

otras tantas estrellas terrestres; son los lampiris ó *luciérnagas*, género de coleópteros, cuya larva goza, lo propio que el insecto perfecto, aunque en menor grado, de la propiedad de emitir un fulgor azul-verdoso. Los *fulgores* de la Guayana y los *cucuyos* de México, Cuba y el Brasil brillan de noche con una luz bastante viva para que con su solo auxilio se pueda leer. Ciertas flores como la caléndula, la capuchina, la rosa de la India y otras se han considerado como fosforescentes; pero si hoy parece ya probado que se ha incurrido en un error respecto á ellas, no por eso es menos cierto que unas quince plantas fanerógamas y ocho ó nueve criptógamas tienen la propiedad de emitir luz, pero solamente de noche y después de un día en que estos vegetales han recibido

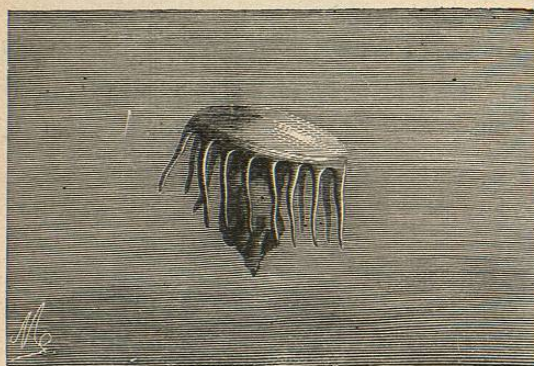


Fig. 535.—Medusa campanular

la luz del Sol; de suerte que la insolación parece ser en ellos condición esencial para su fosforescencia.

La fosforescencia del mar la producen millones de animalillos que como los lampiris y fulgores emiten una luz bastante viva para dar á las olas la apariencia de masas inflamadas. Ora son infusorios, ora medusas ó asterias, etc. (1), los que difunden tan pronto un resplandor azulado como fulgores rojos ó verdes, ó comunican al agua una tinta blanquecina que

ha hecho que los marinos den á ciertos mares el nombre de *mar de nieve* ó *mar de leche*.

Las conchas de ostras calcinadas se tornan luminosas cuando se las ha expuesto á la luz del Sol, debiendo al sulfuro de calcio esta propiedad, que tienen también los sulfuros de bario y de estroncio (2).

(1) El *noctiluco miliar* es uno de los infusorios pelágicos que más contribuyen á la fosforescencia del mar. A primera vista parece una bolita de gelatina transparente. Examinándolo con una lente, se distingue su forma esférica más ó menos regular (fig. 534), un poco deprimida y ligeramente hinchada por debajo. El noctiluco tiene interiormente algunos gránulos, probablemente gérmenes y puntos luminosos, los cuales aparecen y desaparecen con rapidez: la menor agitación excita su brillo. Estos puntos forman cuando más la vigésimaquinta ó trigésima parte del glóbulo. Los noctilucos tachonan la superficie del agua como pequeñas constelaciones caídas del firmamento.

Hoy sabemos que los infusorios no son los únicos animales productores de la fosforescencia, sino que también son causa de ese estado brillante del mar las medusas, asterias, moluscos, nereidas, crustáceos y hasta ciertos peces. Estos animales engendran luz como los torpedos engendran electricidad: multiplican y diversifican los efectos del fenómeno. La luz que producen pasa tan pronto al verde como al rojizo. En ciertos momentos se cree ver en el obscuro elemento discos radiantes, plumas estrelladas, franjas flameantes. Muchos animales parecen, vistos de lejos, masas metálicas enrojecidas hasta el blanco, ó ruedas de fuegos artificiales que despiden chispas. Hay festones de vasos de colores comparables á las guirnaldas de nuestras iluminaciones públicas, y meteoros incandescentes prolongados ó globulosos que se persiguen por las olas, suben, bajan, se alcanzan, se agrupan, se confunden, se separan, describen mil curvas caprichosas y se extinguen para encenderse otra vez y perseguirse de nuevo. (El mundo del mar, por A. Fredol.)

