# EXPERIMENTO 19

# OPTICA VII : ACTIVIDAD OPTICA

## 1. Objetivo

Comprender el fenómeno de rotación del eje de polarización de la luz que producen algunas substancias y medir dicho efecto en diferentes medios.

## 2. Bases Teóricas

La forma en que la luz interacciona con una sustancia puede ser información sobre la estructura molecular de la sustancia. Tal es el caso del fenómeno conocido como ***actividad óptica***, en el que el tipo de simetría de las moléculas que forman el medio provoca la rotación del eje de polarización de la luz en sentido levógiro o dextrógiro. Por ejemplo, en la Fig.1, un haz de luz linealmente polarizado atraviesa un cristal de cuarzo y el eje de polarización gira (visto de frente) en el sentido de la agujas del reloj. En este caso, la substancia es *dextrógira* ( en el caso contrario, sería levógira).

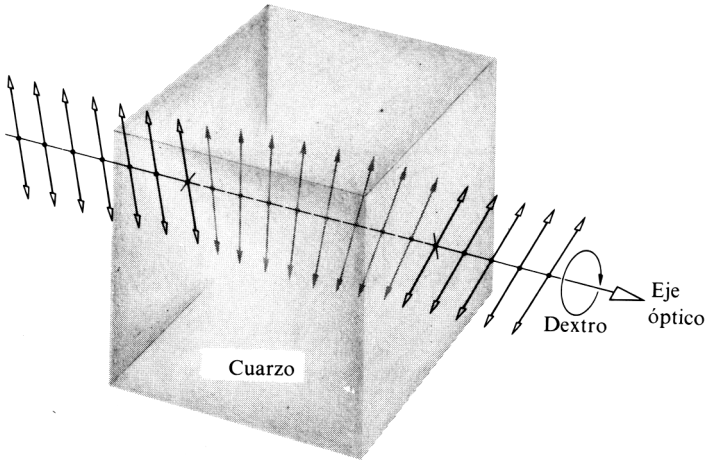
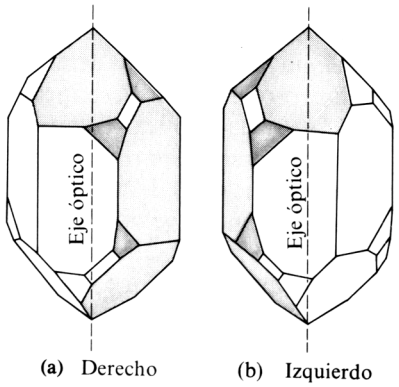



**Figura 1**

Un hecho bastante fascinante, sin embargo, es que otra muestra de cuarzo con la misma composición química puede provocar el efecto inverso, es decir, ser levógira.

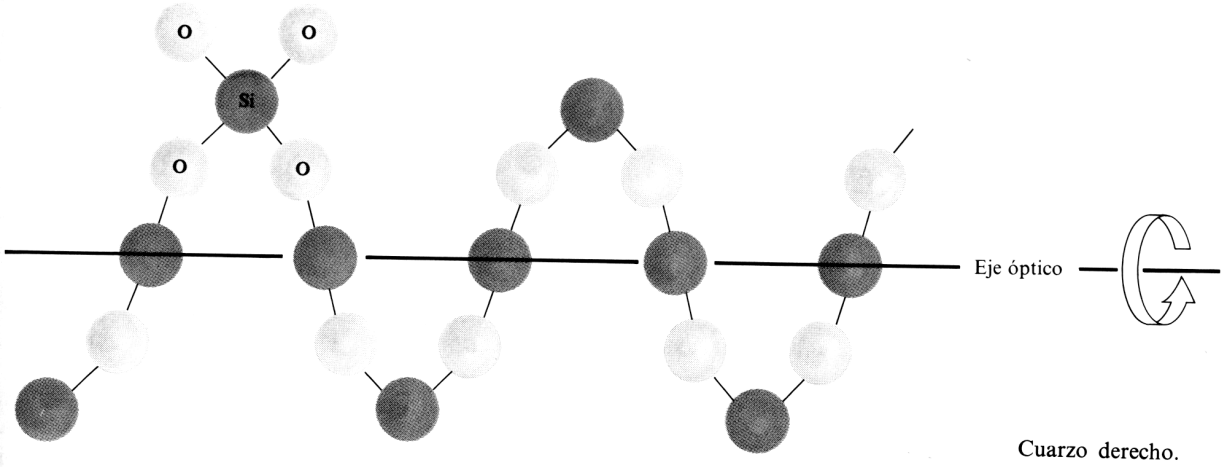
Hoy se comprende que este fenómeno está íntimamente ligado a las propiedades de simetría de la estructura molecular. Por ejemplo, se sabe que un cristal de cuarzo ($SiO_2$) puede adoptar dos estructuras que son la imagen especular una de otra (como las manos de una persona), Fig. 2.




