

---

# La luz como fenómeno electromagnético

---

## 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. Se espera dar soporte experimental acerca de la naturaleza electromagnética de la luz. Se examinan las ecuaciones de Fresnel.

## Introducción

### Reflexión y refracción en superficies

Una de las propiedades características de las ondas electromagnéticas se manifiesta cuando las mismas inciden sobre la superficie de separación de dos medios dieléctricos con un ángulo respecto de la normal a las superficies. Haciendo cumplir las condiciones de borde para los campos eléctricos y magnéticos de la onda, se tiene<sup>[1,2,3]</sup>:

1. El ángulo de reflexión es igual al de incidencia.
2. Los rayos incidentes, reflejados y transmitidos tienen todos la misma frecuencia y están en un mismo plano, el plano de incidencia.
3. Los ángulos de incidencia  $\mathbf{q}_1$  y refracción  $\mathbf{q}_2$  cumplen con la ley de Snell, a saber:

$$n_1 \cdot \text{sen } \mathbf{q}_1 = n_2 \cdot \text{sen } \mathbf{q}_2$$

donde  $n_1$  es el índice de refracción del medio incidente y  $n_2$  el del medio donde se transmite la luz.

4. Las intensidades relativas de la luz reflejada y transmitida dependen del ángulo de incidencia y de la polarización de la luz incidente ( $s$ = polarización plana con el vector eléctrico perpendicular al plano de incidencia,  $p$ = polarización plana con el vector eléctrico contenido en el plano de incidencia), según lo que se conoce con el nombre de ecuaciones de Fresnel [ecuaciones (1) y (2)]:

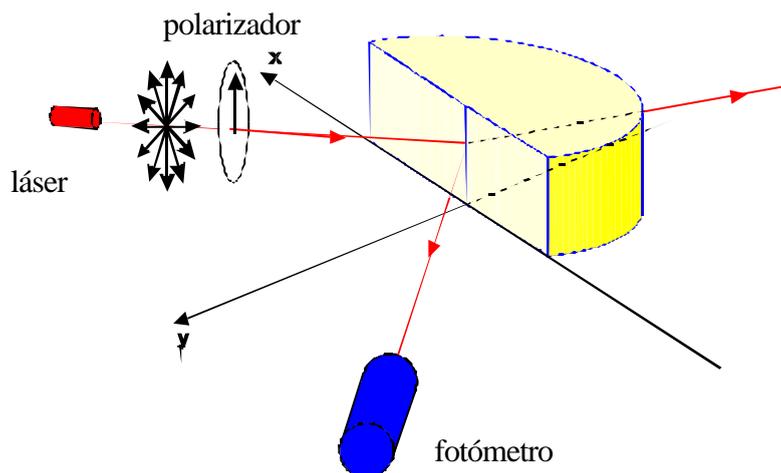
$$R_s = \frac{I_r^{(s)}}{I_i^{(s)}} = \frac{\text{sen}^2(\mathbf{q}_1 - \mathbf{q}_2)}{\text{sen}^2(\mathbf{q}_1 + \mathbf{q}_2)} \quad (1)$$

$$R_p = \frac{I_r^{(p)}}{I_i^{(p)}} = \frac{\text{tg}^2(\mathbf{q}_1 - \mathbf{q}_2)}{\text{tg}^2(\mathbf{q}_1 + \mathbf{q}_2)} \quad (2)$$

### Actividad

Usando un dispositivo similar al indicado esquemáticamente en la Figura 1, estudie con un fotómetro 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, intente explicar sus resultados.



**Figura 1:** Esquema del dispositivo experimental. El plano x-y es el plano de incidencia. Si la polarización se produce paralela a este plano, tenemos una polarización tipo *p*. Si el vector eléctrico es perpendicular al plano de incidencia, la polarización es tipo *s*.

- 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 como el descrito, 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 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).
2. *Feynman lectures on physics, Volúmen 1*, Electricidad y Magnetismo, R. Feynman, Fondo Educativo Interamericano, Bogotá (1972).
3. *Optics*, E. Hecht, Addison-Wesley Pub. Co., New York, (1990).
4. *Trabajos prácticos de física*, J. E. Fernández y E. Galloni, Editorial Nigar, Buenos Aires (1968).
5. *Sensitive small area photometer*, M. D. Levenson, Am. J. Phys. **38**, 987 (1970).