

---

# Naturaleza ondulatoria de la luz

## Polarización

---

### Objetivo

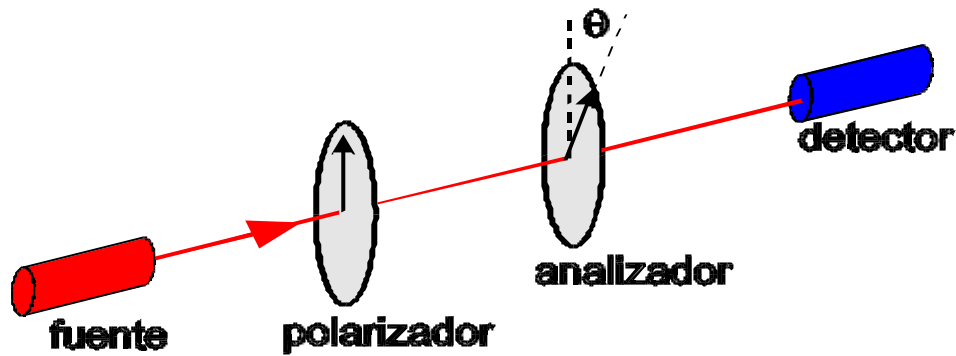
El objetivo de estos experimentos es estudiar las propiedades y características básicas de la luz polarizada y a partir de estas observaciones conectar los fenómenos ópticos con los electromagnéticos. De este modo se espera dar soporte experimental acerca de la naturaleza electromagnética de la luz. También se introducen dispositivos que permiten medir la intensidad luminosa (fotómetros), sus características y la calibración de los mismos. También se examinan las características básicas de las leyes de Fresnel y la ley de Malus.

### Introducción

En una onda transversal la propiedad que vibra u oscila es una magnitud de carácter vectorial y lo hace en una dirección perpendicular a la dirección de propagación. Decimos que una onda transversal está polarizada si la propiedad que vibra lo hace de un modo predecible, es decir, siempre paralelamente a una dirección fija (polarización lineal) o con el vector que describe la vibración rotando a una frecuencia dada alrededor de la dirección de propagación (polarización circular). Desde luego el concepto de polarización carece de sentido para una onda escalar como lo es, por ejemplo, una onda de presión. Un ejemplo de onda mecánica transversal es el caso de una onda viajando por una cuerda; aquí el desplazamiento o elongación es perpendicular a dirección de propagación de la onda. La vibración puede ocurrir en cualquier dirección perpendicular a su propagación. Si se intercala una rejilla en algún punto de la cuerda, es claro que solo las oscilaciones en la dirección de las rejillas podrán pasar. Este dispositivo (rejilla) que solo deja pasar las vibraciones en un solo estado de polarización se llama un polarizador. En esta práctica de laboratorio, estudiaremos las propiedades análogas a las descripta más arriba para el caso de la luz.

### Actividad 1

El dispositivo experimental se muestra esquemáticamente en la Figura 1. La fuente de luz es una lámpara incandescente y se colocan dos polarizadores y un fotómetro. El primer polarizador (más cercano a la fuente) se denomina simplemente polarizador y el más alejado es el analizador. Uno de los dos debe tener un goniómetro para medir su posición angular.



**Figura 1.** Esquema del dispositivo experimental a usarse.

➤ Previo a los experimentos, de ser posible es conveniente calibrar en intensidad el fotómetro. Este procedimiento es importante si está empleando un fotómetro no calibrado previamente. Para ello se propone usar alguno de los siguientes métodos:

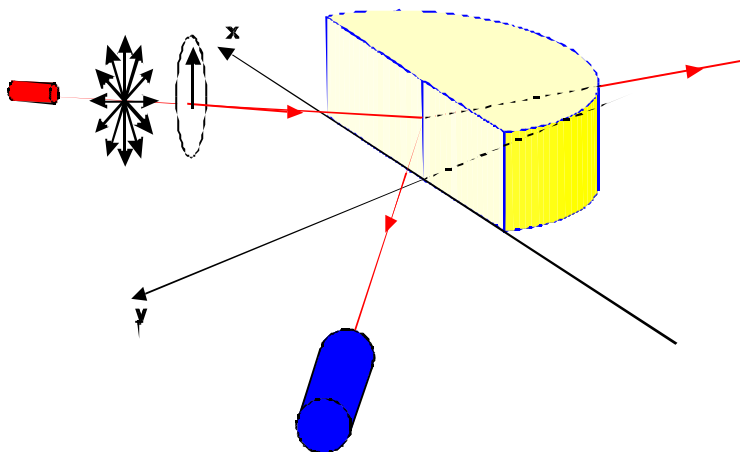
- Variación de la intensidad de la luz con la distancia: En este caso se propone usar una fuente de luz lo más parecido que sea posible a una fuente puntual, sin lentes ni reflectores. La idea es medir la variación de señal proporcionada por el fotómetro con la distancia fuente–fotómetro. Suponiendo que la intensidad luminosa de la fuente varía siguiendo la ley  $1/r^2$ , es posible realizar una calibración relativa del fotómetro. Dé argumentos que justifique la validez de la ley  $1/r^2$  y el presente método de calibración.
- Usando filtros de luz de transmisión conocidas: este método consiste en colocar entre la fuente y el fotómetro filtros de luz de transmisión conocidas. Para ello se pueden adquirir filtros comerciales o bien construirlos uno mismo. Esto último es posible de realizar muy precisamente usando programas de dibujo como Autocad o CorelDraw. Para ello se dibujan líneas negras de espesor conocidos a distancias conocidas. De la geometría de las mismas es posible calcular la fracción de zona oscuras y por lo tanto su transmisión. Con las figuras se realiza una transparencia (de proyección). Conociendo la transmisión de una pantalla totalmente oscura y la geometría de cada pantalla es posible calcular la cantidad de iluminación bloqueada por cada una de estas máscaras.