Spallanzani ha reconocido que la propiedad singular que tienen las medusas de emitir luz reside en los tentáculos del animal, en la zona muscular del cuerpo y en la cavidad del estómago. Las demás partes del cuerpo no brillan sino por reverberación.

(2) Canton, físico inglés, descubrió en 1764 la fosforescencia de las ostras calcinadas, y por esto se da algunas veces al sulfuro de calcio el nombre de *sulfuro de Canton*. A un obrero de Bolonia llamado V. Carciarolo se debe el descubrimiento de la fosforescencia del sulfato de barita calcinado: he aquí el nombre de *fósforo de Bolonia* dado al sulfuro de bario.

La fosforescencia se puede desarrollar también en un gran número de substancias por medio de acciones mecánicas ó químicas. Una rueda de vidrio, frotada en el vacío con un tubo de la misma materia, despiden un fulgor bastante intenso cuyo color es rojo de fuego: un trozo del mineral llamado *dolomita* da un rastro luminoso rojo si se le frota con un pedazo de paño. Lo propio acontece con ciertos diamantes. La cal fosfatada

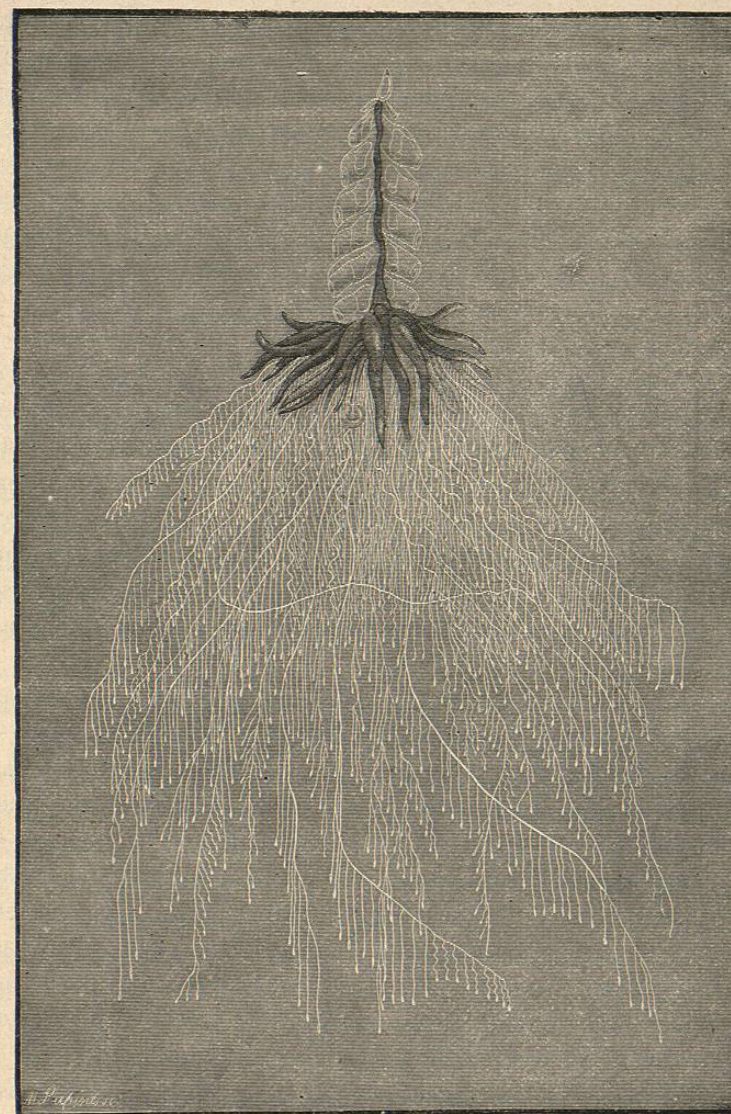


Fig. 536.—Fisoforo hidrostático

emite un resplandor amarillo por frotamiento. ¿Quién no ha notado al partir azúcar los resplandores que aparecen en el momento del choque? Obtíense efectos análogos frotando con fuerza dos pedazos de cuarzo, de creta, de cloruro de cal, ó desprendiendo hojuelas de mica. He aquí, según Becquerel, quien se refiere á Enrique Rose, un curioso ejemplo de fosforescencia debida á un fenómeno químico de cristalización: "Si se toman 2 partes de ácido arsenioso vítreo, 45 de ácido clorhídrico y 15 de agua, y se hace hervir todo esto en una redoma por espacio de 12 á 15 minutos, dejando luego enfriar la disolución todo el tiempo posible, á cuyo efecto se disminuye gradualmente la

llama del gas que sirve para calentar la redoma, al colocar ésta en la obscuridad la cristalización va acompañada de una viva luz y una chispa marca la formación de cada cristal. Si se agita la vasija, fórmase de pronto un gran número de cristallitos, resultando al propio tiempo infinidad de chispas. Este fenómeno dura mientras hay cristales por depositar, y aun á veces la disolución enfriada sigue siendo luminosa al día siguiente del experimento., (*La Luz*, t. I.)

