

## 55. POLARIZADOR SIMPLE

Ref.- OPTIC-10

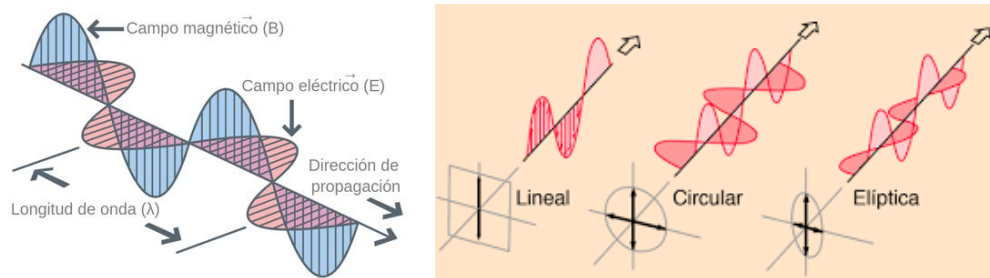


Figura 1. Onda electromagnética polarizada lineal (izquierda) indicando campo eléctrico, magnético y dirección de propagación. Diferentes polarizaciones de onda electromagnéticas (derecha), lineal, circular y elíptica.

**Principio físico:** La luz es una onda electromagnética (variación periódica de un campo eléctrico y magnético que varían en el tiempo) que se propaga en el espacio a la velocidad constante de la luz (Figura 1). La polarización de la luz es una propiedad que deriva de que las ondas electromagnéticas oscilan en una dirección particular. Al analizar la polarización electromagnética, generalmente solo se considera el campo eléctrico, dado que el vector de campo magnético se puede obtener a partir del vector de campo eléctrico mediante las relaciones de Maxwell. Normalmente, la luz natural es no polarizada, lo que significa que las ondas de luz vibran en múltiples planos perpendiculares a la dirección de propagación.

La polarización puede modificarse mediante varios métodos, como la reflexión, la refracción o mediante el paso a través de un filtro polarizador o la dispersión por pequeñas partículas (véase Figura 2), etc. Cuando la luz se polariza, sus ondas se alinean en un único plano, lo cual puede tener muchas aplicaciones en la ciencia y la tecnología. La comprensión de la polarización de la luz ha llevado a numerosos desarrollos tecnológicos y científicos.

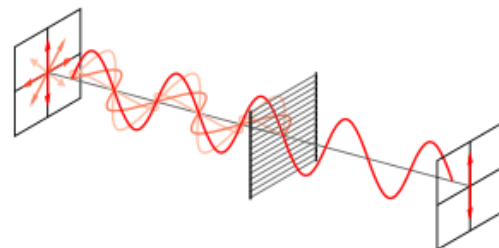


Figura 2. Luz no polarizada que atraviesa un polarizador.

### Antecedentes históricos del fenómeno de la polarización:

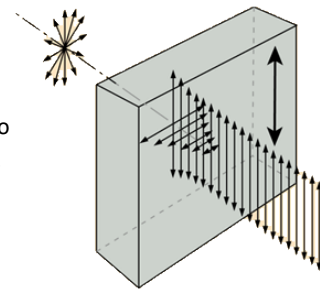
El físico holandés del siglo XVII Christiaan Huygens no estudió directamente la polarización, pero su teoría ondulatoria de la luz, publicada en 1690, fue crucial para el entendimiento posterior del fenómeno. Uno de los primeros en contribuir al estudio del fenómeno de polarización de la luz fue el físico francés Étienne-Louis Malus, quien en 1808 habló por primera vez de la polarización por reflexión mientras observaba el sol a través de un cristal de calcita. Descubrió que si hacemos incidir una luz sobre una superficie pulimentada de vidrio con un ángulo de

# ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

incidencia aproximado de  $57^\circ$ , la luz reflejada está polarizada. Este fenómeno ocurre al hacer incidir la luz sobre una superficie de separación entre dos medios diferentes.

Otro de los métodos de obtención de luz polarizada que se conocen también desde las primeras décadas del siglo XIX es la absorción selectiva de las componentes transversales del campo eléctrico de una onda por parte de algunos materiales, o el fenómeno óptico del dicroísmo. Jean-Baptiste Biot fue el primer científico en estudiar sistemáticamente este fenómeno en 1815. Descubrió que la turmalina es un material anisótropo que actúa como un filtro polarizador natural, permitiendo que solo pase la luz de una cierta polarización, y por tanto absorbiendo la luz de diferente manera dependiendo de la polarización y la longitud de onda de la luz incidente.