El fotómetro consiste en un fototransistor comercial, sensible a la luz visible. La calibración consiste en obtener una curva de la señal de salida del fotómetro,  $V_{out}$ , en función de la intensidad luminosa,  $I$ . ¿Qué tipo de relación encuentra entre  $V_{out}$  e  $I$ ? Asegúrese que el rango de iluminación estudiado comprenda el rango a ser usado usando ambos polarímetros. ¿Cómo logra esto?

- Una vez calibrado el fotómetro se propone estudiar como varía la intensidad luminosa transmitida en función del ángulo entre los dos polarizadores. Para ello, manteniendo constante la distancia fuente–detector, rote el polarizador (o analizador si prefiere) hasta que la intensidad transmitida sea máxima y tome a este ángulo como origen para medir el ángulo entre ellos ( $\Theta = 0^\circ$ ). De ser posible varíe  $\Theta$  entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  en pasos de aproximadamente  $5^\circ$ . Grafique la intensidad luminosa,  $I(\Theta)$ , medida por el fotómetro en función de  $\Theta$ . También grafique  $I(\Theta)$  versus  $\cos(\Theta)$  y  $I(\Theta)$  versus  $\cos^2(\Theta)$ . ¿Qué puede concluir de estos gráficos?
- Realice hipótesis razonables que le permitan dar cuenta de sus observaciones, al menos en forma semicuantitativa. ¿Demuestra el experimento descrito arriba que la luz es una onda transversal?

## Actividad 2

Usando un dispositivo similar al indicado esquemáticamente en la Figura 2, estudie como varía la intensidad de la luz reflejada y transmitida por una muestra de vidrio o acrílico. Para esta parte, conviene que la muestra no sea de caras paralelas. De este modo los haces reflejados y transmitidos por la segunda cara no llegarán al detector o pantalla, proviniendo solo de la reflexión y transmisión en una sola cara. Realice este estudio usando un haz de láser polarizado, con el campo eléctrico oscilando en un plano perpendicular al plano de reflexión (modo *s*) y con el vector campo eléctrico en la dirección de dicho plano (modo *p*). Usando las ecuaciones de Fresnel<sup>[1,2]</sup>, intente explicar sus resultados.



**Figura 2.** Esquema del dispositivo experimental. El plano x-y es el plano de incidencia. Si la polarización se produce paralelo a este plano, tenemos una polarización tipo p.

- Usando láser, un polarímetro y el fotómetro, estudie las características de polarización de un haz de láser. ¿Es polarizada la luz de un láser de estado sólido?, ¿y la de un láser de He-Ne?. Para el láser que está estudiando, si la luz es polarizada linealmente, determine la dirección de polarización.
- Usando un dispositivo similar al indicado esquemáticamente en la figura 2, estudie los estados de polarización de los rayos transmitidos y reflejados, para la situación especial en que el rayo reflejado y el transmitido forman  $90^\circ$ . Determine el ángulo de reflexión y a partir de este dato estime el índice de refracción del material. Discuta y explique sus resultados concernientes al estado de polarización de los rayos reflejados y transmitidos. Sugerencia: para esta parte es conveniente usar un láser con su plano de polarización formando un ángulo de aproximadamente  $45^\circ$  respecto a la perpendicular al plano de reflexión. Esto es, el láser debe tener una componente s y otra p de magnitudes comparables.



## Bibliografía

1. *Física para estudiantes de ciencias e ingeniería*, Halliday, Resnick y Krane, 4ta. Ed. Vol. II.
2. *Física Vol.II, Campos y ondas*, M. Alonso y E. J. Finn, Fondo Educativo Interamericano, Ed. Inglesa, Addison-Wesley, Reading Mass. (1967) [Fondo Educativo Interamericano (1970)].
3. *Berkeley physics course, Volumen 2*, Electricidad y magnetismo, E. M. Purcell, Editorial Reverté, Barcelona (1969).
4. *Feynman lectures on physics, Volúmenes 1*, Electricidad y magnetismo, R. Feynman, Fondo Educativo Interamericano, Bogotá (1972).
5. *Optics*, E. Hecht, Addison, Wesley Pub. Co., New York (1990).
6. *Trabajos prácticos de física*, J. E. Fernández y E. Galloni - Editorial Nigar - Buenos Aires (1968).
7. *Sensitive small area photomete*, M. D. Levenson, *Am. J. Phys.*, **38**, 987 (1970).