

Física II

Tercera parte: Óptica

Dr. Mario Enrique Álvarez Ramos(Responsable)

Dr. Roberto Pedro Duarte Zamorano

Dr. Ezequiel Rodríguez Jáuregui

Dr. Santos Jesús Castillo

Webpage: <http://paginas.fisica.uson.mx/qb>

©2017 Departamento de Física

Universidad de Sonora

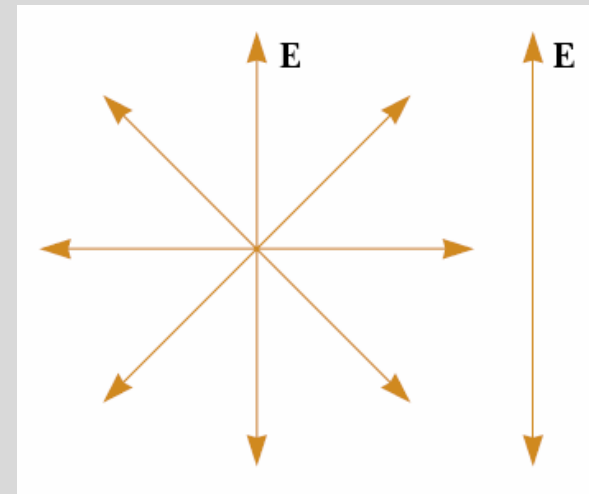
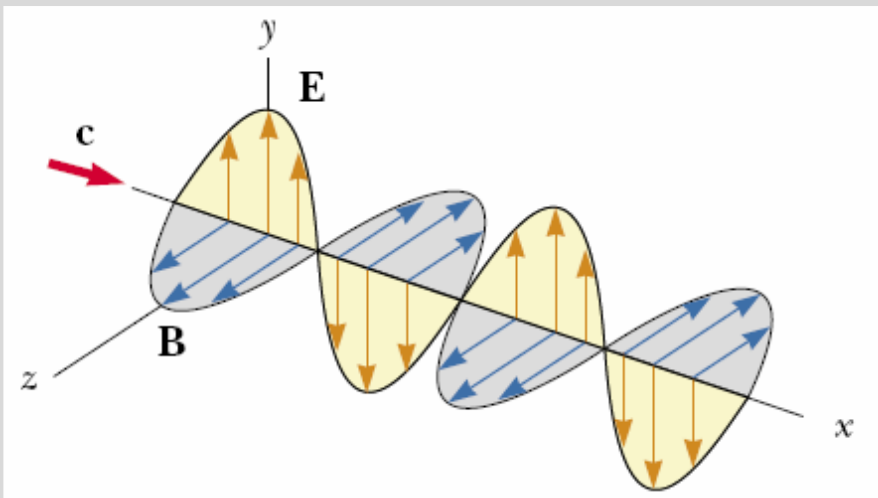
Tema 12: Polarización óptica.

- i. Polarización de la luz. Filtros polarizadores.
- ii. Polarización mediante absorción selectiva. Ley de Malus.
- iii. Polarización por reflexión. Ley de Brewster.
- iv. Polarización circular y elíptica.
- v. Polarización por doble refracción.
- vi. Polarización por dispersión.
- vii. Actividad óptica de moléculas.

Polarización de ondas luminosas

Un haz ordinario de luz consta de un gran número de ondas electromagnéticas emitidas por los átomos de una fuente de luz, cada una con su propia orientación en la que vibran sus campos \mathbf{E} y \mathbf{B} . La *dirección de polarización* de cada onda individual está definida como la dirección en la cual el campo eléctrico está vibrando.

Se dice que una onda está polarizada linealmente si el campo eléctrico \mathbf{E} vibra en la misma dirección *todo el tiempo* en un punto en particular.



Polarización de ondas luminosas

La forma de polarizar un haz luminoso consiste en eliminar todas las ondas del haz, excepto aquellas cuyos vectores de campo eléctrico oscilan en un mismo plano.

