

dependen solamente de la temperatura, sino tambien del modo de produccion de los sulfuros, y lo que es más raro todavía, del estado molecular de las sales de donde se les ha extraído. Así es que, habiendo tomado varios carbonatos de cal, de espato, de creta, etc., y habiéndolos tratado por el azufre, obtuvo seis sulfuros de calcio que, puestos al sol, se volvieron fosforescentes y presentaron en la oscuridad los matices siguientes:

	Matiz del fulgor.
Sulfuros de calcio procedentes de.....	Espato..... Amarillo anaranjado.
	Creta..... Amarillo.
	Cal de espato..... Verde.
	Aragonita fibrosa..... Verde.
	Mármol..... Violeta-rosado.
	Aragonita de Vertaison Violeta-rosado.

«Si me es permitida una comparacion, dice Becquerel con este motivo, añadiré que estos últimos cuerpos, con relacion á los efectos luminosos, son análogos á las cuerdas sonoras á las cuales se les hace producir diferentes sonidos segun su estado de tension.»

Hemos dicho ya que la elevacion de la temperatura acelera la fosforescencia, pero tambien la gasta más de prisa; el fulgor obtenido dura ménos tiempo. Asimismo tiene por efecto modificar las tintas; por ejemplo, el sulfuro de estroncio, que es azul á la temperatura ordinaria, pasa al morado-azul, al azul claro, al verde, al amarillo, y por fin al anaranjado, cuando se eleva progresivamente la temperatura desde 20 grados bajo cero á 150 sobre él.

Era sobremana interesante estudiar cómo obran en los cuerpos las diferentes radiaciones del espectro para determinar su fosforescencia, desde los rayos químicos situados en la parte oscura del espectro más allá del morado hasta los caloríficos de la parte exterior al rojo. Para esto, se ha proyectado el espectro sobre tiras cubiertas de varias sustancias fosforescentes, y luégo se han examinado en la oscuridad los efectos luminosos producidos á distintas distancias, es decir en las regiones que determinan las rayas prismáticas. Háse visto tambien cuáles eran los rayos que producian los efectos luminosos más intensos, y conocióse que el maximum de accion depende de los cuerpos impresionados, pero en todos los casos, los rayos químicos más inmediatos al morado y por consiguiente los más refrangibles son los que

producen la fosforescencia; los caloríficos no la excitan; bien que están dotados de la propiedad de continuar la accion de los rayos químicos.

Estos resultados explican perfectamente la escasa accion de la llama de las bujías ó del gas para producir la fosforescencia de los cuerpos, así como la eficacia de la luz eléctrica, la cuál abunda en rayos químicos ó ultra-morados, al paso que las primeras, ricas en rayos de color, son muy pobres en rayos químicos.

En la figura 127 se ve la disposicion adoptada por Becquerel para estudiar la accion de la luz eléctrica. Las diferentes materias fosforescentes están contenidas en una serie de tubos de Geissler dispuestos en el mismo circuito. Cuando la corriente del carrete de induccion pasa por los tubos, las sustancias que hay en ellos se iluminan, adquiriendo cada cual una coloracion especial, y siendo fácil comparar al mismo tiempo las duraciones relativas de coloracion respecto de cada una de ellas. La vivísima luz del magnesio compite, segun lo ha demostrado Le Roux, con la luz eléctrica. Basta encender un hilo de este metal en presencia de un tubo que contenga por ejemplo sulfuro de calcio, para obtener una fosforescencia continuada de esta sustancia, como se comprueba llevando el tubo á un lugar oscuro.

Becquerel ha ideado para estudiar estos fenómenos un instrumento llamado *fosforoscopio*, cuya descripcion es la siguiente: Dos discos pintados de negro llevan cuatro aberturas en forma de sectores y pueden girar alrededor de un eje comun; pero como las aberturas de uno de los discos no corresponden á las del otro, resulta que un rayo de luz no puede atravesar nunca el sistema de los dos discos, sea la que fuere la velocidad de rotacion. Ambos están encerrados en una caja pintada de negro, que permanece fija y en cuyas paredes se practican dos aberturas; la luz solar llega por una de ellas, da sobre el cuerpo cuya fosforescencia se quiere estudiar y que está fijo entre los dos discos en el eje de las ventanillas exteriores de la caja, pero como acabamos de decir, no puede pasar al otro lado. La luz fosforescente excitada en el cuerpo, pasa por el contrario á través de la abertura opuesta, siempre que el movimiento de rotacion coloca una de las ventanillas móviles enfrente de la abertura exterior.

La accion de la luz sobre el cuerpo se reproduce así hasta cuatro veces en cada vuelta si la velocidad es suficiente, la fosforescencia desarrollada es continua, y la sensacion producida en el ojo del observador lo es tambien.

