

Tema 3:

La Luz y el Color

1. *Ideas sobre la Luz: La Luz como onda, la Luz como Partícula. Espectros.*
 2. *Propiedades de la Luz: Velocidad, Propagación de la Luz, Reflexión, Refracción y Dispersión.*
 3. *El Color. Colores Primarios. Mezcla Aditiva, Mezcla sustractiva.*
-

1. IDEAS SOBRE LA LUZ

La luz y los fenómenos relacionados con ella han intrigado a la humanidad desde hace más de 2.000 años.

Sabemos lo importante que es la luz para el hombre, para la función clorofílica de las plantas, para el clima, etc. Esto significa que hay muchos aspectos diferentes que tenemos que contemplar al estudiar la luz.

Por ejemplo, desde el punto de vista de la energía, todos sabemos que los cuerpos de color oscuro se calientan más que los de colores claros cuando reciben luz. Esto se debe a que el color que percibimos de los cuerpos es precisamente la parte de la luz que no han absorbido, es decir si vemos un objeto de color verde significa que el cuerpo refleja el color verde y absorbe los demás. Cuanta más energía luminosa absorba un cuerpo, más se calentará.

El hombre siempre se ha preguntado qué es la luz; así, los antiguos griegos ya habían observado algunos fenómenos asociados con la luz como la propagación rectilínea, la reflexión y la refracción.

Una idea para explicar la naturaleza de la luz proponía que se trataba de "*algo emitido por el ojo*" que chocaba contra los objetos y permitía verlos. Más adelante se

propuso que la luz debía proceder de los objetos que se veían y que al llegar al ojo producía el efecto de la visión. Ninguna de las dos hipótesis explicaba por qué no se emiten rayos en la oscuridad, así que se planteó una nueva hipótesis que identificaba la luz como algo procedente del Sol y de los cuerpos incandescentes.

La cuestión de si la luz está compuesta por partículas o es un tipo de movimiento ondulatorio ha sido una de las más interesantes en la historia de la ciencia. De esta forma, Newton estableció la Teoría Corpuscular de la luz, mientras Huygens definía la Teoría Ondulatoria de la luz.

Al iniciarse el siglo XVIII, Newton propone que la luz está compuesta por partículas luminosas, de distinto tamaño según el color, que son emitidas por los cuerpos luminosos y que producen la visión al llegar a nuestros ojos. Newton se apoyaba en los siguientes hechos: (a) La trayectoria seguida por los corpúsculos es rectilínea y por ello la luz se propaga en línea recta, (b) Cuando se interpone un obstáculo, los corpúsculos no pueden atravesarlo y así se produce la sombra, (c) La reflexión se debe al rebote de los corpúsculos sobre la superficie reflectora. Sin embargo no se podía explicar: (a) Los cuerpos, al emitir corpúsculos, debían perder masa y esto no se había observado, (b) En esa época, ya se conocía el fenómeno de la refracción y no podía explicarse por qué algunos corpúsculos se reflejaban y otros se refractaban. Según Newton, la refracción se debía a un aumento de velocidad de los corpúsculos de luz.

Huygens, en la misma época, propone que la luz es una onda basándose en las observaciones siguientes: (a) La masa de los cuerpos que emiten luz no cambia, (b) La propagación rectilínea y la reflexión se pueden explicar ondulatoriamente, (c) La refracción es un fenómeno típico de las ondas. No obstante quedaban cosas sin explicar: (a) No se encontraba una explicación para la propagación de la luz en el vacío, ya que se pensaba que todas las ondas necesitaban un medio material para propagarse, (b) No se habían observado en la luz los fenómenos de interferencia y de difracción que ya se conocían para las ondas.

La teoría corpuscular de Newton fue aceptada durante todo el siglo XVIII, posiblemente por la gran fama y autoridad de éste. En el siglo XIX se observan en la luz los fenómenos de interferencia y difracción y se revitaliza la idea de la luz como onda. En el siglo XX aceptamos que la luz se comporta como onda y como partícula.

1.1. La luz como onda

En el siglo XIX Fresnel y Young observaron los fenómenos de interferencia y difracción para la luz, que no se podían explicar con la **hipótesis de Newton**, y Foucault midió la velocidad de la luz en diferentes medios y observó que al pasar del aire al agua disminuía su velocidad, tal como había propuesto Huygens.

Estos descubrimientos permitieron que se consolidaran las **ideas de Huygens** sobre la naturaleza ondulatoria de la luz, aunque todavía quedaban algunas cuestiones sin resolver relacionadas con la propia naturaleza de la luz y con su propagación en el vacío.

1.1.1. La propagación de la luz

Uno de los problemas más complejos para explicar la naturaleza ondulatoria de la luz ha sido preguntarse cuál es el medio que vibra.