Existen varias formas de polarizar un haz luminoso, entre estos procesos podemos considerar los siguientes:

- Polarización mediante absorción selectiva
- Polarización por reflexión
- Polarización por doble refracción
- Polarización por dispersión

En lo que sigue haremos una descripción de los dos primeros procesos, quedando para el estudiante revisar los otros dos.

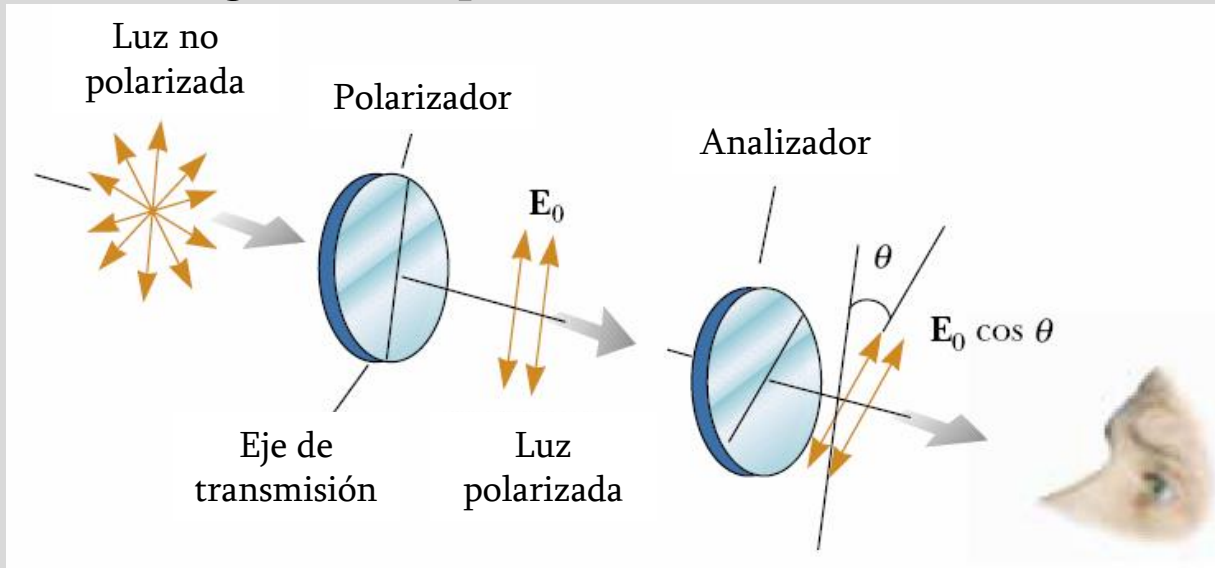
Polarización selectiva mediante absorción

En 1938, E.H. Land descubrió un material al que llamó *polaroide* y el cual se fabrica en láminas delgadas de hidrocarburos en cadenas largas. Las láminas son estiradas durante su fabricación, de modo que las moléculas se alineen en largas cadenas, posterior a una inmersión en una solución que contiene yodo, las moléculas vuelven buenos conductores, principalmente a lo largo de la cadena de hidrocarburos. De tal forma que absorben la luz en esa dirección y permiten el paso de aquella que viaja en forma perpendicular a su longitud.

Es común referirse a la dirección perpendicular a las cadenas moleculares como el *eje de transmisión*.

