

VI-DEC (Vídeos Didácticos de Experimentos Científicos) Física

Color Estructural. Difracción

Objetivo

Dar a conocer el fundamento del color estructural que se explica mediante la difracción.

Material

CD y DVD. Láseres rojo y verde. Linterna. Pantalla. Papel de aluminio. Alfiler.

Fundamento

Normalmente asociamos el color de los objetos al resultado de la reflexión de la luz sobre ciertos pigmentos, que absorben la luz de algunas longitudes de onda y reflejan justo aquellas que dan lugar al color característico del objeto.

El **color estructural** es una coloración sin necesidad de pigmentos, se produce por las estructuras micrométricas del objeto, ya que éstas interfieren con la luz visible. Esto sucede en algún animal, planta y mineral, también en la mancha de aceite, la burbuja de jabón o el CD. Les confiere colores muy llamativos, que además pueden variar dependiendo del ángulo con el que se miren (Fig. 1).

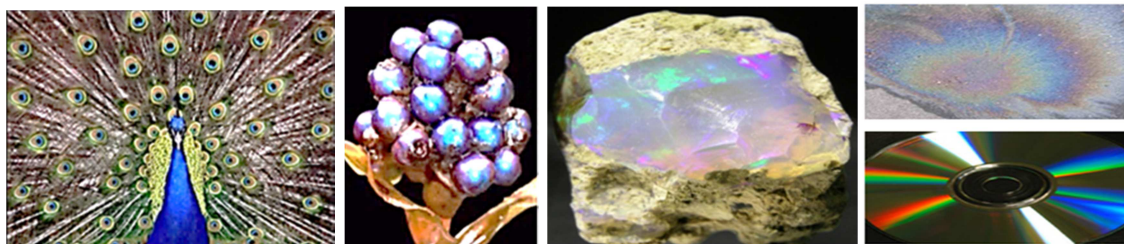


Fig. 1 Ejemplos donde se presenta el color estructural

Algunas de estas estructuras se comportan como una red de **difracción**. Ésta se produce cuando las estructuras son del tamaño similar a la longitud de onda de la luz (Fig. 2).



Fig. 2 a) Ala de la mariposa morfo b) Gorrión azul
(Estas estructuras se ven con un microscopio electrónico)

La luz blanca, al incidir sobre este tipo de superficie, se descompone en los colores de su espectro, como en el arco iris. La luz de cada color es emitida en un ángulo que depende de su longitud de onda. En los extremos están el violeta y el rojo, que corresponden a la longitud de onda más corta y más larga respectivamente (Fig. 3).

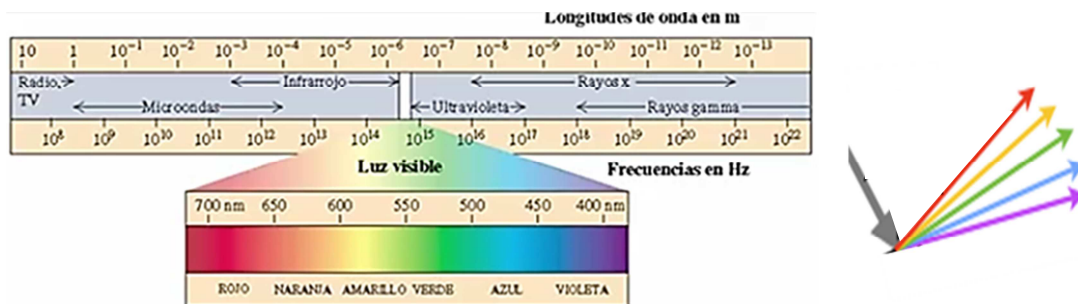


Fig. 3 Espectro de las ondas electromagnéticas y de la luz visible.

La difracción es un fenómeno óptico característico de todos los tipos de ondas.

A continuación se da una breve explicación del comportamiento de las ondas para entender mejor este fenómeno.

Cuando se dan pulsos sucesivos a una cuerda se forma una onda y ésta se caracteriza por la amplitud y la longitud de onda (Fig. 4).