Podemos oír el sonido en el aire o bajo el agua porque tanto el aire como el agua son los medios materiales que transportan las ondas. En el vacío no se propaga el sonido porque no hay ningún medio que pueda vibrar. Sin embargo la luz sí que puede viajar por el vacío y este hecho no ha resultado fácil de explicar. En un principio los físicos suponían que debía haber "algo" en el vacío que sirviera para transportar las ondas luminosas, pero nadie podía detectarlo.

En un principio se comenzó a teorizar sobre la existencia de un "éter" que ocupaba el vacío y no podía ser eliminado. Se suponía que el éter era el medio por el que viajaba la luz.

Por un lado el éter debía ser un medio muy rígido para poder justificar la alta velocidad de propagación de la luz y por otro lado, si se trataba de un medio tan rígido, no se explicaba por qué los objetos se podían mover a través de él sin apenas resistencia. La idea del éter se mantuvo viva hasta que a principios del siglo XX Einstein justificó que determinados tipos de ondas, como la luz, podían desplazarse en el vacío.

1.1.2. La naturaleza de la luz: Ondas electromagnéticas

En 1860, Maxwell publicó su teoría matemática sobre el electromagnetismo que predecía la existencia de ondas electromagnéticas que se propagaban a la misma velocidad que la luz.

Por ello argumentó que la luz y otras ondas que se conocían, como las de radio, consistían en un mismo fenómeno: eran ondas electromagnéticas que se diferenciaban sólo en su frecuencia.

Hoy consideramos que una onda electromagnética es única, aunque se compone de dos perturbaciones: un campo eléctrico vibrando perpendicularmente a un campo magnético.

La figura 1 muestra el espectro electromagnético, donde se observa la zona de radiación visible.

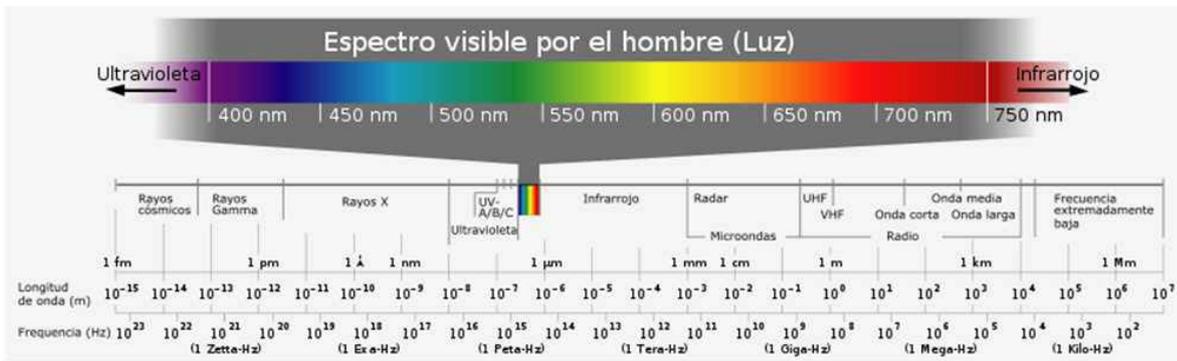


Figura 1. El espectro electromagnético. Fuente: <http://agaudi.wordpress.com>.

1.2. La luz como partícula

Aunque la teoría ondulatoria es generalmente correcta cuando describe la propagación de la luz, falla a la hora de explicar otras propiedades como la interacción de la luz con la materia.

Cuando, en 1887, Hertz confirmó experimentalmente la teoría de Maxwell, también observó un nuevo fenómeno, el efecto fotoeléctrico, que sólo puede explicarse con un modelo de partículas para la luz.

1.2.1. El fotón: partícula de luz

Einstein ha contribuido enormemente a nuestro conocimiento sobre la luz. No sólo demostró que la velocidad de la luz en el vacío (aproximadamente 300.000 km/s) **no puede ser superada**, sino que introdujo la idea del cuanto de luz.

En esencia la idea de Einstein consiste en considerar que la luz está formada por partículas ya que los cuantos son pequeños "paquetes" indivisibles de energía, a los que llamó fotones. Recuerda que Newton planteó la idea de la luz compuesta de partículas, a las que llamó corpúsculos. Los fotones pueden tener diferente energía dependiendo de su frecuencia, así una radiación de frecuencia elevada está compuesta de fotones de alta energía. La relación entre la frecuencia y la energía es

$$E=h\nu \quad (1)$$

donde E es la energía, h la constante de Planck y ν la frecuencia.

Esta idea de Einstein explica por qué algunas radiaciones como la ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma son perjudiciales para los seres vivos. Recuerda que todas estas radiaciones se encuentran en la zona de mayor frecuencia del espectro

electromagnético, y por tanto tienen asociada una energía muy alta que puede producir alteraciones en nuestras células e incluso en nuestro ADN.

1.2.2. El efecto fotoeléctrico

Es un curioso fenómeno que consiste en que los electrones de la superficie de algunos metales se desprenden cuando se hace incidir la luz sobre ellos. Se descubrió que estos electrones tenían una energía que nunca superaba una cantidad máxima.