Polarización mediante absorción selectiva: Ley de Malus

Considerando el siguiente esquema

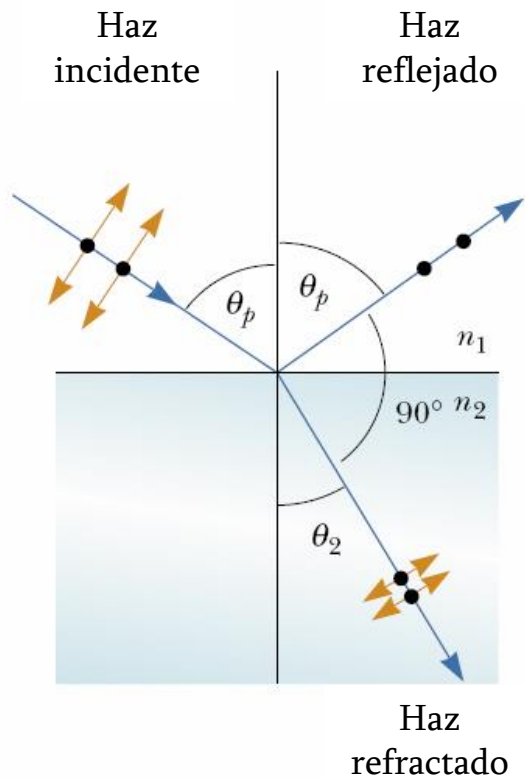


La relación de intensidades entre el haz transmitido (I_{\max}) con los polarizadores alineados y el haz que se transmite (I) al girar el analizador un ángulo θ satisfacen la *ley de Malus* que se escribe como

$$I = I_{\max} \cos^2 \theta$$

Polarización por reflexión: Ley de Brewster

Cuando un haz de luz no polarizada se refleja en una superficie, la luz reflejada puede ser completamente polarizada, parcialmente polarizada o no polarizada, lo cual depende del ángulo de incidencia.



El ángulo al cual ocurre la polarización total se le conoce como *ángulo de polarización* θ_p , y está dado por la [ley de Brewster](#) que se escribe como

$$n = \tan \theta_p$$

donde n es el cociente entre los índices de refracción, es decir $n = n_2/n_1$.

Es importante recordar que para una sustancia n varía con la longitud de onda, por lo que el ángulo de polarización o de Brewster también es una función de la longitud de onda.

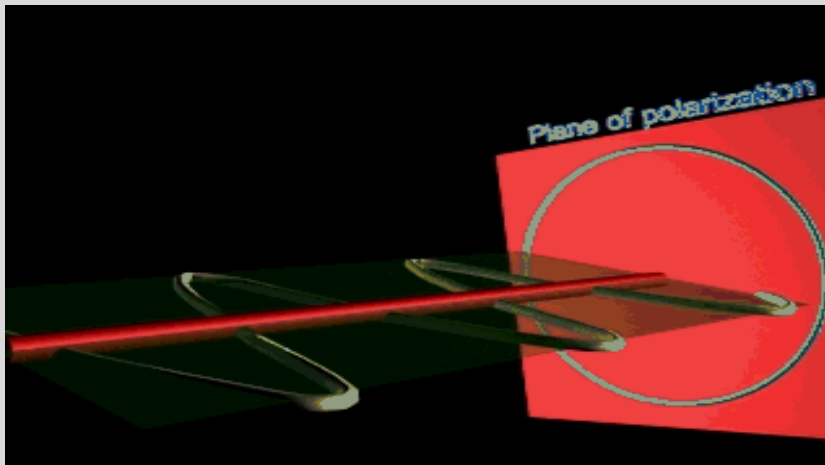
Polarización Elíptica o Circular

- El vector campo eléctrico va cambiando en el tiempo describiendo elipses o circunferencias

$$\vec{E} = E_0 \text{sen}(wt - kx) (\cos \varphi t \hat{j} + \text{sen} \varphi t \hat{k})$$
$$\vec{B} = B_0 \text{sen}(wt - kx) (-\text{sen} \varphi t \hat{j} + \cos \varphi t \hat{k})$$