Figura 3. Dicroísmo o polarización por absorción. El dicroísmo ocurre cuando ciertos materiales capturan más luz en un plano de incidencia que en otros, polarizando la luz a medida que avanza a través del material.



Tras los descubrimientos de Biot, otros científicos continuaron explorando las propiedades de los materiales ópticos y la polarización de la luz. David Brewster avanzó aún más este campo al descubrir la Ley de Brewster en 1815, que describe el ángulo específico de incidencia en el cual la luz se polariza completamente por reflexión, y ocurre cuando el rayo refractado es perpendicular al reflejado,  $90^\circ$ .

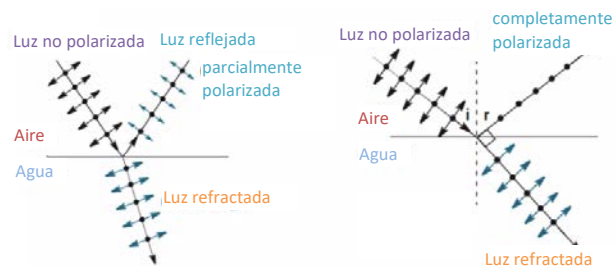


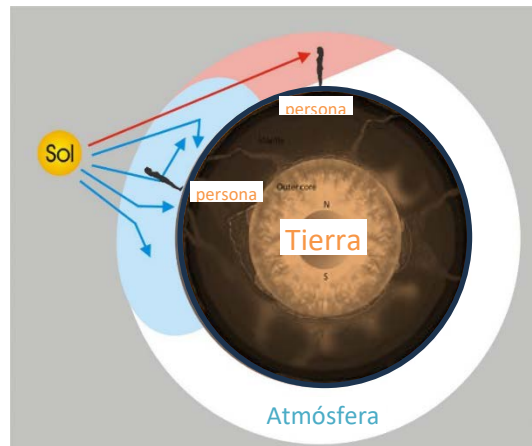
Figura 4. Ley de Brewster. Luz parcialmente polarizada tras la reflexión (izquierda) y luz completamente polarizada en un plano (derecha) al incidir en ángulo de Brewster.

Augustin-Jean Fresnel, otro físico francés que hizo grandes aportaciones a la óptica, desarrolló una teoría matemática para la polarización. Después de comprobar la interferencia entre dos rayos polarizados en un mismo plano, dedujo que si la onda se polariza pasa a oscilar sólo en un determinado plano, al que se denomina plano de polarización. Thomas Young, un físico inglés conocido por su experimento de doble rendija de 1801, también hizo contribuciones de manera indirecta al medir la longitud de onda de la luz y descubrió lo extremadamente pequeña que es, por lo que la luz parecerá viajar en línea recta salvo que los obstáculos sean del tamaño similar o menor que la longitud de onda. Alrededor de 1820, Young y Fresnel demostraron que si las ondas de luz se consideraban transversales se podía explicar el fenómeno de la polarización fácilmente. Humphrey Lloyd, un físico irlandés, en la década de 1830, investigó la polarización por birrefringencia, fenómeno en el cual un solo rayo de luz se divide en dos rayos al pasar a través de ciertos cristales, como la calcita. Observó que los rayos ordinario y extraordinario, producidos al pasar la luz a través del cristal birrefringente, mostraban patrones de interferencia cuando se recombinaban. En 1845, Faraday descubrió el efecto que lleva su nombre, el efecto

# ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Faraday, que demuestra la rotación del plano de polarización de la luz cuando esta pasa a través de un material en presencia de un campo magnético, demostrando la relación entre la luz y el electromagnetismo. Stokes desarrolló la teoría matemática de la polarización de la luz, introduciendo los parámetros de Stokes en 1852.

Figura 5. Efecto Rayleigh. Durante el día, cuando el sol está alto, la luz formada por todos los colores atraviesa una menor cantidad de atmósfera. En esas condiciones la frecuencia que más se dispersa es la que tiene longitudes de onda más cortas, por lo que el azul es el color predomina (persona 1). Durante el amanecer y el atardecer, la luz debe atravesar una mayor cantidad de atmósfera, dispersando la luz azul y permitiendo que predominen las longitudes de onda más largas (rojo y naranja, persona 2)



En su trabajo de 1872 titulado "Six Lectures on Light", el físico irlandés John Tyndall hizo importantes contribuciones a la comprensión de la polarización por dispersión de la luz. Tyndall demostró la luz se dispersa al pasar a través de un medio que contiene partículas pequeñas, como ocurre en las capas altas de la atmósfera. Si las partículas en el medio tienen un tamaño comparable a la longitud de onda de la luz visible (entre 400 y 700 nm) la dispersión de la luz hace que el haz de luz se vuelva visible (efecto Tyndall), y su color puede variar dependiendo de la naturaleza de las partículas y la longitud de onda de la luz. A finales del siglo XIX, Lord Rayleigh estudió la dispersión de la luz por partículas que son mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz. Los trabajos de Rayleigh complementaron los de Tyndall, proporcionando una explicación teórica detallada de la dispersión y la polarización de la luz y explicando el color azul del cielo y el color rojizo del sol al amanecer y al atardecer (Figura 5). Ambos fueron fundamentales para desentrañar las propiedades de la luz y establecer la base de la óptica atmosférica y física de la luz.