Si se usaba una luz más intensa se producían más electrones pero no se aumentaba su energía. Este hecho era inexplicable con la teoría de ondas ya que, según ella, si se utilizaba una luz de mayor frecuencia debería aumentar también la energía de los electrones desprendidos.

La idea de la luz compuesta por fotones también la utilizó Einstein para explicar el efecto fotoeléctrico y recibió por ello el Premio Nobel en 1921.

Así, planteó que los electrones sólo absorbían un cuanto de energía, es decir un fotón, de manera que si se aumenta la frecuencia de la luz incidente se consigue que se desprenda mayor número de electrones por unidad de tiempo, pero su energía no aumentará porque todos ellos han absorbido la misma cantidad: un fotón.

1.3. Espectros

Ya sabemos que cuando hacemos pasar la luz a través de un prisma óptico se produce el efecto llamado dispersión que consiste en la separación de las distintas longitudes de onda que forman el rayo incidente.

La luz blanca produce al descomponerla lo que llamamos un espectro continuo (figura 2), que contiene el conjunto de colores que corresponde a la gama de longitudes de onda que la integran.



Figura 2. Espectro continuo obtenido a partir de luz blanca. Fuente: www.visionlearning.com.

Sin embargo, los elementos químicos en estado gaseoso y sometidos a temperaturas elevadas producen espectros discontinuos en los que se aprecia un conjunto de líneas que corresponden a emisiones de sólo algunas longitudes de onda. Por ejemplo en la figura 3 se muestra el espectro de emisión del sodio (Na).

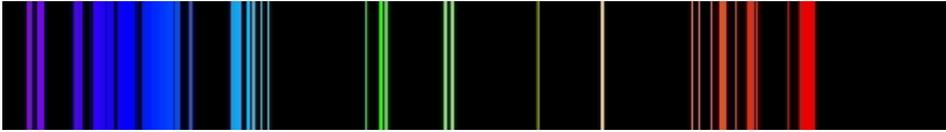


Figura 3. Espectro de emisión del sodio. Fuente: www.visionlearning.com.

El conjunto de líneas espectrales que se obtiene para un elemento concreto es siempre el mismo, incluso si el elemento forma parte de un compuesto complejo, y cada elemento produce su propio espectro diferente al de cualquier otro elemento. Esto significa que cada elemento tiene su propia firma espectral.

Si hacemos pasar la luz blanca por una sustancia antes de atravesar el prisma sólo pasarán aquellas longitudes de onda que no hayan sido absorbidas por dicha sustancia y obtendremos el espectro de absorción de dicha sustancia. En la figura 4 se muestra el espectro de absorción del sodio.



Figura 4. Espectro de absorción del sodio. Fuente: www.visionlearning.com.

La regularidad encontrada en los espectros discontinuos supone un apoyo muy importante para comprender la estructura de los átomos.

Las técnicas espectroscópicas se empezaron a utilizar en el siglo XIX y no tardaron en dar sus primeros frutos. Así, en 1.868 el astrónomo francés P.J.C. Janssen se trasladó a la India con el objeto de observar un eclipse de sol y utilizar el espectroscopio, desarrollado ocho años antes, para hacer un estudio de la cromosfera solar. Como resultado de sus observaciones anunció que había detectado una nueva línea espectroscópica, de tono amarillo, que no pertenecía a ninguno de los elementos conocidos hasta ese momento. En el mismo año, el químico Frankland y el astrónomo Lockyer dedujeron que la citada línea correspondía a un nuevo elemento al que llamaron Helio (del griego helios que significa Sol) por encontrarse en el espectro solar.

Durante más de veinticinco años se pensó que el helio sólo existía en el Sol, hasta que, en 1.895 W. Ramsay lo descubriera en nuestro planeta.

2. PROPIEDADES DE LA LUZ

2.1. Velocidad de la luz

Hasta la época de Galileo (1564-1642) se consideraba que la propagación de la luz era instantánea.

El propio Galileo realizó un experimento para determinar la velocidad de la luz que consistía en realizar señales con linternas desde dos colinas que se encontraban a 1 km de distancia. Su idea consistía en medir el tiempo que tarda la luz en recorrer dos veces la distancia entre los experimentadores situados en las colinas. Uno de ellos destapaba su linterna y cuando el otro veía la luz, destapaba la suya. El tiempo transcurrido desde que el experimentador A destapaba su linterna hasta que veía la luz procedente de B era el tiempo que tardaba la luz en recorrer ida y vuelta la distancia entre los dos experimentadores.

Aunque el método es correcto, la velocidad de la luz es muy alta y el tiempo a medir era incluso más pequeño que las fluctuaciones de la respuesta humana. Galileo no pudo obtener un valor razonable para la velocidad de la luz.

