

PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS MATERIALES

La luz y el espectro electromagnético

La luz visible es una forma de radiación electromagnética con longitudes de onda que se extienden desde aproximadamente 0.40 a 0.75 μm . (Figura 1). La luz visible contiene bandas de color que van del violeta hasta el rojo. La región ultravioleta cubre el rango de aproximadamente 0.01 a 0.4 μm y el infrarrojo va desde 0.75 a 100 μm .

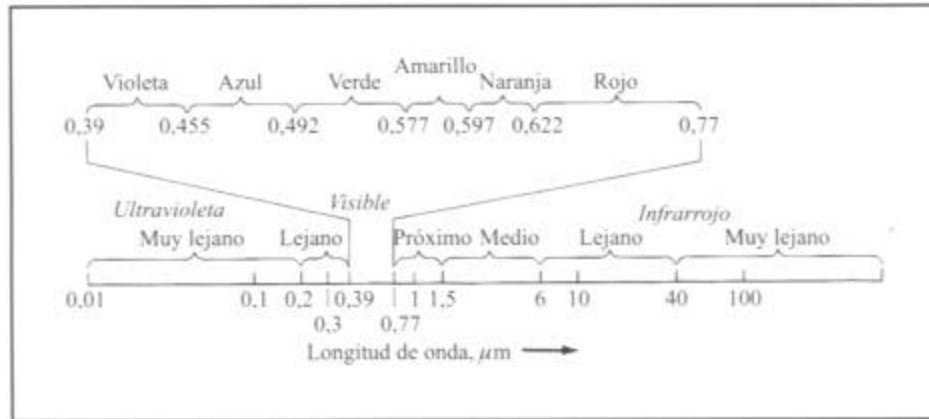


Figura 1. Espectro electromagnético desde el ultravioleta hasta el infrarrojo

La luz puede considerarse como una entidad que tiene comportamiento de onda y que consta de partículas llamadas fotones. La energía (E), la longitud de onda (λ) y la frecuencia (ν) de los fotones se relacionan por la siguiente ecuación:

$$\Delta E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

Donde: h es la constante de Planck (6.62×10^{-34} J.s)
 c es la velocidad de la luz en el vacío (3×10^8 m/s)

Propiedades generales que dependen de la luz

Brillo

El aspecto general de la superficie de un material cuando se refleja la luz se conoce como BRILLO. El brillo de los materiales puede ser de dos tipos generales: Metálico y No metálico.

Un material que tenga el aspecto brillante de un metal tiene un brillo metálico. Además estos materiales son completamente opacos a la luz.

Un material sin aspecto metálico tienen, como su nombre lo implica, un brillo no metálico. Son materiales que o bien son transparentes o translúcidos

Color

Cuando la luz incide en la superficie de un mineral, parte de ella se refleja y parte se refracta. Si la luz no sufre absorción, el material es incoloro. Los materiales son coloreados porque absorben ciertas longitudes de onda de la luz y el color es el resultado de una combinación de aquellas longitudes de onda que llegan al ojo. Algunos materiales exhiben diferentes colores cuando la luz se transmite en direcciones cristalográficas diferentes. Esta absorción selectiva es conocida con el nombre de pleocroísmo.

En algunos casos, el color es debido a cantidades apreciables de un elemento como el hierro, que tiene un alto poder de pigmentación. Los iones de ciertos elementos absorben la luz muy intensamente y su presencia en cantidades pequeñas, aun en trazas, puede ser la causa de que el material tenga un color intenso. Estos elementos son denominados cromóforos. Algunos de ellos son el Fe, Mn, Cu, Cr, Co, Ni y V.

Transparencia.

Según el comportamiento ante la luz, los materiales pueden clasificarse como:

- **Materiales transparentes:** Son los que dejan pasar la luz a través de ellos sin ninguna dificultad. Un objeto visto a través de un material transparente, puede observarse perfectamente con todos sus detalles (Ej. Vidrio de ventana)
- **Materiales translúcidos:** Son los que dejan pasar la luz a través de él, pero transmiten una imagen difusa. Un objeto visto a través de un material transparente, es probable que solo se le distingan los contornos
- **Materiales opacos:** Son los que no dejan pasar la luz a través de ellos.

Luminiscencia

La luminiscencia puede definirse como cualquier emisión de luz por un material que no es el resultado directo de la incandescencia. Normalmente la luminiscencia suele ser débil y puede observarse únicamente en la oscuridad. Dentro de la luminiscencia se destacan:

Fluorescencia y fosforescencia

Los materiales que se hacen luminiscentes al ser expuestos a la acción de los rayos ultravioletas, rayos X o rayos catódicos, son fluorescentes. Si la luminiscencia continúa después de haber sido cortada la excitación, se dice entonces que el material es fosforescente. La fosforescencia se observó en algunos materiales naturales que habían estado expuestos a la acción de los rayos del sol, y que daban luz al ser introducidos en una habitación oscura. No existe una clara diferencia entre la fluorescencia y la fosforescencia, ya que algunos materiales que a primera vista parecen solamente fluorescentes, usando

métodos finos se comprueba que siguen dando luz durante una fracción de segundo, después de haber sido separados de los rayos excitadores. Por consiguiente, el fenómeno se considera por algunos como el mismo.

