

fenómeno conocido con el nombre de *dicroismo* ó *policroismo*. El ilustrado inglés M. Gladstone ha estudiado de una manera muy ingeniosa la influencia del espesor en el color de los medios, así como los espectros de absorcion que explican, por la sola inspeccion de su forma, los cambios de color que de ella resultan. Hé aquí, segun G. Salet, cómo ha procedido M. Gladstone con las sales de colores, como el cloruro de cromo, el permanganato de potasa y el cloruro de cobalto.

«Llena un prisma hueco de cristal de la solucion que se propone examinar, y luégo mira á través de un prisma de vidrio una ranura muy estrecha y luminosa situada detrás del prisma hueco y perpendicularmente á sus aristas principales. Gracias á esta disposicion, los rayos transmitidos por los diferentes puntos de la ranura han de atravesar espesores crecientes de líquido, desde uno insignificante hasta el que basta para interceptar casi toda luz.»

El estudio de los espectros de absorcion es tambien interesante para los químicos, por cuanto dichos espectros caracterizan casi siempre la sustancia estudiada. Tomemos como ejemplo la materia colorante de la sangre. «Cuando se mezcla, dice M. Buignet en sus *Manipulaciones de física*, una ó dos gotas de este líquido con cuatro ó cinco gramos de agua, y despues de introducir la mezcla en una pequeña cubeta de vidrio de caras paralelas, se coloca esta cubeta delante de los colimadores del espectroscopio, se notan en el espectro producido dos anchas fajas oscuras, cuya posicion es constante é invariable. Ambas están situadas entre las rayas D y E; pero una en el amarillo y otra en el verde.... Esta propiedad de dar dos fajas ó bandas de absorcion situadas como acabamos de decir, pertenece á la *hemoglobina* ó glóbulo sanguíneo combinado con oxígeno. Segun Hope Seyler, un líquido que no contenga más que 0,0001 de hemoglobina, examinado á un espesor de 0^m01, sigue presentando distintamente las dos bandas.»

«Basándose únicamente en el procedimiento espectroscópico, pudiera temerse, añade M. Buignet, el confundir la hemoglobina de la sangre con ciertas sustancias colorantes rojas ó violadas; pero la experiencia demuestra que no es así. El *jugo de cerezas*, los infusos de *mirtilo*,

palo Brasil, *rubia*, *vino tinto*, y los colores de *anilina*, los *hiposulfitos*, *meconatos* y *sulfocianuros férricos*, producen muchos cambios en el aspecto del espectro; pero nunca bandas de absorcion que puedan confundirse con las de la sangre. Verdad es que la *cochinilla* en solucion amoniacal da dos bandas que examinadas superficialmente podria confundírselas con las de la sangre; pero la posicion de estas bandas no es la misma, y el sulfuro de amonio no hace aparecer la banda de Stokes. Por consiguiente, se puede presumir con fundamento que se trata de una mancha de sangre, siempre que el líquido observado con el espectroscopio forme dos bandas de absorcion comprendidas entre las rayas D y E, y que estas bandas desaparezcan bajo la accion del sulfuro de amonio para ceder el puesto á una sola situada en el espacio claro que aquellas dejaban entre sí. No puede desconocerse la importancia que estos casos presentan para la comprobacion de las manchas de sangre en química legal.»

Volvamos á los fenómenos de coloracion debidos á la absorcion desigual de los rayos coloreados de la luz blanca cuando ésta atraviesa ciertos medios.

Tomemos un cristal encarnado, cuyo color se debe al protóxido de cobre. Si se examina el espectro de la luz que atraviesa una lámina de este cristal, vese que se reduce á la parte roja; las fajas oscuras que ocupan otras partes del espectro indican los colores que han sido más absorbidos. En un cristal purpúreo, predominan las partes roja y morada; el verde y los colores inmediatos son los más absorbidos. El color de las sales de nickel y de los cristales verdes se debe á la absorcion de los colores extremos del espectro, en el rojo y el morado; con un espesor creciente, el verde predomina cada vez más y acaba por quedarse solo.