A partir de Galileo, se sucedieron muchos experimentos para determinar la velocidad de la luz. En la figura 5 se representa un esquema simplificado del método de Foucault.

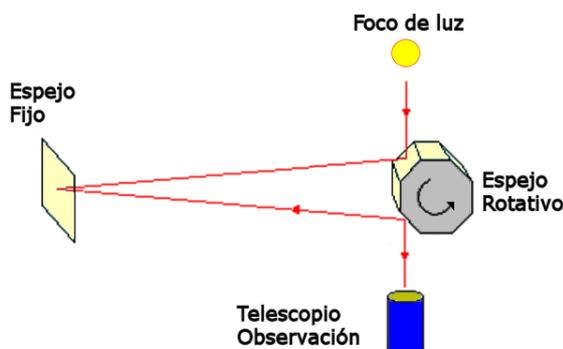


Figura 5. Esquema del método de Foucault para medir la velocidad de la luz.

Cuando el espejo rotativo da un octavo de vuelta durante el tiempo que la luz emplea para ir al espejo fijo y volver, la siguiente cara del espejo está en la posición adecuada para reflejar la luz hacia el telescopio de observación.

En tabla 1 se muestran algunos de los resultados obtenidos para la velocidad de la luz.

Tabla 1. Valores obtenidos para diferentes mediciones de la velocidad de la luz.

Fecha	Investigador	País	Velocidad (km/s)	Fecha	Investigador	País	Velocidad (km/s)
1676	Römer	 Francia	200.000	1923	Mercier	 Francia	299.782
1729	Bradley	 Inglaterra	304.000	1926	Michelson	 EE.UU.	299.796
1849	Fizeau	 Francia	313.300	1940	Huettel	 Alemania	299.768
1862	Foucault	 Francia	293.000	1950	Bergstrand	 Suecia	299.792
1876	Cornu	 Francia	299.990	1950	Essen	 Inglaterra	299.792
1880	Michelson	 EE.UU.	299.910	1951	Aslakson	 EE.UU.	299.794
1883	Newcomb	 Inglaterra	299.860	1952	Froome	 Inglaterra	299.792
1906	Rosa y Dorsey	 EE.UU.	299.781	1956	Edge	 Suecia	299.792

Actualmente aceptamos el valor de 299.792,458 km/s para la velocidad de la luz en el vacío. ¡Si pudiésemos viajar a ésta velocidad le daríamos algo más de siete vueltas a la Tierra en un segundo!

La luz no sólo se propaga en el vacío, sino que lo hace también en algunos medios materiales, desplazándose en cada medio con una velocidad diferente según las características de éste.

2.1.1. La velocidad de la luz: límite de las velocidades

Casi todo el mundo sabe que ningún cuerpo puede alcanzar la velocidad de la luz. Esto es difícil de explicar con las leyes de la física clásica ya que comunicando la energía adecuada a un cuerpo podemos hacer que aumente su velocidad y no parece haber ninguna razón que nos impida acercarnos a la velocidad de la luz o incluso superarla.

Sin embargo, Einstein, en la teoría de la relatividad, plantea que la masa de los cuerpos puede considerarse una forma de energía. Si a una partícula que se desplaza a velocidades próximas a la de la luz le comunicamos energía, ésta se traduce en un aumento de masa de la partícula y no en un aumento de velocidad, por eso decimos que no es posible que un cuerpo alcance la velocidad de la luz.

Según los cálculos de Einstein, si pudiéramos ver un cuerpo que se moviera a unos 260.000 km/s observaríamos que su masa se ha duplicado con respecto a la que tenía en reposo.

Cuando la velocidad del cuerpo es baja (comparada con la de la luz), el aumento de masa que sufre si se le comunica energía es tan pequeño que no lo podemos medir. En este caso, tal como hacemos en la física clásica, podemos considerar que la masa de los cuerpos es constante.

2.2. Propagación rectilínea de la luz

Todos hemos observado que las sombras producidas por focos pequeños resultan nítidas y reproducen el contorno de los objetos.

