generando un patrón de difracción. El fenómeno de difracción no es cualitativamente distinto de la interferencia, sino que se considera como la interferencia de un número infinito de fuentes.

Considerando el caso en la que el obstáculo es una rendija estrecha, que las ondas incidentes son normales al plano de la rendija y que la pantalla se encuentra a una distancia grande en comparación con el ancho de la misma, el fenómeno de difracción que emerge se denomina difracción de Fraunhofer².

En este caso, la intensidad del patrón de difracción generada por una ranura de ancho b en función del ángulo θ de observación sobre una pantalla ubicada a una distancia D de la ranura [Fig.2(a)] está dada por:

$$I(\theta) = I_0 \left[\frac{\sin(\beta)}{\beta} \right]^2, \text{ con } \beta = \frac{b\pi}{\lambda} \sin(\theta), \quad (2)$$

donde I_0 es la intensidad del máximo central y λ es la longitud de onda de la luz utilizada.

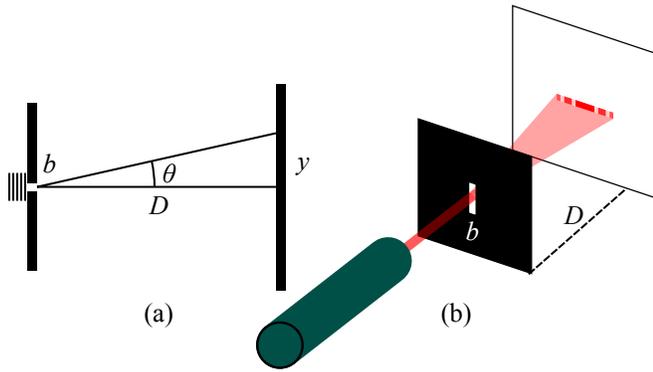


Figura 2. (a) Aproximación de Fraunhofer: la pantalla está a una distancia D de la rendija de ancho b . Sobre esta última incide un frente de onda plano. La intensidad en el punto y de la pantalla se puede describir a partir del ángulo θ . (b) Diagrama experimental para el estudio del patrón de difracción

B. Actividad

1. Antes de analizar los resultados:

- Usando la Ec. (2), calcule la posición de los mínimos de difracción sobre la pantalla como función de las variables del problema.
- ¿Cómo estimaría el ancho de la ranura a partir de la posición de los mínimos de intensidad?
- ¿Qué parámetros debería conocer y/o determinar? Notar que el ángulo θ mide la apertura angular del patrón de difracción respecto del máximo central y verifica:

$$\tan(\theta) = \frac{y}{D}, \quad (3)$$

donde y es la coordenada sobre la pantalla y D la distancia ranura-pantalla. Recuerde que la pantalla está ubicada lejos con respecto al tamaño de la ranura, con lo cual θ puede ser considerado un ángulo pequeño

2. Alumnos de cuatrimestres anteriores armaron el arreglo experimental que se muestra en la Fig.2(b). Para esto utilizaron un láser de longitud de onda $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, con el cual incidieron sobre una rendija rectangular de ancho variable y observaron sobre una pantalla a una distancia $D = (247,7 \pm 0,1) \text{ cm}$ el patrón de difracción. Utilizando una de las imágenes que obtuvieron con una cámara de fotos:

- Obtener el perfil de intensidades de la figura de difracción
- Determinar la posición y orden de los mínimos de difracción
- Estimar el ancho de la ranura empleada y su error

REFERENCIAS

¹E. Hecht, Óptica, Addison Wesley, 3era ed. (1998)

²F. Crawford, Ondas, Curso de Física de Berkeley, 2da ed. (1994)