La acción del calor engendra también fosforescencia, y esto á una temperatura muy inferior á la incandescencia. El espato fluor, el diamante y otras piedras preciosas, la creta, los sulfatos de potasa y de quinina despiden luz cuando se los pone en contacto con cuerpos calientes. Citemos además entre los cuerpos que se vuelven fosforescentes por la acción del calor la hulla, la turba, la plumbagina, el azabache, el azufre, el papel, los huesos, los dientes y el coral; y entre los líquidos, las esencias de trementina y de limón, el aceite de petróleo, cuando se los hierve. Más adelante veremos que la electricidad es susceptible de producir los mismos efectos en los cuerpos malos conductores.

Por último, muchas substancias de origen orgánico ó mineral se vuelven fosforescentes si se las expone algún tiempo á la acción de un foco de luz fuerte, por ejemplo al de los rayos del Sol. La intensidad, la duración y el color del fulgor producido por la insolación dependen de la naturaleza de las substancias á la vez que de su estado físico. Por lo que respecta á la influencia del foco que ocasiona la fosforescencia, no tan sólo varía con la intensidad de este foco, sino también con su composición, es decir, cambia según la mayor ó menor refrangibilidad de los rayos que emite. Así por ejemplo, la luz de una bujía puede bastar para hacer fosforescente el sulfuro de calcio; pero se requiere la solar para otros cuerpos; la luz eléctrica, tan rica en rayos químicos, determina la fosforescencia en un período sumamente corto.

Jorge Pouchet cita un notable ejemplo de fosforescencia producida en grande escala por una insolación prolongada. Hallábase en Egipto enfrente de una serie de colinas que habían estado reflejando todo el día á la luz del Sol un color blanco-amarillento deslumbrador; cuando el astro solar se puso, ocultándose casi perpendicularmente tras el horizonte, á cuyo ocaso siguió un breve crepúsculo, aquellas colinas, á pesar de no estar iluminadas ya por la luz solar, conservaron algún tiempo un brillo, un resplandor que no podía atribuirse á ninguna reflexión luminosa. ¿No es probable que, por efecto de la acción continua de una insolación intensa que había durado largas horas, las rocas de que dichas colinas estaban formadas se hubiesen vuelto luminosas por fosforescencia? Edmundo Becquerel ha reconocido, según más adelante veremos, que ciertos cuerpos sometidos á la acción solar conservaban vestigios de fosforescencia muchas horas después de su exposición á la luz, persistencia de que están mucho más dotadas las substancias en que se ha desarrollado la fosforescencia con poca intensidad.