Como ejemplos de dicroismo procedentes de la variacion de las partes del espectro absorbidas conforme va variando el espesor, citaremos el vino añejo, el aguardiente, la infusion de azafran, el cristal amarillo, etc., que son amarillos cuando el espesor es poco y cuyo matiz pasa al rojo y al pardo-rojo, á medida que la luz atraviesa espesores crecientes de estos medios. Las sales de cromo y de manganeso dan paso á dos clases de rayos y sus espectros tienen

dos máxima, una en el rojo y otra en el verde; cuando el espesor aumenta, el rojo predomina y el color se torna lívido y rojizo. El azul cobalto ó el cristal azul que, á poco espesor, presenta el color á que debe su nombre, se vuelve cada vez más rojo á medida que este espesor aumenta.

El doctor Brewster ha hecho interesantes experimentos relativos á la influencia del calor en la fuerza de absorcion de los medios coloreados, y ha reconocido que esta influencia obra de distinto modo segun las sustancias, disminuyendo la absorcion en las unas y aumentándola en las otras. «Habiendo calentado al rojo, dice, un cristal purpúreo que absorbía la mayor parte del verde, del amarilló y del rojo interior ó el más refrangible, le expuse á un calor muy fuerte; cuando su calor rojo hubo pasado, ob-

servé que la transparencia del cristal habia aumentado y que trasmitia libremente el rojo interior, el verde y el amarillo, absorbidos ántes en gran parte por él. Sin embargo, este efecto desapareció gradualmente, y cuando el cristal se enfrió del todo, recobró su primera fuerza de absorcion. En cambio, si se calentaba del mismo modo un pedazo de cristal verde-amarillento, perdía casi enteramente su transparencia. Al recobrar su color primitivo, pasaba por varios matices verde-aceitunados; pero, despues de enfriado, era ménos verde que ántes del experimento. Sometiendo el rubí balaja á altas temperaturas, observé que su color rojo se trasformaba en verde, el cual se convertía á su vez en pardo á medida que el rubí se enfriaba, hasta que hubo adquirido de nuevo su color primitivo.»

CAPITULO XII

¿QUE ES LA LUZ?

I

ANTIGUAS HIPÓTESIS SOBRE LA NATURALEZA DE LA LUZ

Hasta aquí nos hemos limitado á describir los fenómenos luminosos y algunas de sus leyes, sin hacer intervenir en la explicacion de los hechos ninguna hipótesis sobre la naturaleza de la luz. Sin embargo, desde el principio hemos apuntado que la luz consiste, como el sonido, en vibraciones rapidísimas de las moléculas de los focos, vibraciones que se comunican á un medio especial y se propagan en él con extraordinaria velocidad en forma de ondulaciones. Ha llegado el momento de explicar más completamente la teoría, sin la cual los fenómenos que aún tenemos que describir parecerian las más de las veces inexplicables.

Empecemos por resumir sucintamente las antiguas hipótesis sobre la luz, hipótesis hoy generalmente desechadas.

Acerca de este asunto tenían los antiguos, lo mismo que sobre los demás fenómenos físicos, las ideas más erróneas ó las nociones más

vagas. ¿Qué diremos del modo cómo la escuela pitagórica explicaba la luz, ó mejor dicho, la vision? Segun los filósofos de esta escuela, «el ojo proyecta fuera de sí una infinidad de rayos que, cual otros tantos brazos invisibles, van á pulsar y examinar los objetos percibidos, resultando de aquí la imagen visual de esos objetos. Demócrito y los epicúreos formularon una teoría enteramente opuesta, que acabó por predominar. Segun ella, las imágenes que se forman en el ojo son una emanacion de los objetos. Platon trató de conciliar ambas teorías, explicando la vision por el encuentro de los rayos que partian del ojo con los que emanaban del objeto. ¿En qué consistía esta doble emanacion, y cómo podía resultar la sensacion de la luz del encuentro de rayos que chocaban fuera del ojo? Difícil es darse cuenta de la idea que habia sugerido ambas hipótesis.

No es ménos singular la opinion de Aristóteles: este gran filósofo «explicaba la naturaleza de la luz suponiendo que hay cuerpos transparentes por sí mismos, como el aire, el agua, el hielo etc., es decir cuerpos que tienen la

propiedad de hacer visibles á los que están detrás de ellos; pero como de noche no vemos nada á través de estos cuerpos, añade que no son transparentes sino potencialmente, y que de día lo vuelven á ser real y actualmente, y por cuanto sólo la presencia de la luz puede reducir esta potencia á hechos, define la luz diciendo que es *el acto del cuerpo transparente considerado como tal*. Añade que la luz no es fuego ni ninguna otra cosa corpórea que irradie del cuerpo luminoso, y que se trasmite á través del fuego, ó de algun otro cuerpo luminoso, al cuerpo transparente.» (*Enciclopedia*.)