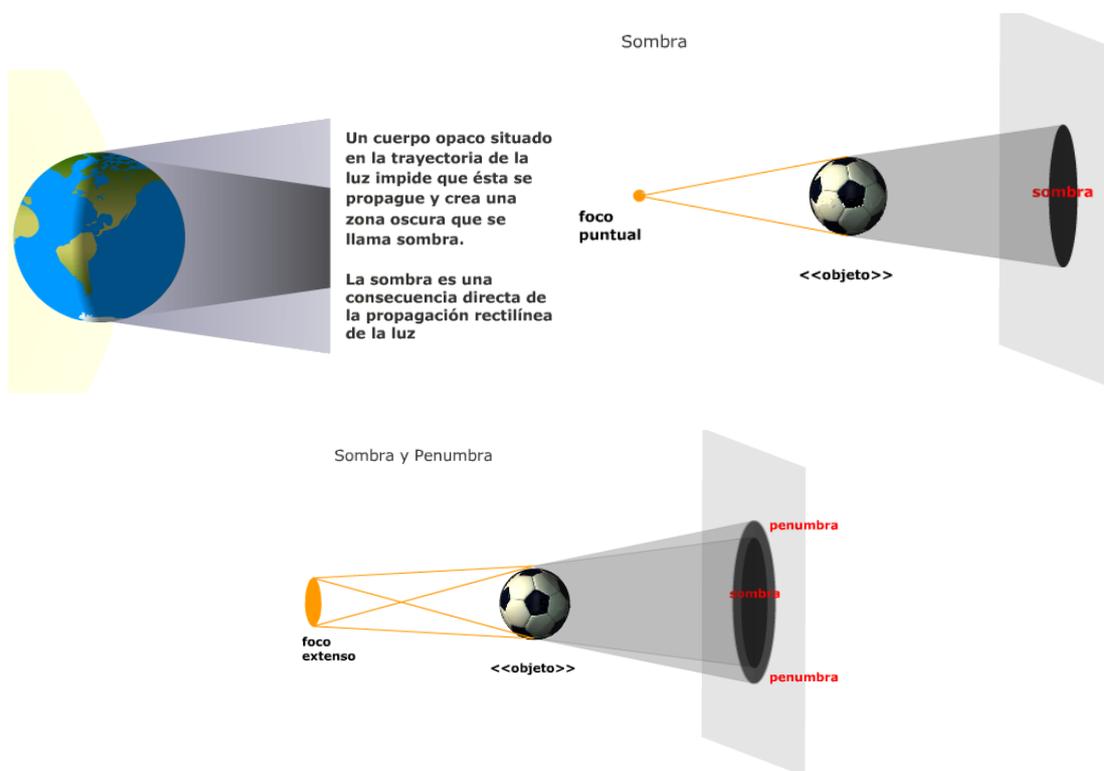


Figura 6. Propagación de la luz en línea recta. Fuente: www.educaplus.org.

Cuando se trata de un foco extenso la sombra va acompañada de una zona de penumbra, que se explica por la propagación rectilínea de la luz. Puesto que, ningún foco puede ser perfectamente puntual, cualquier sombra irá acompañada de una zona de penumbra. Cuanto más extenso sea el foco luminoso en relación con el objeto, mayor será la zona de penumbra y menor la de sombra.

Esto que decimos ocurre si la luz se propaga en un medio homogéneo ya que si cambia de medio, por ejemplo del aire al vidrio, se produce un cambio de dirección que se conoce como **refracción**.

La propagación rectilínea de la luz se explica muy bien con el modelo corpuscular: las partículas de luz emitidas por el foco se mueven en un medio homogéneo con movimiento rectilíneo y uniforme ya que no hay fuerzas resultantes actuando sobre ellas.

La teoría ondulatoria también explica la propagación rectilínea de la luz ya que a medida que nos alejamos del foco luminoso, el frente de ondas se hace más plano.

2.3. Reflexión

Seguramente habrás observado en alguna ocasión escenas como la de la figura 7, en la que observamos como la imagen se refleja en el agua.



Figura 7. Podemos ver la imagen reflejada con nitidez en el agua.

Cuando la luz incide sobre un cuerpo, éste la devuelve al medio en mayor o menor proporción según sus propias características. Este fenómeno se llama reflexión y gracias a él podemos ver las cosas.

Según la ley de la reflexión, tal y como se muestra en la figura 8, el rayo incidente y el rayo reflejado se encuentran en el mismo plano. La perpendicular (N) al espejo en el punto de incidencia se llama normal. El ángulo de incidencia (i) es el ángulo que forma el rayo incidente con la normal. El ángulo de reflexión (r) es el que forma el rayo reflejado con la normal.

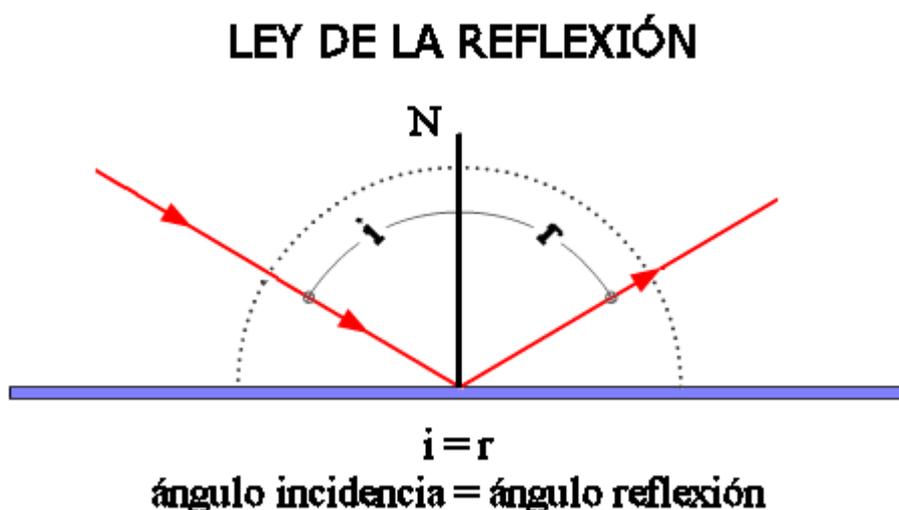


Figura 8. Reflexión de la luz.