Tenemos, pues, toda una serie de fenómenos en los cuales la producción de la luz no es el resultado de una combustión viva á elevada temperatura, ni el de una iluminación rápida que desaparece tan luego como el foco deja de tener delante al objeto iluminado. Todos los cuerpos que acabamos de enumerar y que se hacen fosforescentes por causas particulares, adquieren por tiempo limitado, es verdad, pero á veces bastante considerable, la propiedad de ser luminosos por sí mismos, de emitir luz perceptible en la obscuridad, y á veces bastante fuerte para iluminar los objetos vecinos.

Una vez descritos los hechos, veamos de indicar las condiciones que los determinan, ya que no de dar á conocer su causa.

V

LA FOSFORESCENCIA. - CONDICIONES Y CAUSAS DE LOS FENÓMENOS

La fosforescencia parece originada por muchas causas.

En los seres organizados y vivientes es casi desconocido el modo de producción de la luz. Sólo se sabe que la voluntad del animal entra por algo en ella, que se requiere una temperatura moderada para que se desprenda luz, y también que haya oxígeno. Un frío demasiado vivo la hace desaparecer lo propio que un calor algo fuerte. La producción de la luz en el fósforo, la madera podrida y los peces muertos tiene sin duda por causa una acción química, una combustión lenta; y en efecto, en el vacío toda fosforescencia cesa. Finalmente, de los hechos anteriormente expuestos resulta que la insolación, la elevación de temperatura, la electricidad y las acciones mecánicas en que la electricidad y el calor desempeñan sin duda un papel, se hallan en muchos casos en condiciones favorables para el desarrollo de la fosforescencia. En estos últimos tiempos, este modo singular de producirse la luz ha sido objeto de estudios muy interesantes por parte de Biot, Matteucci, y principalmente de Edmundo Becquerel. Vamos á resumirlos rápidamente.

Este ha reconocido ante todo que la fosforescencia es una propiedad que pueden adquirir momentáneamente muchos cuerpos, sobre todo en el estado sólido y en el gaseoso; el papel, el ámbar, la seda y otra porción de materias de origen orgánico; los óxidos y las sales de los metales alcalinos, de los térreos y del uranio, y un gran número de gases. Pero ni en los otros metales ni en sus compuestos se ha notado hasta ahora el menor asomo de este fenómeno.

Las tintas del fulgor fosforescente varían según la naturaleza del cuerpo; así es que las piedras preciosas despiden destellos azules ó amarillos. Los sulfuros de estroncio, bario y calcio dan todos los matices del espectro, desde el rojo hasta el morado. Pero hay una circunstancia singular, puesta en evidencia por Becquerel, y es que el tono y vivacidad del fulgor no dependen solamente de la temperatura, sino también del modo de producción 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 obscuridad 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 comparación, dice Becquerel con este motivo, añadiré que estos últimos cuerpos, con relación á los efectos luminosos, son análogos á las cuerdas sonoras á las cuales se les hace producir diferentes sonidos según su estado de tensión.”

Hemos dicho ya que la elevación de la temperatura acelera la fosforescencia, pero también la gasta más de prisa; el fulgor obtenido dura menos 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 sobre manera 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 del rojo. Para esto, se ha proyectado el espectro sobre tiras cubiertas de varias substancias fosforescentes, y luego se han examinado en la oscuridad los efectos luminosos producidos á distintas distancias, es decir, en las regiones que determinan las rayas prismáticas. Hase visto también cuáles eran los rayos que producían los efectos luminosos más intensos, y conocióse que el máximo de acción depende de los cuer-

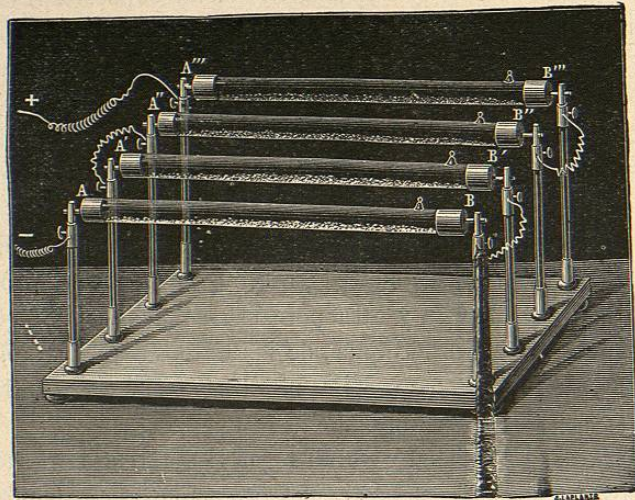


Fig. 537.—Experimentos de Becquerel sobre la fosforescencia producida por la luz eléctrica

