

de calor que el paso de la electricidad desarrolla entre los electrodos.

Sin embargo, los recientes experimentos del químico inglés Frankland parecen probar que la teoría de Davy no basta para explicar la potencia lumínica de las llamas; á lo ménos,

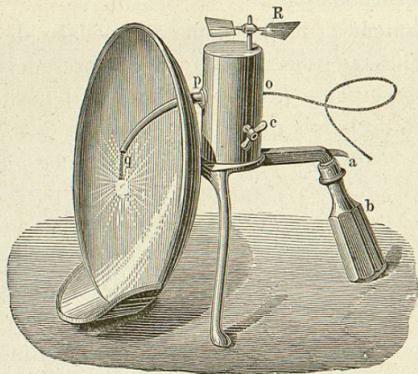


Fig. 121.—Lámpara de magnesio

dichos experimentos prueban que los gases incandescentes pueden adquirir una facultad de radiación considerable sin que haya partículas sólidas en suspensión, y que basta para ello que la presión aumente. Por ejemplo, una mezcla de oxígeno y de hidrógeno metida en burbujas de jabón da cuando se la inflama una fuerte explosión, pero también una luz muy débil. El mismo experimento hecho en una vasija resistente en que no puede efectuarse la expansión producida por la combustión, da una luz muy viva. Se obtienen análogos resultados con el hidrógeno y el cloro, con el óxido de carbono y el oxígeno.

Otro experimento de Frankland, en contradicción con la teoría de Davy, es el siguiente: el arsénico metálico arde en el oxígeno con luz blanca muy intensa, cuya temperatura no excede de 218° ; luego la radiación no dimana de partículas sólidas, pues estas no se hacen incandescentes sino á los 500° . Sin embargo, el espectro de la luz es continuo. Iguales resultados le dieron el bisulfuro de carbono quemado en el oxígeno, y el bióxido de nitrógeno en el vapor de bisulfuro de carbono.

El experimento siguiente patentiza plenamente la influencia del aumento de presión en la potencia lumínica de los gases: El hábil químico citado ha hecho arder en oxígeno chorros de hidrógeno y de óxido de carbono,

aumentando gradualmente la presión hasta 20 atmósferas. «A dos atmósferas, el poder luminoso, débil al principio, crece ostensiblemente; á diez, la luz emitida por un chorro de una pulgada de longitud es muy suficiente para que se pueda leer un periódico á dos piés de distancia de la llama, y sin que detrás de esta haya ningun reflector. Examinado el espectro de esta llama con el espectroscopio es brillante y perfectamente continuo desde el rojo hasta el morado.»

Aunque Frankland no niega en absoluto que la temperatura influya en el poder luminoso de la llama, cree que este poder resulta principalmente de la densidad de los cuerpos, que crece con el aumento de presión. «Puede decirse que los grados relativos de brillo luminoso son casi proporcionales á las densidades relativas de los diferentes productos de la combustión.»

Sainte-Claire Deville, participando hasta cierto punto de las opiniones del químico inglés, cuyos experimentos estima en alto grado interesantes, las interpreta de distinto modo. En su concepto, el principal efecto del aumento de presión debe ser el de elevar la temperatura de la combustión, y distingue las llamas en *brillantes é iluminadoras*. Una luz monocromática puede ser brillante, para lo cual basta sean de gran intensidad los rayos que de ella emanen. Una luz es iluminadora cuando posee el mayor número posible de rayos de varias

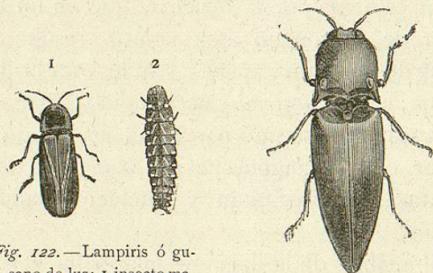


Fig. 122.—Lampiris ó gusano de luz: 1 insecto macho; 2 hembra

Fig. 123.—Piróforo noctiluco

refrangibilidades, como la luz del Sol, y cuando como esta, es lo más blanca posible. Por otra parte, los experimentos de Fizeau, Wolf y Diakon prueban que conforme se eleva la temperatura de una llama monocromática como la del sodio que es amarilla ó la del litio que es roja, el número de rayos brillantes de su espectro va creciendo. Estas dos luces se vuelven

blancas y acaban por contener rayas brillantes de todo género de refrangibilidad: si el metal arde á elevada temperatura, entónces se tornan iluminadoras.