El fosforoscopio construido de este modo deja llegar al cuerpo que se observa una cantidad de luz fosforescente que llega al ojo; pero la duracion de la accion continua de la luz sobre el cuerpo varía con esta velocidad, puesto que es igual al tiempo que tarda una abertura en pasar por delante de él; se mide esta duracion, por lo demás, muy fácilmente cuando se conocen las dimensiones de la abertura y el número de vueltas que da en un segundo el sistema de los discos móviles. En resumen, cuanto más rápida es la rotacion, más corta es la duracion de la accion del objeto luminoso, pero tambien son más cortas las interrupciones de este efecto, de modo que hay una velocidad determinada en la cual se obtiene el máximo de brillo.

Por medio del fosforoscopio, ha podido observar Becquerel, además de los resultados que dejamos indicados, emisiones luminosas en ciertos cuerpos, cuya duracion es en extremo débil, puesto que no pasa de la diezmilésima parte de un segundo. Otros, como los sulfuros verdes de estroncio y de calcio, continúan fosforescentes por espacio de treinta y seis horas. El diamante luce asimismo mucho tiempo. Por último, tambien pudo estudiar la ley que siguen los cuerpos fosforescentes al perder la luz por emisiones sucesivas.

Se ha sometido al análisis espectral la luz que emiten varios vegetales y animales fosforescentes, y se ha visto que los espectros de estas luces son continuos, no percibiéndose en ellos rayas oscuras ni brillantes.

VI

FENÓMENOS DE FLUORESCENCIA

Si se coloca en el interior de una cámara oscura una cubeta de vidrio llena de una solucion de bisulfato de quinina, y se proyecta en una de las caras de la vasija un haz de luz solar, este haz atraviesa el líquido sin perder nada de su fuerza. La luz vista por trasmision continúa blanca, y la solucion de quinina parece enteramente incolora. Sin embargo, la cara

anterior sobre la cual da el haz luminoso ha adquirido un bonito tono azulado que por difusion refleja en todos sentidos. A M. John Herschel se debe la primera observacion de este fenómeno, que se ha notado posteriormente en gran número de sustancias.

Por ejemplo, si se echa en la superficie de un vaso lleno de agua algunos fragmentos de

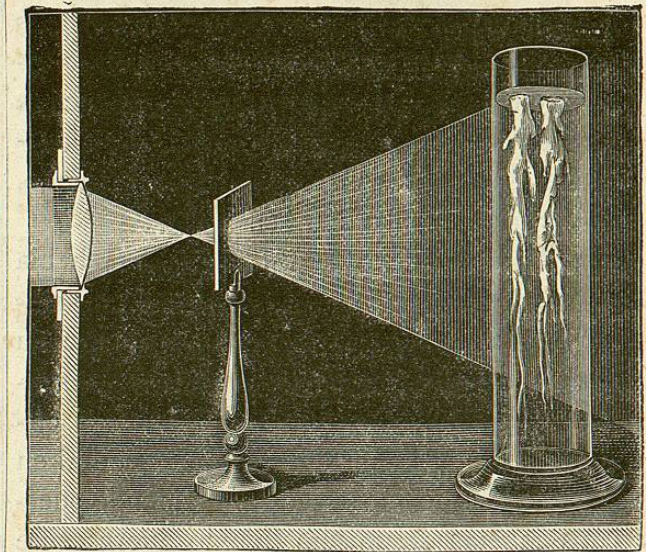


Fig. 130.—Fluorescencia de la esculina

corteza fresca de castaño de Indias, y se expone el vaso á la luz del Sol, no tardan en aparecer corrientes azuladas de un tono bastante vivo, que se desprenden de cada fragmento y van llenando poco á poco todo el líquido. El experimento es más notable cuando se le hace en la cámara oscura y se hace pasar el haz de luz por una lente adaptada á la abertura de la cámara, despues de haberla hecho atravesar una pantalla de cristal morado.

«La esculina que contiene la corteza, dice Becquerel, empieza á disolverse en el agua, y al punto se ven rastros azulados bastante luminosos, que revelan la presencia de esta materia, los cuales bajan verticalmente por el agua, cuyo tono general es más oscuro, y su color morado como el del haz de rayos incidentes. Si á los pocos momentos se agita el agua, la esculina se mezcla con todas las capas, y el vaso entero adquiere el color azul.»

Entre las sustancias líquidas que tienen tambien la propiedad de iluminarse en la superficie, citaremos las soluciones alcohólicas de clorofila, orchilla, girasol y estramonio. En el mismo caso se hallan ciertos cuerpos sólidos traspa-

rentes, como el cristal de urano y el espatio fluor.