pos 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 acción de los rayos químicos.

Estos resultados explican perfectamente la escasa acción 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 cual 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 537 se ve la disposición adoptada por Becquerel para estudiar la acción 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 inducción pasa por los tubos, las substancias que hay en ellos se iluminan, adquiriendo cada cual una coloración especial, y siendo fácil comparar al mismo tiempo las duraciones relativas de coloración respecto de cada una de ellas. La vivísima luz del magnesio compite, según 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 substancia, como se comprueba llevando el tubo á un lugar obscuro.

Becquerel ha ideado para estudiar estos fenómenos un instrumento llamado *fosforoscopia*, cuya descripción es la siguiente: Dos discos pintados de negro llevan cuatro aberturas en forma de sectores y pueden girar alrededor de un eje común; pero como las aberturas de uno de los discos no corresponden con 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 rotación. 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 rotación coloca una de las ventanillas móviles del fosforoscopio enfrente de la abertura exterior de la caja. La acción de la luz sobre el cuerpo se reproduce así hasta cuatro veces en cada vuelta;

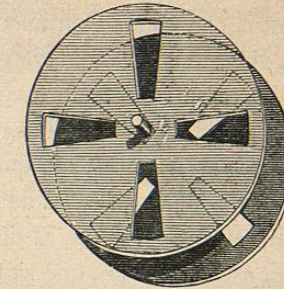


Fig. 538.—Discos del fosforoscopio

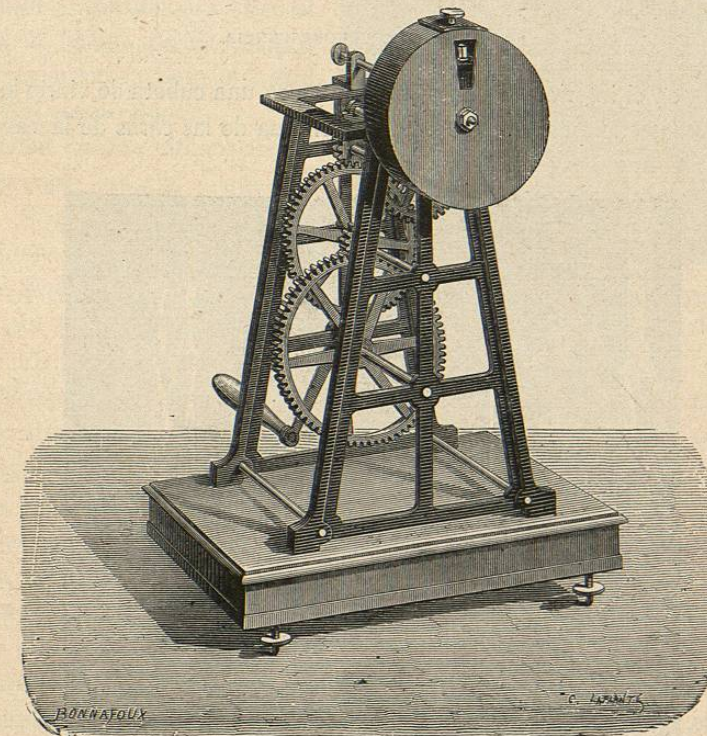


Fig. 539.—Fosforoscopio de E. Becquerel

si la velocidad es suficiente, la fosforescencia desarrollada es continua, y la sensación producida en el ojo del observador lo es también.