**Fabricante:** Max Kohl fue un destacado fabricante alemán de instrumentación científica en el siglo XIX, conocido por su calidad y amplia gama de equipos de precisión que contribuyeron significativamente al avance de la óptica experimental en su época.

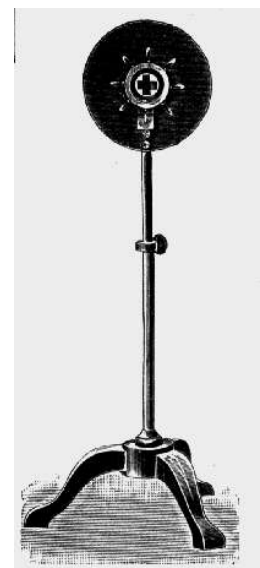


Figura 6. Página 552 del antiguo catálogo de la empresa Max Kohl. El instrumento 54600 se acompaña del texto "Simple Polarisation Apparatus, with tourmaline plate 5x15 mm,

# ANTIGUOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

---

**Polarizador simple de Max Kohl:** Entre sus productos, Kohl ofrecía polarizadores simples utilizando cristales de turmalina, aprovechando su capacidad natural para polarizar la luz. Está equipado con un dispositivo similar a un pequeño timón que permite girar el cristal de turmalina. Este mecanismo de ajuste angular es fundamental, ya que, al variar la orientación del cristal, se modifica la dirección de polarización de la luz que pasa a través de él.

**Fecha de Fabricación:** Max Kohl, en torno a 1900.

**Material:** Metal, latón. Turmalina.



Figura 7. Cabeza del polarizador Simple de Max Kohl

**Aplicaciones.** Su utilización en un laboratorio de óptica ofrece una gran variedad de aplicaciones técnicas. En primer lugar, los polarizadores permiten investigar fenómenos como la birrefringencia y la anisotropía óptica. Son importantes también en experimentos de interferencia y difracción, donde la luz polarizada se utiliza para generar y analizar patrones de interferencia. Estos patrones pueden proporcionar información detallada sobre la coherencia y la fase de las ondas de luz, así como sobre la estructura de los materiales analizados obteniendo resultados más fiables y reproducibles. En la espectroscopía, los polarizadores se emplean para eliminar la luz no deseada y mejorar la resolución espectral, facilitando el estudio de las propiedades ópticas intrínsecas de los materiales. Asimismo, son esenciales en la investigación de materiales biológicos ópticamente activos, donde la rotación del plano de polarización de la luz puede revelar detalles sobre la estructura molecular y las interacciones intermoleculares. Finalmente, los polarizadores son fundamentales en el desarrollo y prueba de dispositivos ópticos y fotónicos avanzados como los moduladores de luz.

Además, el fenómeno de la polarización de la luz tiene numerosas aplicaciones de consumo que mejoran calidad visual, la funcionalidad y eficiencia de diversos dispositivos y tecnologías de consumo. En fotografía y cine, los filtros polarizadores reducen reflejos y mejoran la claridad de las imágenes. Las pantallas LCD utilizan la polarización para controlar la luz y formar imágenes nítidas, mientras que las gafas 3D y de realidad virtual crean efectos de profundidad. Las gafas de sol polarizadas reducen el deslumbramiento y mejoran la visión en exteriores. En iluminación, la tecnología de polarización dirige la luz eficientemente, reduciendo deslumbramientos. Además, se usa en relojes inteligentes, sensores ópticos y en la industria automotriz, mejorando la visibilidad y la seguridad en paneles de instrumentos y espejos retrovisores.

- Brewster, D. (1847). The Edinburgh Encyclopedia: Polarization of Light.
- Zhu, L., et al. (2017). "Liquid crystal displays: Making the best use of polarization." *Light: Science & Applications*, 6(1), e17046.
- Craig, S. A. (2012). *Polarized Light in Nature*. Elsevier.
- <https://infobservador.blogspot.com/2010/11/el-efecto-tyndall-y-rayleigh.html>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polcross.html>