No todos los cuerpos se comportan de la misma manera frente a la luz que les llega. Por ejemplo, en algunos cuerpos como los espejos o los metales pulidos podemos ver nuestra imagen pero no podemos "mirarnos" en una hoja de papel. Esto se debe a que existen distintos tipos de reflexión.

Cuando la luz obedece a la ley de la reflexión, se conoce como **reflexión especular**. Este es el caso de los espejos y de la mayoría de las superficies duras y pulidas. Al tratarse de una superficie lisa, los rayos reflejados son paralelos, es decir tienen la misma dirección.

La **reflexión difusa** es típica de sustancias granulosas como polvos. En el caso de la reflexión difusa los rayos son reflejados en distintas direcciones debido a la rugosidad de la superficie.

Muchas reflexiones son una combinación de los dos tipos anteriores. Una manifestación de esto es una **reflexión extendida** que tiene una componente

direccionales dominante que es difundido parcialmente por irregularidades de la superficie.

La **reflexión mixta** es una combinación de reflexión especular, extendida y difusa. Este tipo de reflexión mixta es la que se da en la mayoría de los materiales reales.

La **reflexión esparcida** es aquella que no puede asociarse con la Ley de Lambert ni con la Ley de la Reflexión Especular.

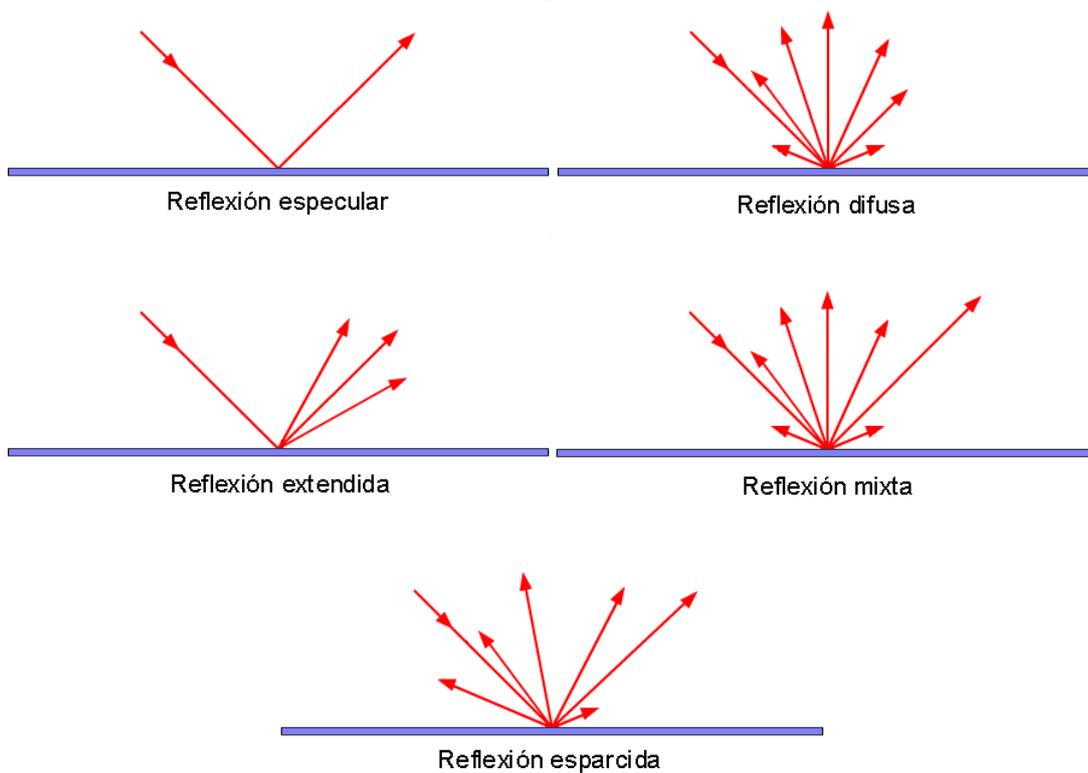


Figura 9. Tipos de reflexión de la luz.

2.4. Refracción

Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro se produce un cambio en su dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios materiales. A este fenómeno se le llama **refracción**.

Si dividimos la velocidad de la luz en el vacío entre la que tiene en un medio transparente obtenemos un valor que llamamos índice de refracción de ese medio. Matemáticamente se define como

$$n = \frac{c}{v}, \quad (2)$$

donde n es el índice de refracción, c la velocidad de la luz en el vacío y v la velocidad de la luz en el medio material.