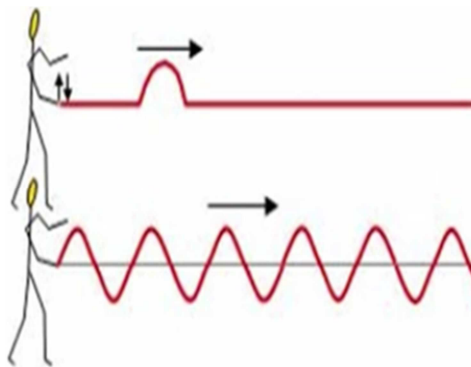
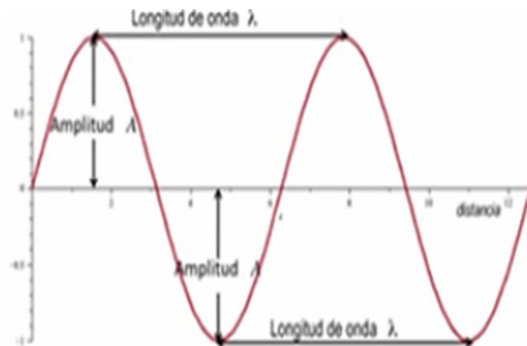


Fig. 4 a) Un pulso y un tren de pulsos



b) Características de la onda

Al enviar pulsos desde los extremos de una cuerda, se forma una interferencia constructiva cuando éstos van en el mismo sentido, y una destructiva si van en sentidos contrarios (Fig. 5).

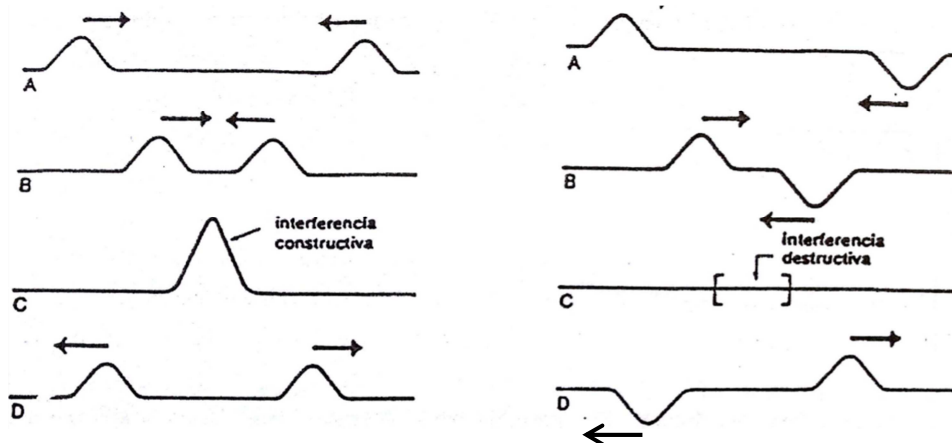


Fig. 5 Interferencia de pulsos.

En las ondas se produce una interferencia constructiva cuando éstas van en fase y destructiva cuando van en oposición de fase (Fig. 6).

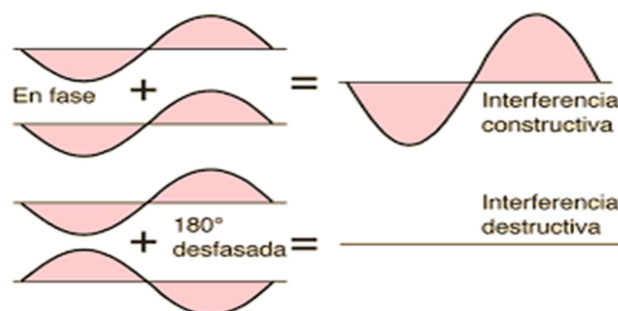


Fig. 6 Interferencia de ondas

En una superficie de agua tranquila se pueden ver las ondas superficiales que se originan a partir de un punto (Fig. 7) o de dos puntos, en este último caso se pueden ver las interferencias que dan lugar a la difracción (Fig. 8). En la luz sucede de forma similar (Fig. 9).



Fig.7 Ondas en el agua

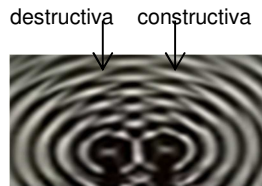


Fig. 8 Interferencias en el agua

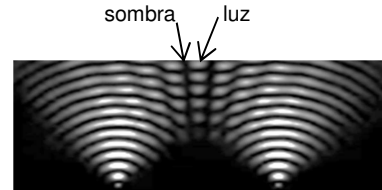


Fig. 9 Interferencias en la luz que pasa por dos rendijas

Una red de difracción está formada cientos de rendijas por mm (N), lo que quiere decir que la distancia entre dos rendijas es $1/N$ (d). Cuando una luz monocromática (de un solo color) la atraviesa, se forman puntos luminosos donde hay interferencias constructivas. Esto se cumple cuando la diferencia de caminos ópticos es 0 o un número entero de longitudes de onda (λ) (Fig. 10).