En resumen, segun Sainte-Claire Deville, el

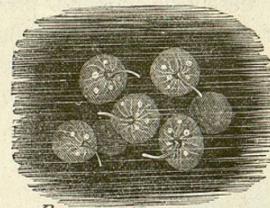


Fig. 124.—Noctiluco miliar

brillo de una llama depende á la vez del número y disposición de las rayas específicas que las sustancias en ella existentes puedan dar en el análisis espectral, de la temperatura á que se pongan estos elementos, y por último de su densidad.

III

LUCES ARTIFICIALES DE GRAN INTENSIDAD.—LUZ DRUMMOND; LUZ DE MAGNESIO.—INTENSIDAD LUMINOSA DEL ARCO VOLTAICO.

Ninguna de cuantas luces se pueden producir artificialmente pueden competir en intensidad intrínseca—prescindiendo de la absoluta ó total que es indiscutible,—con la luz solar. Sin embargo, mediante los procedimientos ántes indicados se obtienen luces deslumbradoras.

Tal es la de Drummond, que resulta de la incandescencia de un cilindro de cal en la llama de una corriente de gas oxhídrico, es decir de una mezcla de gas oxígeno y de gas hidrógeno. En vez del cilindro de cal se puede poner un trozo de magnesia. Tan luégo como la llama de la corriente gaseosa ha caldeado una porción suficiente del fragmento sólido, la luz es deslumbradora. Becquerel ha valuado la cantidad de luz producida por un aparato que consumía $3\frac{1}{2}$ litros de gas por minuto, y la ha considerado equivalente á 20 mecheros Carcel, es decir, á 160 ó 180 bujías. Pues tan intensa luz, proyectada sobre el disco solar, parece una mancha negra.

La luz oxhídrica es rica en rayos amarillos y rojos; y contiene los azules y morados en menor proporción que los focos de que vamos á hablar.

Un alambre de magnesio que arda en el aire

ó en el oxígeno da una luz vivísima y de extraordinaria blancura, que contiene en abundancia los rayos más refrangibles, los más activos bajo el punto de vista químico. Así es que se han ideado lámparas que queman el magnesio de un modo continuo, á cuyo efecto hay en ellas un mecanismo de relojería que desarrolla el alambre á medida que se va consumiendo. Se emplea para sustituir en ciertos casos á la luz solar, especialmente para sacar fotografías en los subterráneos, en las cuevas y en las minas. Un alambre de magnesio de tres milímetros de diámetro que arda al aire libre tiene una potencia luminosa igual á 74 bujías; Bunsen ha averiguado que un decígramo de magnesio que arda en el oxígeno da una luz equivalente á la de 110 bujías, aunque la superficie incandescente del metal sea siete veces menor que la llama de una bujía. Por consiguiente, el brillo intrínseco de la luz del magnesio es por lo ménos 700 veces igual al de una bujía.

Finalmente, segun los experimentos de Becquerel, el arco voltaico producido por una pila de ácido nítrico de 100 pares da una luz cuya potencia lumínica equivale á la de 1000 bujías. Poniendo semejante foco de luz á un metro de una pantalla, la superficie de esta estaría unas 75 veces ménos alumbrada que por el Sol en el zénit, y unas 60 ménos que por el mismo astro á 30 grados sobre el horizonte. Pero se

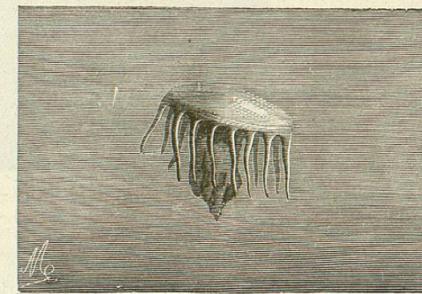


Fig. 125.—Medusa campanular

ha conseguido aumentar mucho esta intensidad luminosa, y tanto, que comparando Fizeau y Foucault el brillo del arco voltaico con la luz del Sol en un día despejado del mes de abril, han visto que era solamente dos veces y media menor que la del astro radiante. La luz producida así era la del carbon positivo atravesado por la corriente de una pila formada por tres series de cuarenta y seis pares Bunsen.