La fluorescencia está muy asociada con la presencia de ciertas impurezas en los materiales. Se produce cuando la energía de la radiación de corta longitud de onda es absorbida por los iones de la impureza y emitida como radiación de mayor longitud de onda (luz visible). Algunos materiales fluorescen solo en ondas ultravioletas cortas, mientras que otros pueden fluorescer solo en ondas ultravioletas largas y algunos otros fluoeraran bajo ambas longitudes de onda ultravioleta. El color de la luz emitida varía considerablemente con las longitudes de onda o fuente de luz ultravioleta.

La fluorescencia es una propiedad que no puede ser predicha, ya que algunos materiales pueden presentarla y otros, aparentemente iguales, no la poseen. No solo varia enormemente el color de la fluorescencia sino que ni siquiera guardan alguna relacion con el color natural de aquellos.

Actualmente, se hacen muchos objetos fluorescentes gracias al desarrollo de los fósforos sintéticos. Es asi como podemos observar telas, pinturas, cintas y lámparas fluorescentes.

Termoluminiscencia

Es la propiedad que poseen algunos materiales de producir luz visible cuando se calientan a una temperatura por debajo del rojo. Es frecuente, que cuando un material exhiba esta propiedad, la luz visible inicial se acentúe en un rango de temperaturas relativamente bajas, 50 a 100 °C y también es frecuente que la luz cese de ser emitida a temperaturas superiores a los 475°C.

Triboluminiscencia

Es la propiedad que poseen algunos materiales de hacerse luminosos al ser molidos, rayados o frotados. El cuarzo es un buen ejemplo de un material triboluminiscente.

Índice de Refracción

Cuando un haz de luz pasa de un medio a otro, o sea que atraviesa un segundo medio, pierde algo de su energía y , en consecuencia, cambia su velocidad y por ello, cambia de dirección



La velocidad relativa de la luz que pasa a través de un medio se expresa por medio de una propiedad óptica llamada Índice de Refracción (n). El valor del índice de refracción se define como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío, C , y la velocidad de la luz en el medio considerado, v

$$n = \frac{C}{v}$$

Los índices de refracción para la luz que pasa de un medio con índice n_i a otro con índice n_r están relacionados con los ángulos de incidencia y refracción según la ley de Snell,

$$n_i \text{ Sen} \theta_i = n_r \text{ Sen} \theta_r$$

Nótese que si la luz pasa de un medio de mayor índice de refracción a uno de menor índice de refracción, el ángulo de refracción se hace más pequeño.

Cuando la luz pasa de un medio a otro con índice de refracción más bajo, existe un ángulo crítico de incidencia θ_c , que si aumenta, da lugar a una reflexión interna total. Este ángulo crítico θ_c , corresponde a un ángulo de refracción $\theta_r = 90^\circ$.

La apariencia del material es una consecuencia de la magnitud del índice de refracción, n . El “centelleo” característico asociado a los diamantes y a ciertas piezas de arte de vidrio es el resultado de un elevado valor de n , lo cual permite que se produzcan múltiples reflexiones internas de la luz. La adición de óxido de plomo ($n = 2,60$) a los vidrios de silicato eleva el índice de refracción, proporcionándoles esa apariencia característica de “cristal” fino.

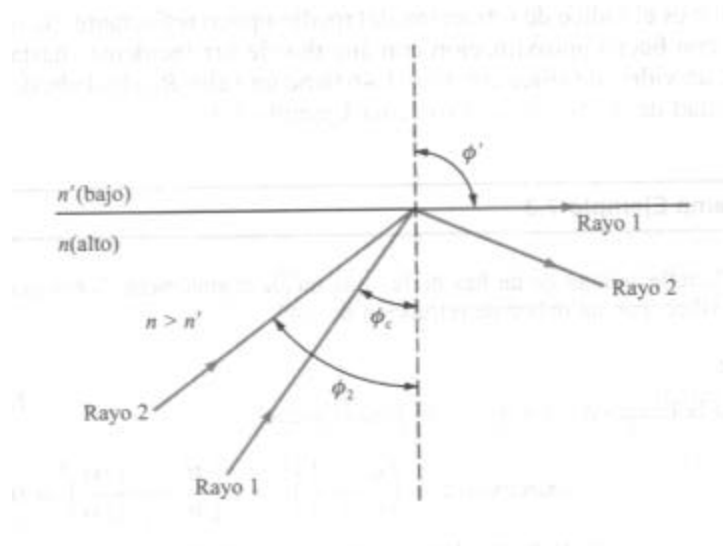


Figura 2. Ángulo de incidencia crítico

Birrefringencia y doble refracción

Bartholinus en 1669 dio a conocer que un punto en un papel (rayo luminoso) da lugar, cuando se ve a través de un romboedro transparente de calcita a dos imágenes(Figura 3).