Cristales de cuarzo derecho e izquierdo.

**Figura 2**

Este es un tipo de simetría muy particular, existente en la naturaleza (dos cuerpos que son la imagen especular uno de otro, no pueden hacerse coincidir mediante ninguna rotación de coordenadas). En el caso del cuarzo, las dos formas cristalinas, derecha e izquierda, son formadas por arreglos de los átomos de Si y O en forma de hélice derecha o izquierda, respectivamente.
La figura 3, muestra una hélice derecha.




Cuarzo derecho.

**Figura 3**

Uno de los enigmas dela naturaleza que ha ayudado a resolver la mecánica cuántica, es porqué algunas substancias sólo presentan un tipo de hélice, mientras que otras pueden existir en las dos formas.

Por el momento, lo que nos atañe es como actúa la estructura molecular helicoidal para desviar el eje de polarización de la luz, a través de un modelo cualitativo sencillo.
Una carga eléctrica moviéndose en una hélice puede ser aproximada por la superposición de dos corrientes: una a lo largo del eje de la hélice y otra sobre un círculo perpendicular, Fig.4.

**Figura 4**

Una carga oscilando en una línea produce un momento dipolar eléctrico $\vec{p}$ variable, que es capaz de emitir una onda electromagnética (antena dipolar usada en el equipo de microondas). Por otra parte, una carga oscilando en un circuito circular produce un momento dipolar magnético $\vec{m}$ variable, que también es capaz de emitir una onda electromagnética (recordar que un campo eléctrico variable genera una campo magnético variable y viceversa). El sentido de $\vec{p}$ y $\vec{m}$ está representado en la figura.

Consideremos ahora una onda electromagnética incidiendo sobre una hélice, de tal modo que $\vec{E}_i$ es paralelo al eje de la hélice, Fig. 5