IV

FOSFORESCENCIA

La incandescencia, es decir, la radiación luminosa desarrollada por una temperatura muy alta, acompañada ó no de combinaciones químicas,

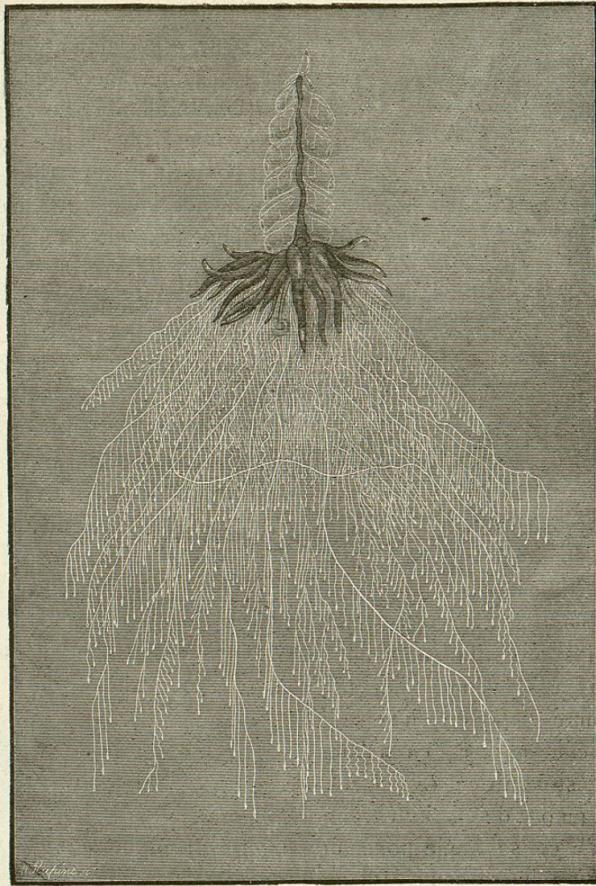


Fig. 126.—Fisoloro hidrostático

cuerpo dotado, entre otras propiedades singulares, de la facultad de emitir, cuando se le pone al aire, una leve humareda que se renueva continuamente: este vapor es luminoso en la oscuridad, por cuya razón se aplicó el nombre de *fósforo* (de *fos*, luz, y *foros*, que lleva) á dicha sustancia, que es uno de los sesenta y seis cuerpos simples conocidos en la actualidad. Si se trazan con un cilindro de fósforo algunos signos en una pared, aparecen como rastros luminosos en la oscuridad, y no cesan de lucir hasta que ha desaparecido por completo la ma-

terias, no es el único modo de producción de la luz. Los cuerpos pueden adquirir luminosidad y ser visibles en la oscuridad en ciertas circunstancias que vamos á estudiar ahora.

En 1677, un alquimista de Hamburgo llamado Brandt descubrió por un procedimiento que al principio guardó secreto (1), un nuevo

terias fosforada, ya sea por combustión lenta ó por evaporación.

Mucho ántes que se descubriera este cuerpo, dábase el nombre de *fósforos* á todas las sustancias que, como esta, emiten luz sin color perceptible. Tales son las ramas que la humedad hace caer en descomposición, los peces de mar muertos pero no putrefactos, cuyo fulgor se comunica al agua del mar cuando se los agita

(1) Pocos años después que Brandt, Kunckel halló el medio de obtener el fósforo. Un siglo después, en 1769, Scheele demostró que los huesos del hombre y de los animales lo contienen en abundancia.

algun tiempo, y por último un gran número de sustancias minerales, cuando se las golpea ó frota ó se las expone á los rayos solares.

Los físicos dan el nombre de *fosforescencia* á esta emisión de luz, espontánea ó artificial.

La fosforescencia no es peculiar de las materias inorgánicas ó privadas de vida. Cuando nos paseamos por el campo en una calurosa noche de junio ó julio, no es raro divisar sobre la yerba ó entre las malezas una porción de lucécitas que brillan como 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 ménos 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 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

(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 trasparente. Examinándolo con una lente, se distingue su forma esférica más ó ménos regular (fig. 124), 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 rapidéz: la menor agitación excita su brillo. Estos puntos forman cuando más la vigésima quinta 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, *neridas*, 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 rojo. En ciertos momentos se cree ver en el oscuro elemento discos radiantes, plumas estrelladas, franjas flameantes. Muchos animales parecen,

resplandor azulado como fulgores rojos ó verdes, ó comunican al agua del mar una tinta blanquecina que ha hecho que los marinos den á ciertos mares el nombre de *mar de nieve* ó *mar de leche*.

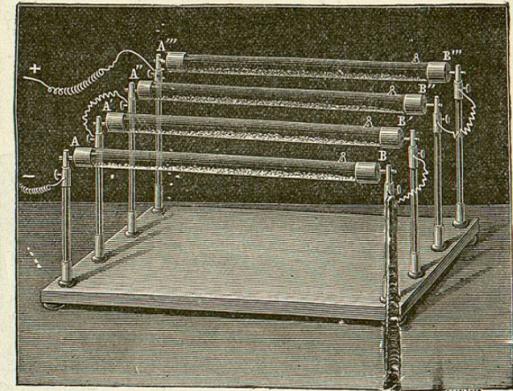


Fig. 127.—Experimentos de Becquerel sobre la fosforescencia producida por la luz eléctrica

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).