Hay que llegar á los tiempos modernos, en que se ha inaugurado el método de observación experimental, para encontrar en lo que se refiere á la cuestión planteada al principio de este capítulo otra cosa que miras puramente especulativas, es decir, para encontrar hipótesis verdaderamente científicas. No enumeraremos todas las que se han propuesto, pues á decir verdad se reducen más ó menos á dos teorías principales, las de la *emisión* y la de las *ondulaciones*. Empecemos por la exposición de la primera, llamada también *teoría de la emisión*.

II

TEORIA DE LA EMISION

Segun Newton, que fué el primero que redujo á sistema la teoría de la emisión, la luz se forma de moléculas materiales de extraordinaria tenuidad, emitidas á cada momento por los focos luminosos y proyectadas por estos al espacio con velocidad uniforme, siendo el choque de estas moléculas en la retina el que, impresionando los nervios ópticos, produce la sensación de la luz. Cuando el movimiento de estas partículas las lleva cerca de las moléculas de los cuerpos, quedan sometidas á la acción de fuerzas, ora atractivas, ora repulsivas, produciendo las primeras la refracción y la reflexión interior, las segundas la reflexión exterior. Hay tantas especies de partículas como de colores, y cada especie está dotada de una refrangibilidad especial.

El conjunto de las partículas sucesivas que siguen la misma línea recta forma lo que se llama un rayo luminoso; pero estas partículas

pueden estar separadas por grandes intervalos. En efecto, la impresión en la retina dura cosa de $\frac{1}{10}$ de segundo; bastaría, pues, que diez partículas luminosas penetrasen en un segundo en nuestro ojo, para que la impresión causada por una de ellas no se borrara antes de la llegada de la segunda, ó lo que es lo mismo para que hubiese sensación continua; y suponiéndolas espaciadas por igual se seguirían á 29,800 kilómetros ó á 7,450 leguas de distancia unas de otras. Suponiendo que se suceden en número de 100 por segundo, habría de todos modos 2,980 kilómetros de intervalo de una á otra.

Dada tal hipótesis, se comprende que los rayos luminosos emanados de varios focos puedan cruzarse en todas direcciones sin estorbarse mutuamente. Pero es preciso suponer á la masa de cada uno de dichos focos un valor tan pequeño que apenas puede concebirlo la imaginación. J. Herschel hace con este motivo la comparación siguiente: «Si una molécula de luz pesara un solo grano (0 gr., 065), su efecto sería igual al de una bala de cañón de más de 150 libras (56 kilog.) animada de una velocidad de 305 metros por segundo. ¡Cuál no debe ser pues esa tenuidad, si los millones de millones de moléculas que penetran en las lentes ó espejos jamás han podido comunicar el menor movimiento á los aparatos más delicados contruidos ex profeso para estos experimentos!» (*Tratado de la Luz*, tomo I.)

Acabamos de decir que Newton suponía, para explicar los fenómenos de la refracción y reflexión de la luz, que cada molécula es rechazada ó atraída por las moléculas de los cuerpos. La intensidad de estas fuerzas, que se ejercen en esferas infinitamente pequeñas, es prodigiosa: se ha calculado que exceden á la intensidad de la gravedad en la superficie de la Tierra hasta el punto de que para expresar su valor en números sería preciso multiplicar esta última intensidad por la cifra 2 seguida de 44 ceros.

Habiendo considerado Newton la luz como si estuviera formada de partículas sumamente ténues, lanzadas al espacio con enorme velocidad, podría creerse que explicaba los fenómenos de la reflexión asimilándolos á lo que se observa cuando un cuerpo elástico choca con la superficie de un plano duro y bruñido; porque