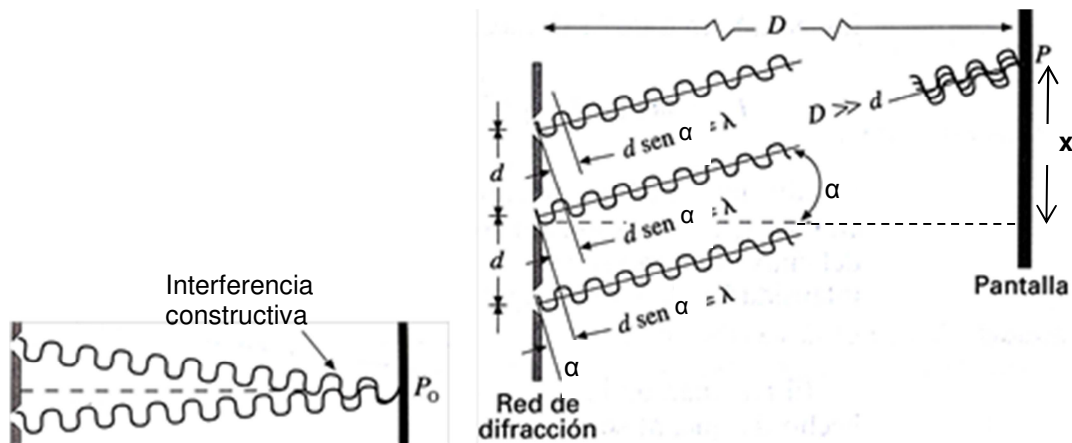


Fig. 10 Punto luminoso en el centro y en el más cercano al centro

El punto luminoso P más cercano al del centro (está a una distancia x , cuando la pantalla está a una distancia D), cumple que la diferencia de caminos ópticos de la luz que pasa dos rendijas consecutivas es una longitud de onda (λ).

El ángulo α que forma la red con la perpendicular a este haz de luz, es el mismo que el que forma la perpendicular a la red y el propio haz Fig. 11), por lo que se cumple: **$\text{tg } \alpha = x/D$** y **$\text{sen } \alpha = \lambda/d$**

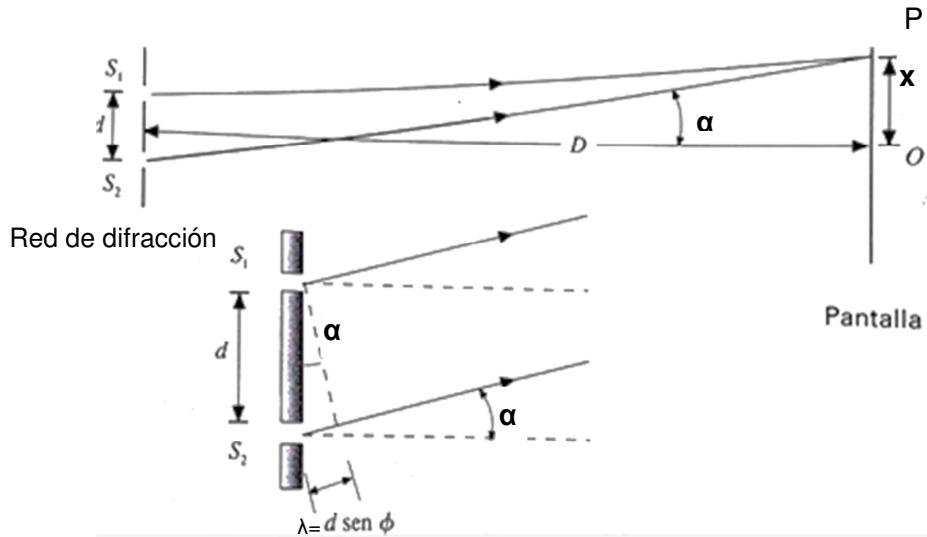


Fig. 11 La diferencia de caminos ópticos es una longitud de onda

Si se miden las distancias x y D , y conocido λ se puede hallar d y por tanto N , o conocido N se puede hallar λ .