La fosforescencia se puede desarrollar también en un gran número de sustancias por medio de acciones mecánicas ó químicas. Una rueda de vidrio, frotada en el vacío con un tubo de la misma materia, despidió 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 emite un resplandor amarillo por frotamiento. ¿Quién no ha notado al partir

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: de aquí el nombre de *fósforo de Bolonia* dado al sulfuro de bario.

azúcar los fulgores que aparecen en el momento del choque? Obtiénense efectos análogos frotando con fuerza dos pedazos de cuarzo, de creta, de cloruro de cal ó desprendiendo hojuelas de mica. Hé aquí, segun 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 áci-

do 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 luégo enfriar la disolucion todo el tiempo posible á cuyo efecto se disminuye gradualmente la llama del gas que sirve para calentar la redoma, al colocar esta en la oscuridad la cristalización va acompañada de una viva luz

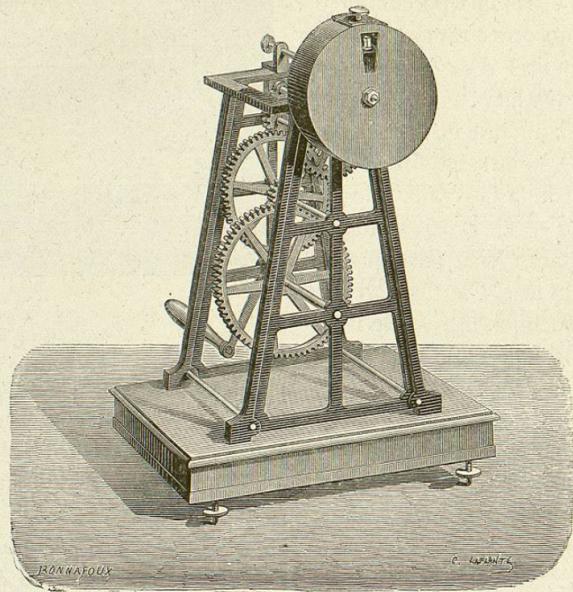


Fig. 128.—Fosforoscopia de E. Becquerel

y una chispa marca la formacion 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 miéntras hay cristales por depositar, y aún á veces la disolucion enfriada sigue siendo luminosa al día siguiente del experimento.» (*La Luz*, t. I.)

La accion del calor engendra tambien 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 accion 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 limon, 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 sustancias de origen orgánico ó mineral se vuelven fosforescentes si se las expone algun tiempo á la accion de un foco de luz fuerte, por ejemplo, al de los rayos del sol. La intensidad, la duracion y el color del fulgor producido por la insolacion depende de la naturaleza de las sustancias 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 tambien con su composicion, es decir, cambia segun 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 insolacion prolongada. Hallábase en Egipto enfrente de una serie de colinas que habian 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 algun tiempo un brillo, un resplandor que no podia atribuirse á ninguna reflexion luminosa. ¿No es probable que por efecto de la accion continua de una insolacion interna que habia durado largas horas, las rocas de que dichas colinas estaban formadas se hubiesen vuelto luminosas por fosforescencia? Edmundo Becquerel ha reconocido, segun más adelante veremos, que ciertos cuerpos sometidos á la accion solar conservaban vestigios de fosforescencia muchas horas despues de su exposicion á la luz, persistencia de que están mucho más dotadas las sustancias en que se ha desarrollado la fosforescencia con poca intensidad.

Tenemos pues toda una serie de fenómenos en los cuales la produccion de la luz no es el resultado de una combustion viva á elevada temperatura, ni el de una iluminacion rápida que desaparece tan luégo 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 oscuridad, 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 produccion 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 tambien que haya oxígeno. Un frio demasiado vivo la hace desaparecer lo propio que un calor algo fuerte. La produccion de la luz en el fós-

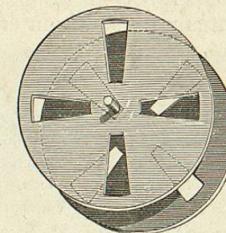


Fig. 129.—Discos del fosforoscopia

foro, la madera podrida y los peces muertos tienen sin duda por causa una accion química, una combustion lenta; y en efecto en el vacío toda fosforescencia cesa. Finalmente, de los hechos anteriormente expuestos resulta que la insolacion, la elevacion 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 porcion 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 varian segun 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