en este caso el cuerpo es despedido, como el rayo luminoso, formando con el plano un ángulo de reflexión igual al de incidencia. Para los partidarios del sistema de la emisión no sucede esto así; las moléculas luminosas no llegan á ponerse en contacto con los cuerpos que las reflejan (1). Segun ellos, á partir de la superficie de incidencia se ejerce una fuerza repulsiva, que tiende á despedir léjos de esta superficie cierto número de las partículas de que se compone cada rayo luminoso incidente. Llegadas á corta distancia de la superficie, dichas partículas experimentan la acción de esta fuerza, y su curso, al principio rectilíneo, tuerce, describe una curva cuya convexidad mira hácia la superficie reflectora para emprender, á partir del punto en que más se acerca á esta, una marcha precisamente simétrica de la primera mitad de la trayectoria (2). Representando Sa en tamaño y dirección la velocidad de la molécula luminosa en el momento en que comienza la esfera de actividad de la fuerza repulsiva, se puede descomponer esta velocidad en otros dos: una Sm , paralela á la superficie, no sufre alteración; otra Sp , perpendicular al plano de reflexión, está directamente opuesta á la fuerza repulsiva, y por consiguiente será destruida progresivamente por ella. La molécula S va pues á describir una curva acercándose á la superficie hasta el punto M , en que la resultante de la componente normal y de la fuerza repul-

siva será nula. A partir de este punto, la componente paralela y la fuerza repulsiva reunidas van á devolver poco á poco á la molécula luminosa su velocidad inicial; esta molécula describirá al alejarse del plano reflector una curva simétrica de SM , MS' , de suerte que la nueva dirección formará con la normal un ángulo de reflexión precisamente igual al de incidencia.

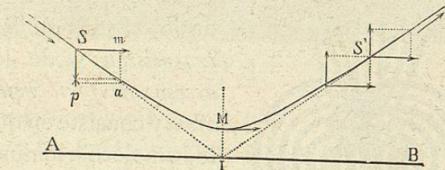


Fig. 134.—Teoría de la reflexión en el sistema de la emisión

En el sistema de la emisión, la refracción tiene por causa, no una fuerza repulsiva, sino una atractiva, sin la cual no se hubiera comprendido en efecto cómo el rayo luminoso, no tan sólo penetraba en el nuevo medio, sino que seguía en él una dirección distinta de la dirección incidente, y más inmediata á la normal. En esta hipótesis, la componente normal de la molécula luminosa aumenta progresivamente con la fuerza atractiva que va creciendo con rapidez, á medida que se acerca á la superficie refringente: describe una curva hasta que, en el interior del medio, llega á una distancia en que la fuerza atractiva obra lo mismo á un lado que á otro. Entónces la molécula continúa su camino en línea recta en su nueva dirección. Fácilmente se comprende que el efecto de la fuerza atractiva produce un aumento en la velocidad de la molécula, puesto que, no habiendo cambiado la componente paralela, la componente normal ha aumentado con toda la intensidad de la atracción. Así pues, en el sistema de la emisión la velocidad de la luz debe ser mayor en un medio refringente cualquiera que en el vacío, y tanto más cuanto más lo sea á su vez el índice de refracción.

Ahora, ¿cómo conciliar la explicación de los fenómenos de la reflexión con la de los de la refracción? Como lo ha dicho Biot, uno de los más distinguidos y persistentes defensores de la teoría newtoniana, estas dos explicaciones parecen contradictorias. La segunda requiere «que la afinidad de las moléculas para con la

(1) En efecto, Newton había debido suponer que estas moléculas son de excesiva tenuidad, á fin de hacer comprender cómo pueden atravesar libremente las masas de los cuerpos transparentes y llegar á cada momento á herir las delicadas membranas de nuestros ojos sin lastimarlas. Comparadas con las dimensiones de las partículas de la luz, las desigualdades de la superficie de los cuerpos más tersos, los gránulos de polvo que sirven para bruñirlos haciendo desaparecer las asperezas más marcadas, son masas considerables. Por lo tanto, si la luz se reflejara á la manera de los cuerpos elásticos, tocando realmente la superficie del espejo, las moléculas luminosas se desviarían en todas direcciones á causa de las asperezas de esta superficie, y como decía Biot, «la reflexión en los cuerpos mejor pulimentados por nuestro arte apenas sería ménos tosca que en los cuerpos más ásperos. Pero siendo en ellos, por el contrario, incomparablemente más abundante, regular y perfecta, esto prueba que las cosas no suceden como en la reflexión mecánica de los cuerpos elásticos, y que las partículas luminosas que se reflejan no llegan hasta ponerse en contacto con los cuerpos.»

(2) La componente normal Sp de la molécula S disminuye progresivamente por la influencia creciente de la fuerza repulsiva, al paso que la componente paralela Sm continúa invariable. En M la primera queda anulada; mas á partir de este punto la fuerza repulsiva restituye en sentido contrario á la molécula su velocidad normal. La ley de la igualdad de los ángulos de incidencia y reflexión se explica por esta simetría de acción de la fuerza repulsiva.