

Para hacer patente este aumento, practicó experimentos análogos en cuerpos no combustibles, ó en otros que lo eran, pero situados en un espacio privado de hidrógeno. «No he dejado de elevar, dice, al calor blanco láminas de platino platinado, ya al aire libre, ya en el vacío.

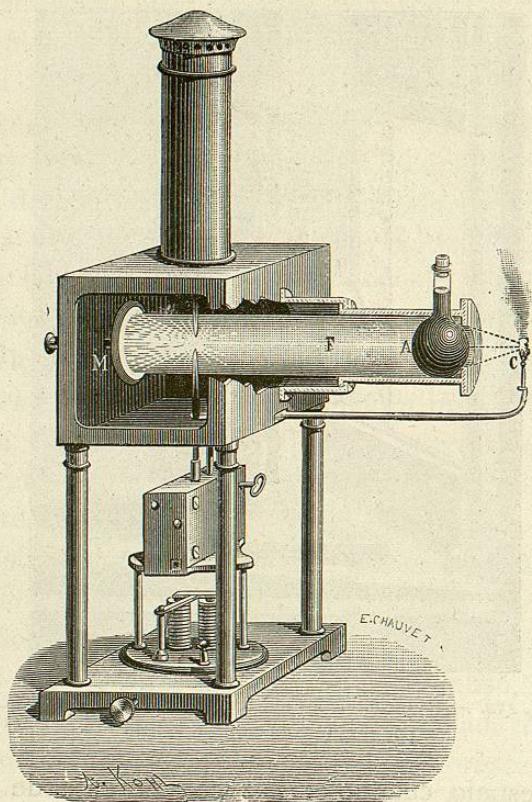


Fig. 133.—Experimento de Tyndall. Fenómeno de calorescencia

El platino caldeado al blanco, visto al través de un prisma de sulfuro de carbono, da un espectro rico y completo. Todos los colores, desde el rojo hasta el morado, brillan con extraordinario fulgor. Las ondas de donde provienen primitivamente estos colores no tenían rayos visibles, ni rayos ultra-morados mezclados con ellos; eran exclusivamente ultra-rojos. La acción de los átomos de platino los hace pasar del estado de rayos de calor al de rayos de luz. Los rayos caen sobre el platino vibrando de cierto modo, y se separan de él vibrando más rápidamente; con lo cual ha aumentado su refrangibilidad, y de invisibles que eran se han hecho visibles. Para expresar esta transformación de los rayos caloríficos en otros de mayor grado de refrangibilidad, propongo la palabra *calorescencia*, que armoniza perfectamente con la de *fluorescencia* introducida por el profesor Stokes, é indica la naturaleza de los efectos á que se aplica.»

## VIII

## DESCOMPOSICION DE LA LUZ POR ABSORCION

Hemos visto que los cuerpos sólidos, líquidos ó gaseosos, considerados como medios con respecto á la luz, se dividen en *opacos* y *transparentes* ó *diáfanos*. Los primeros no se dejan atravesar por la luz que, al llegar á su superficie, se refleja ó difunde, es decir, vuelve al medio de donde ha partido; los segundos, por el contrario, transmiten la luz que penetra en mayor ó menor cantidad en el interior del nuevo medio.

¿Hay cuerpos dotados de opacidad absoluta? ¿Los hay de transparencia absoluta? No. Si los metales, por ejemplo, interceptan completamente la luz, consiste en que siempre se les emplea de cierto espesor. Un experimento ya antiguo (hecho por Newton) prueba que el metal más denso despues del platino, el oro, da paso á cierta cantidad de luz, para lo cual basta reducirlo á hojas sumamente delgadas. Pegando á una placa de cristal una hoja de oro de las que fabrican los batidores, y mirando á través de ella la luz de una bujía ó la del cielo, se percibe un resplandor azul-verdoso muy marcado. Esta coloración de la luz transmitida demuestra que no procede de una hendidura ó raja que hubiera en la hoja de metal, sino que ha atravesado realmente la sustancia misma del oro. La plata, reducida también á hojas sumamente delgadas, da paso á una luz verde. Lo propio sucede con otras muchas materias, que parecen opacas y lo son en efecto cuando tienen cierto espesor, pero que adquieren diáfandad ó transparencia tan luego como se las reduce á placas delgadísimas. En este caso se encuentran muchos de los pequeños objetos que se examinan en el porta-objetos del microscopio; su extraordinaria tenuidad los hace visibles por transparencia; tales son los infusorios, las células vegetales y varias sustancias minerales.