Tabla 2. Velocidad de la luz en distintos medios.

Medio	v (Km/s)	Medio	v (Km/s)
Vacío	300 000	Cuarzo	205 479
Aire	299 910	Vidrio crown	197 368
Agua	225 564	Vidrio Flint	186 335
Etanol	220 588	Diamante	123 967

Si el índice de refracción del agua es $n = 1.33$, quiere decir que la luz es 1.33 veces más rápida en el vacío que en el agua.

Por lo general cuando la luz llega a la superficie de separación entre los dos medios se producen simultáneamente la **reflexión** y la **refracción**.

Si la luz pasa de un medio más rápido a otro más lento (por ejemplo del aire al vidrio flint), el ángulo de refracción es menor que el de incidencia. Si por el contrario, pasa de un medio de mayor índice de refracción a otro con menor índice de refracción (por ejemplo del diamante al agua), el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia. En éste último caso, si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite no se produce refracción, sino lo que se denomina **reflexión total**.

El fenómeno de la reflexión total permite que podamos canalizar la luz a través de pequeños tubos de diferentes sustancias que se denominan fibras ópticas. Las fibras ópticas se utilizan en muchos campos de la ciencia y de la tecnología. Por ejemplo: en medicina permiten ver órganos internos sin intervenciones quirúrgicas complejas. Otro caso es en las telecomunicaciones, donde están alcanzando unos altos niveles de utilización ya que por una fibra del grosor de un cabello pueden transmitirse información de audio y video equivalente a 25.000 voces hablando simultáneamente.

El fenómeno de la refracción se rige por la llamada ley de la refracción o ley de Snell, que se expresa como

$$n_1 \cdot \text{sen}(i) = n_2 \cdot \text{sen}(r), \quad (3)$$

donde n_1 es el índice de refracción del medio del que procede, i es el ángulo de incidencia, n_2 el índice de refracción del medio en el que se refracta y r el ángulo de refracción.

2.5. Dispersión

Ya sabes que a la luz que procede del sol la llamamos luz blanca. En realidad la luz blanca es una mezcla de luces de diferentes colores. Cuando observamos el arco iris podemos ver los colores que componen la luz blanca. Este fenómeno, conocido como dispersión, se produce cuando un rayo de luz compuesta se refracta en algún medio quedando separados sus colores constituyentes. En el caso del arco iris, la luz se dispersa al atravesar las gotas de agua.

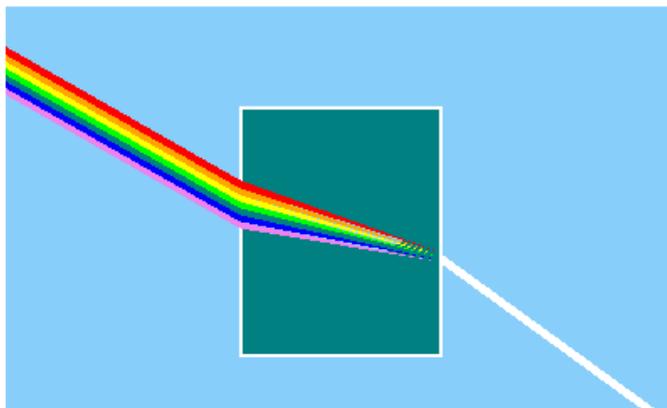


Figura 10. Dispersión de la luz blanca.

La causa de que se produzca la dispersión es que el índice de refracción disminuye cuando aumenta la longitud de onda de modo que las longitudes de onda más largas (rojo) se desvían menos que las cortas (azul).

3. EL COLOR

El color es muy importante para el hombre. Nos solemos sentir cómodos cuando estamos rodeados de colores que nos resultan agradables y nos irritamos con los que nos resultan desagradables. Usamos códigos de colores como en los semáforos y nos identificamos con los colores de nuestras banderas.

En la retina hay unas células llamadas conos que reaccionan de diferente forma según la longitud de onda de la radiación que les llegue. Esto se debe a que los conos

poseen distintas sustancias sensibles a una longitud de onda determinada aunque, en menor medida, también reaccionan ante longitudes de onda próximas por encima y por debajo.

La percepción del color implica que nos lleguen ondas luminosas a los ojos, donde se convierten en impulsos nerviosos que se envían al cerebro para que sean interpretados y nos produzcan la sensación del color.

Existen personas que tienen dificultades para diferenciar algunos colores debido a defectos en la retina o a alguna disfunción de los procesos nerviosos del ojo. Este defecto se conoce como daltonismo en referencia al químico inglés John Dalton, que lo padecía y fue el primero en describirlo. Otra enfermedad relacionada con la percepción del color es la acromatopsia, y las personas que la padecen ven en blanco y negro.

El color, por tanto, no sólo interesa a físicos y a químicos, sino que es estudiado también por fisiólogos, psicólogos, artistas, etc.