El fosforoscopio construido de este modo deja llegar al cuerpo que se observa una cantidad de luz constante, cualquiera que sea la velocidad de rotación; lo propio sucede con la cantidad de luz fosforescente que llega al ojo; pero la duración de la acción 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 duración, 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 dos discos movibles. En resumen, cuanto más rápida es la rotación, más corta es la duración de la acción del objeto luminoso, pero también 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 duración 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, también 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 solución de bisulfato de quinina, y se proyecta en una de las caras de la vasija un haz

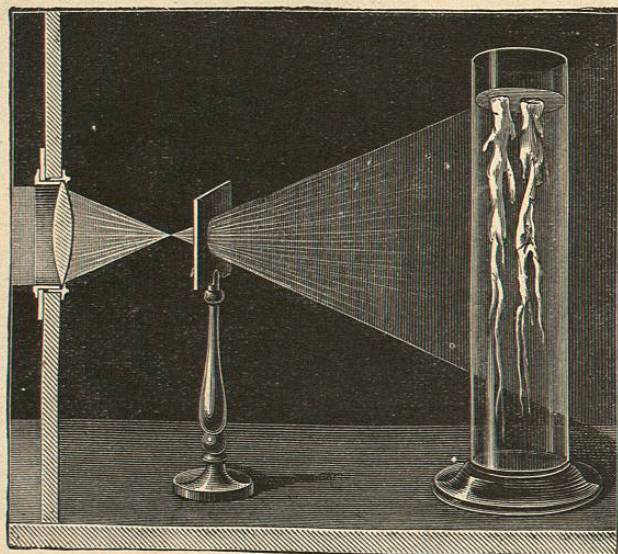


Fig. 540.—Fluorescencia de la esculina

de luz solar, este haz atraviesa el líquido sin perder nada de su fuerza. La luz vista por transmisión continúa blanca, y la solución 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 difusión refleja en todos sentidos. A M. John Herschel se debe la primera observación de este fenómeno, que se ha notado posteriormente en gran número de substancias.

Por ejemplo, si se echa en la superficie de un vaso lleno de agua algunos fragmentos de 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, después 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 substancias líquidas que tienen también la propiedad de iluminarse en la superficie, citaremos las soluciones alcohólicas de clorofila, orquilla, girasol y estramonio. En el mismo caso se hallan ciertos cuerpos sólidos transparentes, como el cristal de urano y el espato 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 espato 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 coloran de una luz muy viva difundida en tenue capa por su superficie y cuyo matiz varía según los ejemplares, siendo morado, azulado, azul-verdoso ó sonrosado (1).

Ya dejamos dicho que J. Herschel había reconocido que la luz que penetra en la solución de sulfato de quinina no pierde de su fuerza, y que esta solución continuaba transparente é incolora. Pero también 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, después de su paso por el primer medio, había perdido la facultad de suscitar la fluorescencia en el líquido de la segunda cubeta. Hácese patente esta curiosa propiedad del modo siguiente: Un tubo TT' (fig. 541) lleno de la solución 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

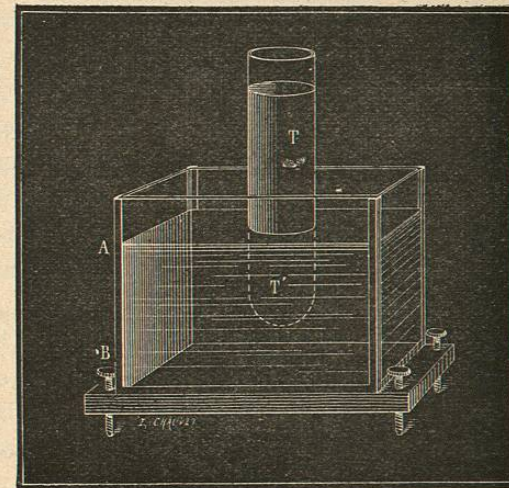


Fig. 541.—Experimento en demostración de que el poder de producir la fluorescencia es limitado

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