Así también, los medios que parecen dotados de la mayor transparencia absorben en realidad una parte de la luz que los penetra. El agua más pura parece absolutamente límpida en corta cantidad ó cuando forma una delgada capa; los objetos conservan á través de ella su brillo y

parecen tan luminosos y distintos como si la capa líquida no existiera, propiedad que se nota mucho más en el aire. Sin embargo, tan luego como el agua más límpida y más pura tiene cierta profundidad, su transparencia disminuye, y en breve se advierte en alto grado la absorción de la luz; por una parte, los objetos vistos á través del agua son cada vez menos distintos hasta hacerse invisibles; por otra, adquieren una coloración que es la del agua misma vista por difusión. En cuanto á la luz transmitida, aparte de la disminución de intensidad que sufre á su paso por el líquido, ha adquirido un color que es generalmente diferente del que presenta en la reflexión.

Así, las radiaciones luminosas, al atravesar los medios dotados de una transparencia relativa, se extinguen ó quedan en parte absorbidos. ¿En qué consiste esta absorción, y cómo varía según la naturaleza de las sustancias, su espesor, etc.?

Consistiendo la luz en un movimiento ondulatorio, en una mezcla de cierto número de vibraciones que difieren por sus períodos, como lo prueba la diferencia de refrangibilidad de sus diversos rayos, el movimiento que la constituye no puede ser destruido; es una consecuencia de lo que se llama en mecánica el *principio de la conservación de las fuerzas vivas* (1). Como este movimiento no queda anulado, naturalmente ha de transformarse. En los artículos que preceden hemos descrito varios modos de esta transformación. Hemos visto que ciertas radiaciones se convierten en calor, es decir, en vibraciones más rápidas; otras sustancias tienen la propiedad de transformar algunas radiaciones luminosas ó químicas en otras radiaciones menos refrangibles, aunque visibles siempre, y correspondiendo á estos cambios los fe-

(1) Citemos lo que dice Fresnel acerca de este punto: «Los cuerpos negros y aún las superficies metálicas menos brillantes, no reflejan, ni con mucho, la totalidad de la luz que cae sobre su superficie; los cuerpos imperfectamente transparentes, y hasta los más diáfanos cuando son bastante gruesos, absorben también (para valerme de la expresión usada) una cantidad notable de luz incidente; pero de esto no debe deducirse que el principio de la conservación de las fuerzas vivas no sea aplicable á estos fenómenos: al contrario; de la idea más probable que pueda formarse acerca de la constitución mecánica de los cuerpos resulta que la suma de las fuerzas vivas debe ser siempre la misma (mientras no cambien de intensidad las fuerzas aceleradoras que tienden á colocar de nuevo á las moléculas en su posición de equilibrio), y que la cantidad de fuerzas vivas que desaparece como luz se reproduce como calor.»

nómenos de fosforescencia y de fluorescencia. Describamos algunos de los fenómenos que caracterizan la absorción de la luz por diferentes medios.

Un medio es incoloro cuando deja pasar todos los rayos coloreados del espectro desde A hasta H, ó por lo menos cuando los debilita á todos en la misma proporción. En este caso se hallan el vidrio, la sal gema, el agua y el aire, por lo menos cuando son muy densos, pues siendo entonces perceptible la absorción desigual de ciertas radiaciones, los medios adquieren el color que resulta de la transmisión de las radiaciones no absorbidas. Más adelante trataremos de esa coloración por lo que respecta al agua y al aire. En cuanto á la sal gema, presenta la particularidad de que también da paso á los rayos de la parte oscura del espectro y á los de la parte química.

Es de notar que los cuerpos *negros*, que extinguen los rayos luminosos de todos colores, absorben también los ultra-morados, mientras que dejan pasar las radiaciones caloríficas oscuras; la sal gema, el alumbre y el cuarzo ahumados se hallan en este caso. Hemos visto que la solución de iodo en el sulfuro de carbono, que es roja cuando forma una delgada capa, extingue casi completamente la luz solar si tiene uno ó dos decímetros de espesor; pero continúa siendo transparente para las radiaciones de calor.

Entre los medios diáfanos é incoloros y los cuerpos negros que interceptan la luz, se colocan los cuerpos transparentes coloreados que absorben con desigualdad los diversos rayos del espectro y cuya coloración varía á veces totalmente según el espesor, y otras veces según la temperatura.

Merced al estudio de los espectros de la luz que ha atravesado tales medios se puede medir la absorción de varias radiaciones y averiguar en virtud de qué concurso de rayos adquiere el medio la tinta que le caracteriza. Para observar la influencia del espesor se da á la materia coloreada la forma de un prisma de ángulo agudo, de modo que el grueso vaya variando progresivamente del vértice á la base. Y no tan sólo sucede que el color de las sustancias se oscurece conforme aumenta el espesor, sino también que algunas cambian así completamente de color,

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<sup>m</sup>01, 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 trasmitía 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