Se definen los siguientes atributos del color:

Tonalidad: cualidad que nos permite distinguir entre rojo, verde, etc.

Saturación: mayor o menor mezcla del color con el blanco.

Claridad: se refiere a la intensidad del color.

En términos físicos llamamos "luz" (y, por lo tanto, color) sólo a una pequeña parte de la gran cantidad de radiaciones electromagnéticas existentes. Ya sabemos que la luz visible está formada por radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda que van aproximadamente de 350 a 750 nanómetros (milmillonésimas de metro). Lo que conocemos como luz blanca es la suma de todas estas ondas cuando sus intensidades son semejantes.

Los seres humanos (y algunos animales) apreciamos una amplia gama de colores que, por lo general, se deben a la mezcla de luces de diferentes longitudes de onda. Se conoce como color puro al color de la luz con una única longitud de onda o una banda estrecha de ellas.

A principios del siglo XIX, Thomas Young y Hermann von Helmholtz, elaboraron una hipótesis sobre la visión del color que, con algunas modificaciones, hoy es generalmente aceptada. Algunas experiencias les llevaron a la conclusión de que cualquier color podía obtenerse mezclando en distintas proporciones tres colores puros del espectro solar con la condición de que dos de ellos estén situados en los extremos y el tercero en la parte intermedia de dicho espectro.

3.1. Colores primarios

Eligiendo adecuadamente tres colores y mezclándolos en diferentes proporciones, podemos obtener casi toda la gama de colores existentes. Estos tres colores reciben el nombre de colores primarios. En la televisión se utilizan los colores rojo, verde y azul como colores primarios para producir la gama de colores que podemos ver en las pantallas. Estos tres colores se llaman colores primarios aditivos.

Cuando mezclamos dos colores puros diferentes, se obtiene otro color, por ejemplo rojo mezclado con verde produce color amarillo. Podemos mezclar ahora el color amarillo que hemos obtenido con el azul y habremos conseguido el color blanco. Cada pareja de colores con los que puede conseguirse este efecto se llama pareja de colores complementarios. Por ejemplo, el amarillo y el azul son complementarios pues su mezcla da blanco. También son complementarios la pareja cian-rojo y la pareja magenta-verde.

Los tres colores primarios, rojo, verde y azul, corresponden a radiaciones de longitud de onda diferente, pero el ojo no es un aparato de medida de la composición de la luz. Ya hemos visto que cuando percibimos una luz como amarilla es porque en su constitución predominan el rojo y el verde. Observa que se produce la sensación de color amarillo y sin embargo a nuestros ojos no ha llegado ninguna longitud de onda que corresponda a ese color, sino que interpretamos la mezcla de los colores como si se tratara de un solo color.

Seguro que habrás observado que mezclando colores con rotuladores o lápices, la mezcla de azul y amarillo siempre da verde y que mezclando azul, amarillo y rojo obtenemos color prácticamente negro. Esto no coincide con lo que acabamos de decir, pero tiene una explicación fácil.

Casi todos los objetos deben su color a los pigmentos o pinturas, que absorben determinadas longitudes de onda de la luz blanca y reflejan el resto, de manera que lo que nos llega a nosotros es el conjunto de longitudes de onda que han sido reflejadas y son éstas las que producen la sensación de color, que se denomina color pigmento. Los colores pigmento que absorben la luz de los colores primarios aditivos se llaman colores primarios sustractivos.

3.2. Mezcla aditiva

Al hablar de mezclas de colores hay que diferenciar entre mezcla aditiva y sustractiva. Si se mezclan luces se trata de una mezcla aditiva y el resultado de la combinación total es la luz blanca. Si se mezclan pigmentos, se trata de una mezcla sustractiva ya que cada pigmento que se añade se absorben más partes del espectro, es decir más colores primarios, y el resultado final será la ausencia de luz; es decir, el color negro.

Puedes reproducir cualquier sensación de color mezclando diferentes cantidades de luces roja, verde y azul. Por eso se conocen estos colores como colores primarios aditivos.

3.3. Mezcla sustractiva

En el caso de los pigmentos usados en las pinturas, rotuladores, etc. se utilizan como colores básicos para realizar las mezclas el amarillo, el magenta y el cian.

El pigmento cian tiene ese color porque absorbe toda la radiación roja y refleja la verde y la azul. El pigmento amarillo absorbe todo el azul y refleja el rojo y el verde. Si mezclamos cian y amarillo el color resultante refleja el doble de verde que de rojo o azul y por lo tanto se ve verde. Si a esta mezcla le añadimos el magenta, que absorbe todo el verde, el resultado será el negro.

Todos los procedimientos para imprimir colores sobre una superficie como papel, fotos, etc. se basan en la mezcla sustractiva.

La formación de colores en la televisión está basada en la mezcla aditiva ya que no emite luz reflejada sino producida directamente en la pantalla.