Al estudiar en este último cuerpo la fosforescencia especial á que nos referimos, el químico inglés Stokes dió al conjunto de estos fenómenos el nombre de *fluorescencia*.

El espatio fluor se halla con frecuencia en los filones metalíferos, en forma de hermosos cristales cúbicos, unas veces regulares y otras de caras octaédricas. Expuestos estos cristales á los rayos solares en la cámara oscura, se colorean de una luz muy viva difundida en tenue capa por su superficie y cuyo matiz varia según los ejemplares, siendo morado, azulado, azul-verdoso ó sonrosado (1).

Ya dejamos dicho que J. Herschel habia reconocido que la luz que penetra en la solución de sulfato de quinina no pierde de su fuerza, y que esta solución continuaba trasparente é incolora. Pero tambien notó una circunstancia muy importante, que es general en los fenómenos de fluorescencia. Habiendo puesto dos cubetas del mismo líquido fluorescente una junto á otra, vió que el haz luminoso, despues de su paso por el primer medio, habia perdido la facultad de suscitar la fluorescencia

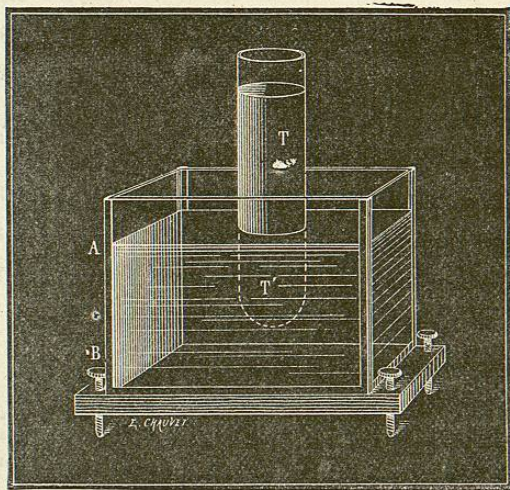


Fig. 131.—Experimento en demostracion de que el poder de producir la fluorescencia es limitado

en el líquido de la segunda cubeta. Hácese patente esta curiosa propiedad del modo siguiente: Un tubo TT' (fig. 131) lleno de la

(1) El espatio fluor, que ha dado su nombre á los fenómenos de fluorescencia, se vuelve tambien luminoso por el calor. Reduciéndolo á polvo y echando este polvillo blanco en una placa de hierro caldeada al rojo naciente, despidie una luz que pasa del rosa al morado y al blanco.

solucion de quinina se hace luminoso á lo largo de la cara ó arista expuesta á los rayos solares. Se le introduce en la cubeta llena del mismo líquido, y al punto toda la parte sumergida del tubo pierde su luz al paso que la cara AB de la cubeta situada delante se ilumina á su vez. El propio fenómeno se observaria con dos cristales de fluorina puestos uno junto á otro.

En las cátedras de física se hace un curioso experimento que consiste en trazar un dibujo cualquiera en una hoja de papel con un pincel empapado de sulfato de quinina. Este dibujo apénas se ve cuando se le expone á la luz blanca; pero si entre el haz luminoso y el papel se interpone un cristal de color morado oscuro, todas las partes de la hoja á las que no ha tocado el sulfato de quinina permanecen oscuras, mientras que las líneas del dibujo despiden un hermoso brillo azulado. El efecto es todavía más sorprendente si se opera con luz eléctrica.

¿Qué interpretacion se debe dar á estos fenómenos?

Ante todo, hagamos observar que no hay absorcion sensible de luz, puesto que el haz incidente conserva, cuando emerge de las sustancias fluorescentes, la intensidad y el color que ántes tenia. Como no tenia efecto la absorcion sobre las radiaciones luminosas, tratábase de averiguar si el fenómeno procedia de la absorcion de las radiaciones químicas, y así lo ha demostrado en efecto el análisis espectral.

Por otra parte, la luz fluorescente analizada con el prisma ha dado, en la mayoría de las sustancias, espectros constituidos del mismo modo que los de la luz del haz incidente. Así, la luz difundida por el bisulfato de quinina, por la fluorina ó la esculina se compone de todas las radiaciones desde el rojo hasta el morado. Sin embargo, el cristal de urano y la clorofila dan espectros formados de rayas brillantes separados por bandas oscuras.

Pero hay una ley general demostrada por los experimentos de Stokes, y es la siguiente: los rayos que, por su accion sobre las sustancias fluorescentes, dan motivo á la produccion de la luz, tienen mayor refrangibilidad que los de esta luz especial. Por lo comun, las radiaciones químicas son las absorbidas por la sustancia fluorescente, y trasformadas luégo en radiaciones luminosas.