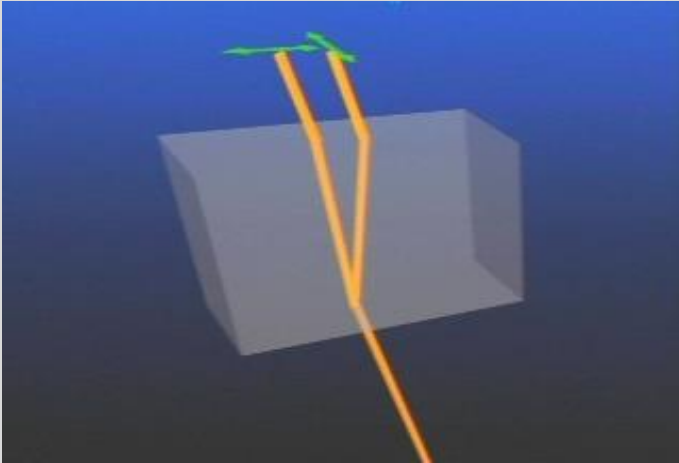
Onda polarizada circularmente que se propaga en dirección X.

El campo E es una superposición de un campo vibrando en dirección Y y otro en dirección Z



Polarización por doble refracción

Doble refracción en calcita

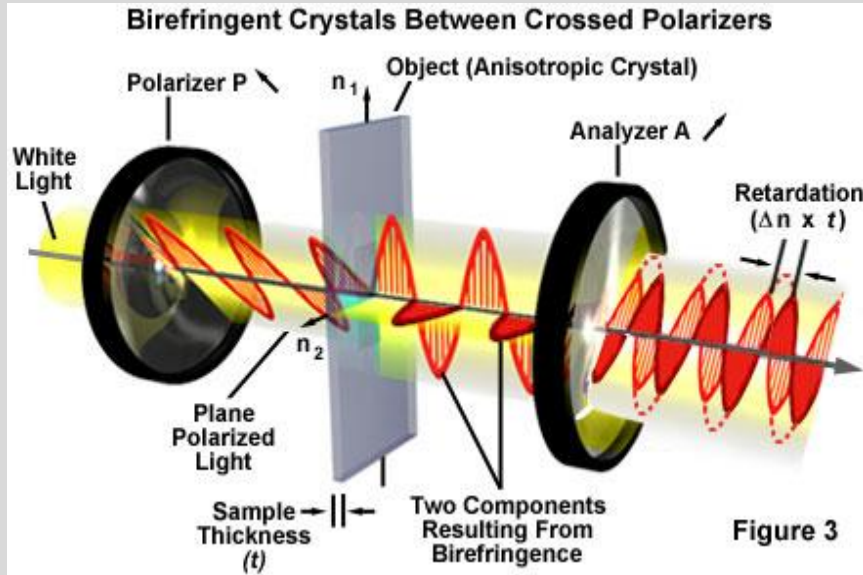


- Cristal uniáxico
- Se forman dos imágenes: la del rayo ordinario y la del rayo extraordinario.



- Ambas están linealmente polarizadas, aunque en planos diferentes.
- La imagen del rayo ordinario está fija, mientras la del extraordinario cambia de posición al rotar el cristal (eje óptico)

Birrefringencia



Incidencia normal formando un cierto ángulo α con el eje óptico, paralelo a la superficie del cristal y perpendicular a la dirección de propagación

El rayo ordinario y el extraordinario quedan desfasados al atravesar un espesor d

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - n_o) d$$

Polarización elíptica (general) y circular (incidencia $\alpha = 45^\circ$)

$$\delta = (2m + 1) \frac{\pi}{2}$$

Polarización lineal en dirección

$\pi - \alpha$, m impar

α , m par

$$\delta = m\pi$$

Polarización por dispersión

- Las moléculas de aire son centros de dispersión para la luz solar. → La molécula absorbente actúa como una antena dipolar → emite luz polarizada en su plano de vibración.
- La luz que atraviesa la molécula es no polarizada.
- El observador situado al medio día o al atardecer ve luz no polarizada mientras el situado más allá del medio día la observa parcialmente polarizada.

Actividad óptica

- Algunas sustancias son capaces de rotar el plano de polarización de la luz incidente (dextrógiras y levógiras)
- Pueden presentar actividad óptica sólo en estado sólido: cuarzo, benzil.
- En todos los estados: azúcar, alcanfor, ácido tartárico.
- Puede depender de la concentración: ácido láctico, levulosa, dextrosa.