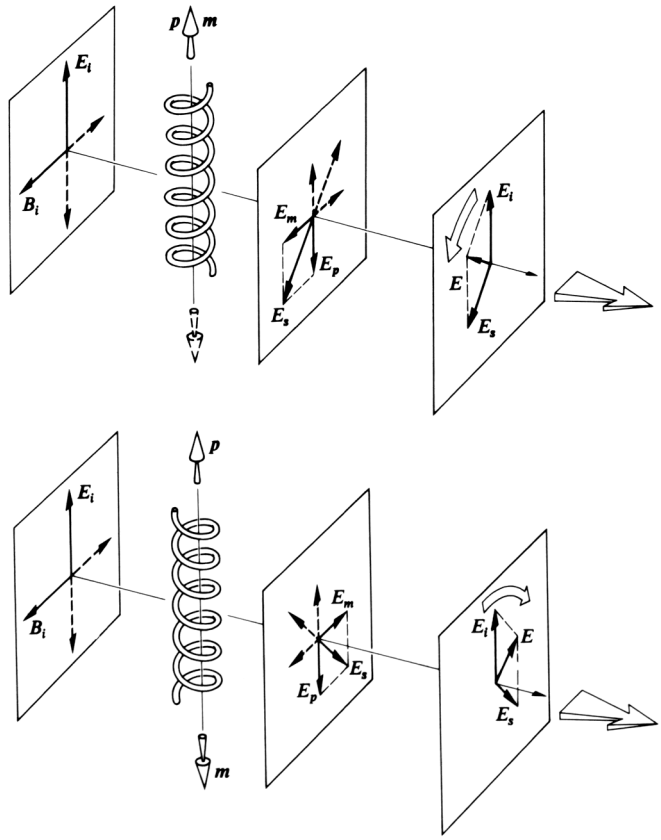



**Figura 5**

Cuando $\vec{E}$ está hacia arriba, impulsará una corriente ⊕ hacia arriba en la hélice. Si la hélice es <u>derecha</u>, $\vec{p}$ y $\vec{m}$ son paralelos y emitirán campos $\vec{E}_p$ y $\vec{E}_m$ como en la parte de arriba de la figura, dando como resultante $\vec{E}_s$ que, al superponerse con $\vec{E}_i$, hace rotar el eje de polarización en el sentido <u>*levógiro*</u> (l). Si por el contrario la hélice es <u>izquierda</u>, $\vec{p}$ y $\vec{m}$ son anti-paralelos y, como lo muestra la parte de abajo de la figura, se producirá un giro en el sentido *dextrógiro* (d).

Que ocurre si $\vec{E}_i$ fuera perpendicular al eje de la hélice ?. En ese caso conviene realizar el análisis en base al campo magnético incidente, $\vec{B}_i$, el que sería paralelo al eje de le hélice, encontrándose exactamente el mismo resultado: $\vec{p}$ y $\vec{m}$ son paralelos para una hélice derecha y anti paralelos para una hélice izquierda (recordar que un flujo magnético variable a través de una espira genera una corriente en ella).

En consecuencia, no importa como están orientados los ejes de las hélices en la substancia respecto a los campos incidentes, sino solamente el tipo de simetría de las hélices ( derecha o izquierda)

Como dijimos, hay substancias con estructuras moleculares helicoidal que pueden adoptar los dos tipos de simetría (como el cuarzo), o incluso tener una simetría en estado líquido y

cambiar a la otra en estado cristalino (por ej. tartrato de rubidio), y substancias que sólo presenta una simetría. Muchas substancias biológicas naturales responden a éste último tipo, aunque cuando son sintetizadas en el laboratorio se producen tanto isómeros d como l. Por ejemplo, el azúcar natural (sacarosa $C_{12}H_{22}O_{11}$), no importa si viene de caña o de remolacha, es siempre d. El azúcar simple, dextrosa, o glucosa ($C_6H_{12}O_6$), es d y es el carbohidrato más importante en el metabolismo humano. Sin embargo, casi todos los aminoácidos que forman las proteínas son l. Una excepción son los aminoácidos constitutivos de los antibióticos (y este hecho puede explicar la acción tóxica de los antibióticos sobre las bacterias)

Todo esto abre una fantástica serie de interrogantes: porque en el mundo biológico existe una preferencia por una dada simetría ?. Por qué en muestras de meteoritos se encuentra igual proporción de ciertos aminoácidos d y l, y, porqué esto no es así en rocas terrestres ?. Para ahondar más estos temas ver Physics Today, Feb 1971, pag 17.

## 3. Procedimiento

i) Arme el equipo necesario para medir la desviación de la dirección de polarización de un haz linealmente polarizado que pase a través de una solución de agua y azúcar. Que se necesita y como se operará ?.

ii) Levante una curva de ángulo de desviación en función de la concentración de la solución.

iii) Determine la concentración de una solución de agua y azúcar preparada por el docente.