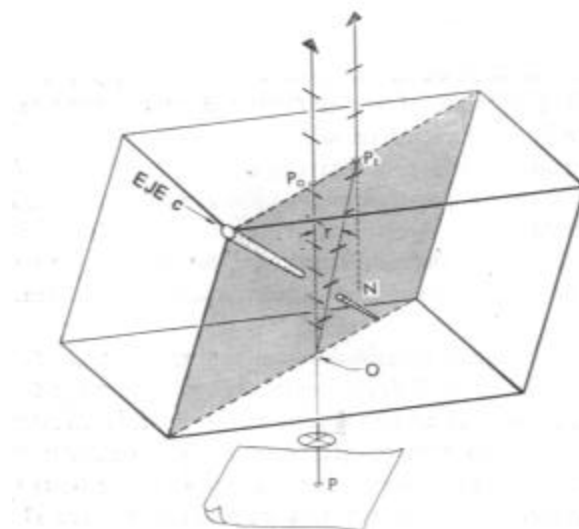


Figura 3. Doble refracción o birrefringencia

Así un rayo que incide normalmente produce no solo un rayo OP_o (Rayo ordinario), que no se desvía, sino también un segundo rayo OP_e (Rayo extraordinario). Ambos rayos siguen trayectorias diferentes dentro del cristal.

El Rayo OP_o cumple la ley de Snell y el rayo OP_e no la cumple. En 1811 Fresnel y Arago, demostraron además que este par de rayos estaban polarizados en direcciones mutuamente perpendiculares.

Cada uno de estos rayos que se generan a partir de un rayo incidente, presenta una velocidad y una dirección características dentro del cristal, por ello cada uno de ellos tiene un índice de refracción diferente.

La posesión de más de un índice de refracción por parte de un material, se conoce como DOBLE REFRACCIÓN O BIRREFRINGENCIA.

Reflectividad

No toda la luz que llega a un material transparente entra en el material y se refracta, como se ha descrito hasta ahora. Una parte de esta luz es reflejada en la superficie, con un ángulo de reflexión igual al ángulo de incidencia. (Figura 4).

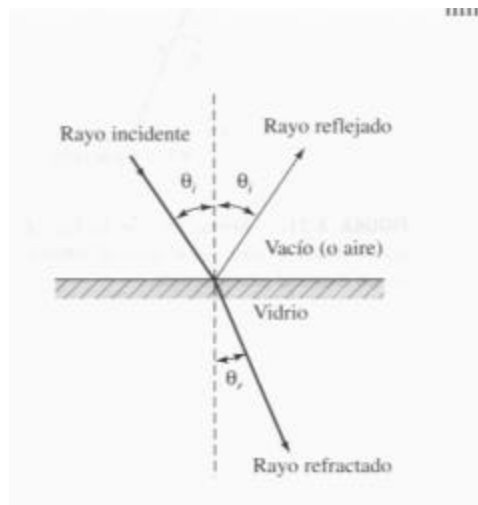


Figura 4. Reflexión y refracción de la luz en la superficie de un material

La reflectividad se define como la fracción de luz reflejada en una entrecara y está relacionada con el índice de refracción a través de la fórmula de Fresnel

$$R = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$$

Esta ecuación es estrictamente válida en el caso de incidencia normal ($\theta_i = 0$), pero es una buena aproximación en un amplio intervalo de θ_i . Los materiales con un alto índice de refracción son también altamente reflectantes. Hay aplicaciones en las cuales esta característica es altamente deseable tal como en los recubrimientos con esmaltes vítreos. Hay otras aplicaciones, en cambio, en las que una alta reflectividad produce una pérdida de luz no deseada, tal como en los lentes o en los vidrios que cubren algunos cuadros. Por esta razón se desarrollaron recubrimientos antirreflexivos que minimizan este problema. En este caso, el recubrimiento produce una onda reflejada que anula la producida por la superficie del material (figura 5)