Las redes de difracción pueden ser por transmisión, como la vista anteriormente, y por reflexión, como pasa en las alas de la mariposa o las plumas de las aves. Así, si una estructura micrométrica como la de estos animales, difracta la luz verde de $\lambda = 0,53 \mu\text{m}$ para $\alpha = 32^\circ$, indica que la distancia entre líneas es **$d = \text{sen } \alpha / \lambda = 1 \mu\text{m}$** (Fig. 2) y por tanto tiene **$N = 1000$ líneas/mm**. Si se observa la difracción para la luz roja, como tiene mayor $\lambda = 0,7 \mu\text{m}$, también es mayor $\alpha = 44^\circ$.

Cuando una banda de luz blanca llega a una red de difracción se ve una franja de luz blanca en el centro y su espectro a uno y otro lado, empezando por el color de menor λ (azul) y acabando por el de mayor λ (rojo) (Fig. 12).

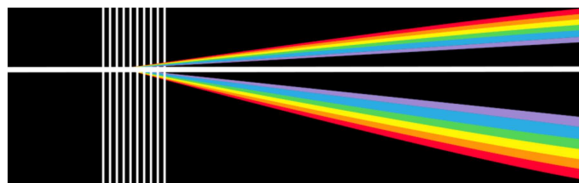


Fig. 12 Luz blanca pasando por una red de difracción

Según el ángulo con el que miremos la superficie de la red de difracción se ve un color u otro. Esto es lo que sucede con el **color estructural** de la naturaleza, que es una coloración sin necesidad de pigmentos, como se indicó al principio. Esto se puede observar en un CD o un DVD (Fig. 13).

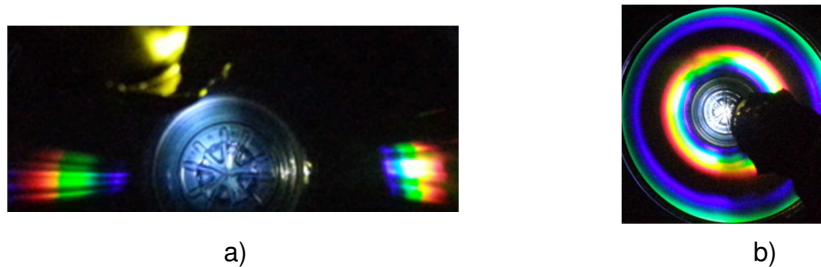


Fig. 13 Colores de difracción por reflexión en un CD al ser iluminado por un haz muy fino de luz blanca: a) desde un lateral y b) desde el centro del CD

(El haz fino se consigue se consigue tapando la luz de una linterna con papel de aluminio y haciendo un agujero en el centro con un alfiler)

El CD y el DVD están formados por plástico y un hilo de aluminio en forma de espiral dejando una ranura donde están los surcos con la información. Este hilo es el que les hace la superficie brillante y produce la reflexión de la luz. Cuando se quita este hilo, por ejemplo con cinta adhesiva, se ve transparente y produce difracción por transmisión.

Un CD tiene 625 líneas por mm, por tanto $d=1000/625=1,6 \mu\text{m}$ y un DVD tiene 1325 líneas por mm, por tanto $d=1000/1325=0,74 \mu\text{m}$ (Fig. 14). El DVD tiene más del doble de capacidad de guardar información que el CD, porque tiene más del doble de líneas por mm.

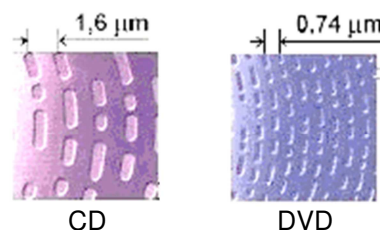


Fig. 14 Distancia entre surcos

Si se utiliza luz verde y roja, y se recoge la luz difractada en una pantalla situada a $D=10$ cm del CD o DVD, se obtienen los valores de las variables x y α , indicados en la tabla aplicando las ecuaciones: $\text{tg } \alpha = x/D$ y $\text{sen } \alpha = \lambda/d$

	CD ($d = 1,6 \mu\text{m}$)		DVD ($d = 0,74 \mu\text{m}$)	
luz	x (cm)	α	x (cm)	α
Verde ($\lambda = 0,53 \mu\text{m}$)	3,5	19°	10,3	46°
Roja ($\lambda = 0,7 \mu\text{m}$)	4,9	26°	29,2	71°

Se ve como x y α aumentan con d y con λ .

Para hacer el experimento se alinea el haz de luz, perpendicular a la red y a la pantalla, con las líneas de la red perpendiculares a la superficie horizontal (Fig. 15).



Fig. 15 Luz del láser difractada por un CD por:

a) Transmisión

b) Reflexión