

Actividad V – Polarización

La luz como onda transversal

Objetivos

Estudio del fenómeno de polarización de la luz. Determinación experimental de la Ley de Malus.

Introducción

La luz es la parte visible del espectro electromagnético. El objetivo de este experimento es estudiar las propiedades y características básicas de la luz polarizada y a partir de estas observaciones conectar los fenómenos ópticos con los electromagnéticos. Mediante el estudio experimental de las propiedades y características básicas de la luz polarizada se pueden conectar de manera simple los fenómenos ópticos con los electromagnéticos.

Una onda transversal es aquella en la que la propiedad (vectorial) que vibra lo hace en una dirección perpendicular a la dirección de propagación. Una onda transversal puede ser polarizada. Esto consiste en que la propiedad que vibra, lo haga de un modo predecible, por ejemplo, si la vibración es siempre paralela a una dirección fija tenemos *polarización lineal*. Si el vector que describe la vibración rota a una frecuencia dada perpendicular a la dirección de propagación tenemos una onda con *polarización circular*; otro caso simple es el de la *polarización elíptica*.^[2]

La existencia de fenómenos de polarización de la luz reside en el hecho de que la luz es una *onda transversal*; lo que oscila en este caso son los campos eléctrico y magnético, que tienen carácter vectorial.

Proyecto - Ley de Malus

Equipamiento recomendado: Dos láminas polarizadoras (polaroides). Una lámpara incandescente. Un fotómetro calibrado.

Un experimento clave para poner a prueba el carácter transversal de una onda, consiste en utilizar dos polarizadores en forma consecutiva, formando un ángulo θ entre sus direcciones de polarización (Fig. 1) y medir la intensidad de la onda que se transmite como función de θ . El primer polarizador polariza linealmente la onda incidente; el segundo polarizador se denomina *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 $E_0 \cdot \cos(\theta)$. 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 amplitud,^[1] tendremos que la intensidad transmitida variará con el cuadrado del $\cos(\theta)$, o sea:

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

La relación (1) se conoce como Ley de Malus. De hecho, podemos usar la ley de Malus como un ensayo que nos permita determinar en forma operacional si una onda es transversal o no.

Para estudiar estos fenómenos en el caso de la luz, es necesario utilizar *polarizadores*. Si bien existen muchos tipos de polarizadores,^[2] los polarizadores dicróicos son muy adecuados para este experimento y además son de muy bajo costo.^[3] También es necesario usar un fotómetro calibrado para medir la intensidad luminosa.

El dispositivo experimental se muestra esquemáticamente en la Fig. 1. La fuente de luz puede ser una lámpara incandescente, y entre ella y el fotómetro se colocan dos polarizadores. El primer polarizador (más cercano a la fuente) se denomina simplemente

polarizador y el más alejado se denomina *analizador*. La luz proveniente de la lámpara incandescente es luz no polarizada, de modo que la misión del polarizador es definir un estado de polarización lineal en la luz que transmite al analizador. Uno de los dos polarizadores debe tener un goniómetro para medir su posición angular relativa a la dirección de transmisión del otro. Debe cuidarse de que exista una buena alineación de todos estos elementos.

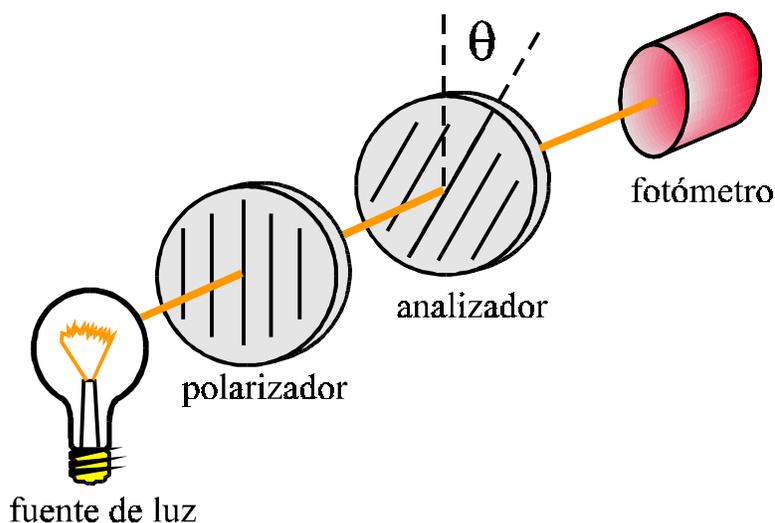


Figura 1 Esquema del dispositivo experimental con los elementos: fuente de luz, polarizador, analizador y fotómetro.

Nota: este experimentos también pueden realizarse usando un láser de estado sólido como fuente de luz. Estos láseres emiten luz polarizada linealmente, de modo que puede prescindirse de uno de los polarizadores, aunque conviene verificar esta cualidad previamente. Por lo regular, los láseres de He-Ne no generan luz linealmente polarizada. También es común que el estado de polarización dependa del tiempo muchas veces de manera errática, lo que no los hace adecuados para estos experimentos.

- Usando el esquema de la Fig. 1 y un fotómetro calibrado, estudie cómo varía la intensidad luminosa transmitida en función del ángulo entre los dos polarizadores. Para ello, mantenga constante la distancia fuente–detector y rote el polarizador (o el analizador) hasta observar que la intensidad transmitida es

máxima (máxima respuesta del fotómetro). Tome este ángulo como origen para medir el ángulo entre ellos ($\theta = 0^\circ$). Verifique que cuando rota el polarizador 180° la intensidad es la misma que cuando $\theta = 0^\circ$. Si observa una asimetría significativa entre estas intensidades es aconsejable que revise el dispositivo; por ejemplo, revise la alineación de los elementos, fíjese si no hay fuentes de luz espurias, etc.

- Mida con un fotómetro la intensidad luminosa, I , en función de θ . De ser posible varíe θ entre 0° y 360° en pasos de aproximadamente 5° .
- Identifique las fuentes de error de sus mediciones, y especialmente analice los errores sistemáticos.
- Represente gráficamente la intensidad de luz transmitida I :
 - ✓ en función de $\cos(\theta)$
 - ✓ en función de $\cos^2(\theta)$.
- Discuta, a partir estos gráficos, si la luz polarizada linealmente obedece la Ley de Malus.^[1,2]

Referencias

1. R. Feynman, R. Leighton and M. Sands, *The Feynman lectures on Physics*, vol. 2, Fondo Educativo Interamericano, Bogotá, 1972.
2. E. Hecht, *Optics*, Addison–Wesley Pub. Co., New York, 1990.
3. M. Alonso y E. J. Finn, *Física*, vol. II, *Campos y Ondas*, Fondo Educativo Interamericano, Bogotá, 1970.