VII

TRASFÓRMACION DE LAS RADIACIONES.—CALORESCENCIA

De los hechos que acabamos de describir en los artículos anteriores resulta que en ciertos cuerpos puede producirse luz sin que lleguen á la temperatura necesaria para la incandescencia, y sin que intervengan los fenómenos químicos que acompañan á la combustion. El carácter comun de la fosforescencia y de la fluorescencia consiste en que tanto uno como otro fenómeno tienen por causa la trasformacion de algunas de las radiaciones de un foco. Una parte de la fuerza viva de las ondas emanadas queda absorbida, dando origen á una radiacion nueva compuesta de vibraciones ménos rápidas, cuya longitud de onda es mayor; en una palabra, á causa de esta trasformacion se hacen visibles otras radiaciones que por lo comun no lo son y que pertenecen á la parte química del espectro.

¿Puede ocurrir lo contrario, esto es, la trasformacion de radiaciones ménos refrangibles en otras que lo sean más? Cuestion es esta ya planteada y que el físico inglés Tyndall ha resuelto del modo siguiente. Con tal objeto se ha valido de la propiedad que tiene una solución concentrada de yodo en el sulfuro de carbono de absorber casi completamente los rayos luminosos y de transmitir, por el contrario, casi completamente tambien los rayos de la parte infrarroja del espectro.

Llenando de esta solución una redoma, se ve fácilmente que el color morado oscuro de la masa líquida intercepta la luz hasta el punto de no percibirse en él ningun indicio luminoso, al paso que poniendo en el foco de esta especie de lente yesca, papel ó pólvora, los rayos caloríficos oscuros así concentrados producen su incandescencia (fig. 132).

Tyndall adoptaba como foco radiante el arco voltaico producido entre los conos de carbon de un regulador foto-eléctrico. Estos carbones estaban colocados en el interior de una cámara estañada, en coincidencia con el foco de un espejo cóncavo que enviaba el haz luminoso á una redoma llena de la solución iodada de sulfuro de carbono. Empleando una redoma de 17 centímetros de diámetro, ha visto inflamarse un pedazo de papel negro en el foco de aquella y

caldearse una placa de platino hasta el rojo; con otra redoma de 8 centímetros la placa se calentó al rojo claro, y al blanco con otra más pequeña.

Describamos, tomándolos del mismo Tyndall, los efectos producidos en el foco conjugado

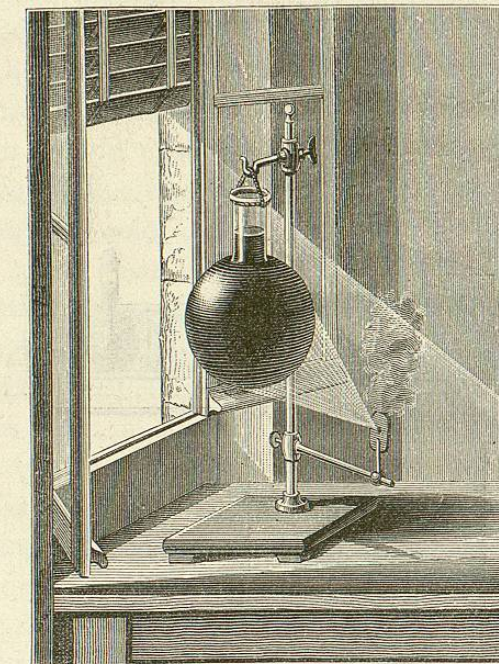


Fig. 132.—Separacion de las radiaciones luminosas y caloríficas por el sulfuro de carbono iodado

del espejo, cuando el haz convergente de luz eléctrica atraviesa una vasija que, en un espesor de 6 centímetros, contenga la solución de yodo:

«El calor del foco, dice, es sumamente fuerte; pueden fundirse en él placas de plomo y de estaño dadas de negro de humo; y se ha agujereado y derretido en poco tiempo un pedazo grueso de metal fusible. Una lámina de zinc ennegrecida y puesta en el foco, se inflama, y haciéndola pasar lentamente á través del foco, se la puede mantener en estado de ignicion hasta que se consuma enteramente. Un alambre de magnesio, aplanado en su extremo y ennegrecido, se inflama tambien y arde con mucho resplandor. Es fácil encender instantáneamente un cigarro en el foco oscuro.»

Sin embargo, Tyndall observa que en varios casos «los cuerpos expuestos á los rayos invisibles eran más ó ménos combustibles. Su intenso brillo, debido en gran parte á la combustion, á la accion del oxígeno de la atmósfera, no probaba de un modo concluyente que hubiese aumentado la refrangibilidad de los rayos.»