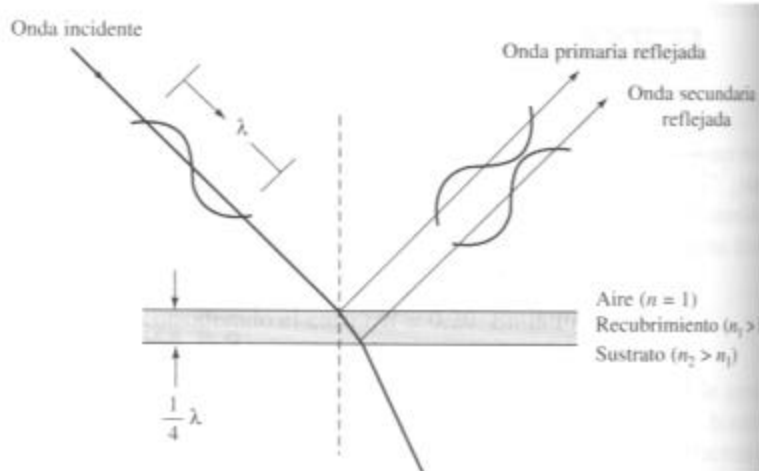


Figura 5. Esquema de cómo un recubrimiento anula la reflectividad de un material

Polarización de la luz

La luz puede ser considerada como un movimiento ondulatorio cuyas vibraciones tienen lugar en todas las direcciones que forman ángulo recto con la dirección de propagación. Cuando el movimiento ondulatorio se reduce a vibraciones en un solo plano, se dice que la luz está polarizada en un plano. (Figura 6)

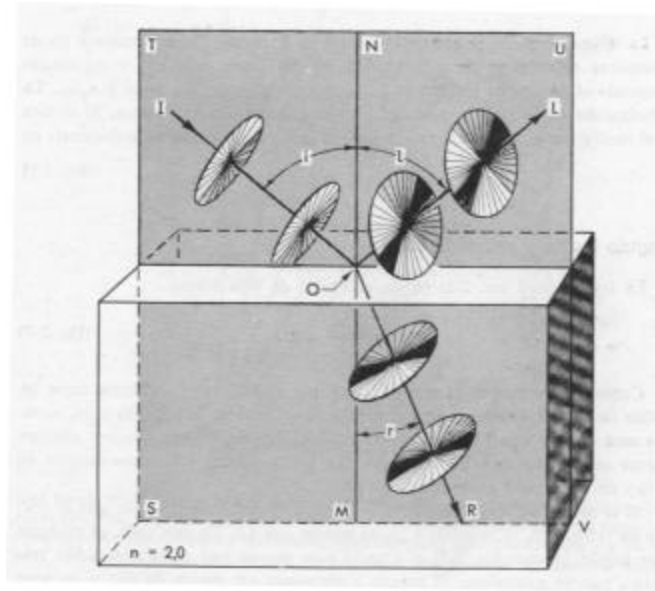


Figura 6. Esquema donde se muestra un rayo IO no polarizado que da lugar a dos rayos parcialmente polarizados: OL (Rayo reflejado) y OR (Rayo refractado)

Hay tres formas principales de polarizar la luz, que son por doble refracción, por absorción y por reflexión.

Luz polarizada por doble refracción: Cuando la luz atraviesa un cristal anisotrópico se divide en dos rayos polarizados. El principio sobre el que se basó el primer polarizador eficiente fue la eliminación de uno de estos rayos por métodos físicos. Se utilizó la calcita en su variedad transparente y el polarizador resultante fue llamado prisma de Nicol gracias a su inventor.

Luz polarizada por absorción: Los rayos polarizados en los que se divide la luz al atravesar cristales anisotrópicos pueden ser absorbidos diferencialmente. Si un rayo sufre casi absorción completa y el otro muy poca, el rayo emergente será polarizado en un plano. Este fenómeno lo exhiben algunos materiales naturales tales como la turmalina. La luz que atraviesa el cristal formando ángulo recto con el plano [001] emerge esencialmente polarizada en un plano, con vibraciones paralelas al eje c. El otro rayo, que vibra perpendicularmente al primero, es casi completamente absorbido. Láminas polarizantes como las Polaroid, se fabrican alineando cristales de turmalina en una base de acetato de celulosa.

Luz polarizada por reflexión

La luz reflejada por una superficie lisa no metálica está parcialmente polarizada con las direcciones de vibración paralelas a la superficie reflectante. El grado de polarización depende del ángulo de incidencia y del índice de refracción de la superficie reflectante. Está casi completamente polarizada cuando el ángulo entre los rayos reflejado y refractado es de 90° (ley de Brewster). El hecho de que la luz reflejada está polarizada puede demostrarse fácilmente mirándola a través de un filtro polarizante. Cuando la dirección del filtro es paralela a la superficie reflectante, la luz pasa a través del filtro con solo una ligera reducción de intensidad; cuando el filtro se gira 90° , solo un pequeño porcentaje de la luz llega al ojo.