

Así pues, la velocidad de propagación es de  $367 \times 1.152,000$  metros ó sea unos 423,000 kilómetros por segundo.

La exacta posición de simetría de las dos bandas extremas, sea cualquiera el sentido de rotación del espejo, prueba también dos cosas: la primera, que la electricidad no se propaga en una sola dirección, sino en dos sentidos á la vez, y la segunda, que la velocidad de su propagación es independiente de la dirección de la corriente.

Ya hemos dicho que Wheatstone hizo sus experimentos en 1834; pero habiendo adquirido desde entonces un gran desarrollo la telegrafía eléctrica, se ha podido medir la velocidad del fluido utilizando los largos alambres aislados que enlazan las estaciones entre las cuales se transmiten los telegramas. En el cuadro siguiente resumimos las cifras obtenidas por varios físicos.

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LA ELECTRICIDAD

OBSERVADORES	KILÓMETROS RECORRIDOS EN UN SEGUNDO	NATURALEZA DEL CONDUCTOR Y OBSERVACIONES
Wheatstone. . . . .	423,000	Alambre de cobre Descarga de una botella de Leyden.
Fizeau y Gounelle. . . . .	100,000	— de hierro Telégrafo de París á Amiéns y Rouén.
Fizeau y Gounelle. . . . .	180,000	— de hierro — — — —
O'Mitchell. . . . .	45,600	— de hierro Telégrafo de Cincinatti á Pittsburg.
Wálker. . . . .	30,000	— de hierro Telégrafo de Filadelfia á Cambridge.
Observatorios de Greenwich y de Edimburgo. . . . .	12,200	— de cobre Telégrafo aéreo.
Observatorios de Greenwich y de Bruselas. . . . .	4,300	— de cobre Cable submarino.
Faraday. . . . .	1,200	— de cobre Hilo subterráneo.
Felici. . . . .	260,000	— de cobre Descarga de una botella de Leyden.
Gould. . . . .	25,600	— de hierro Telégrafo de San Luis á Washington.

Estas cifras presentan diferencias considerables que dependen de muchas causas. En primer lugar hay que tener en cuenta la diferencia de los métodos y los errores de las observaciones inherentes á ellos por decirlo así, pero que distan mucho de explicar las divergencias que resultan. A decir verdad, la velocidad de propagación de la electricidad no es susceptible, como la de la luz, de una sola definición, ó más bien, varía con las condiciones del experimento, la naturaleza del circuito conductor, la tensión eléctrica de la generatriz, etc. Faraday había sospechado, en vista de los experimentos de Wheatstone, que darían distintos resultados si se ponían los extremos de los hilos en comunicación inmediata con grandes superficies metálicas aisladas, que hicieran las veces de condensadores, previsión que se ha visto realizada en los hilos telegráficos subterráneos, así como en los cables submarinos cuya cubierta aisladora de gutapercha sumergida en el agua del mar forma con el alambre á modo de un condensador. De aquí resulta un aumento considerable en la capacidad eléctrica de los hilos y el correspondiente retraso en la velocidad de propagación de la corriente.

## CAPÍTULO XII

## LOS METEOROS ELÉCTRICOS

## I

## IDENTIDAD DEL RAYO Y DE LOS FENÓMENOS ELÉCTRICOS

Los fenómenos de electricidad que hasta ahora hemos tenido ocasión de describir son, casi sin excepción, fenómenos producidos por medios artificiales, y gracias á los procedimientos discurridos por los físicos se han podido hacer patentes á nuestra vista sus efectos tan variados y á veces tan poderosos. La mera observación ha sido casi nula en su descubrimiento, y la ciencia de la Electricidad, así como la del Magnetismo (que hoy día se refunde en la primera), es, en cuanto se refiere á los fenómenos en cuestión, una ciencia experimental, ó hablando con más exactitud, una ciencia de observación exclusivamente experimental. Ninguno de los hechos que la constituyen podía ofrecerse espontáneamente al estudio del docto, y esto explica sin duda por qué el Magnetismo y la Electricidad han sido las últimas ramas de la Física que se han constituido, y por qué han transcurrido largos siglos sin que el objeto mismo de estas ciencias se haya ofrecido de por sí á la curiosidad investigadora de los observadores. Las dos solas circunstancias de la atracción del hierro por el imán natural y de los cuerpos leves por el ámbar frotado han sido los modestos puntos de partida de cada una de dichas ciencias, que el genio de Ampère ha acabado por refundir en una sola.

Debemos sin embargo confesar que si lo que acabamos de decir fuese rigurosamente exacto, constituiría una singular excepción en la historia de las ciencias físicas y naturales. Pero no es así. En realidad, la Naturaleza ha venido indicando al hombre, desde el origen de los tiempos, de una manera ostensible y con fenómenos grandiosos, la materia de una ciencia nueva. Desde la antigüedad más remota eran ya conocidas y observadas las auroras polares, aunque relativamente raras en las zonas templadas, allí donde la civilización creciente había permitido al ser humano, filósofo ya y hombre de ciencia, especular sobre los fenómenos de que era testigo. El rayo, los relámpagos, el fragor del trueno y otros fenómenos semejantes no podían dejar de ser objeto de investigaciones científicas. Pero el rayo, lo propio que la aurora polar, siguió siendo un enigma hasta la época, no muy distante de la nuestra, en que las atracciones y repulsiones eléctricas se mostraron acompañadas de ciertos efectos luminosos, en los primeros y modestos experimentos de los Otto de Guericke, Wall y Gray, y en los que, merced á una feliz y arriesgada prueba de Benjamín Franklin, quedó demostrada la identidad del rayo y de la electricidad.

La memoria en que el ilustre físico americano compara los efectos del rayo con los de la electricidad, data del mes de noviembre de 1749; esto es, la había escrito dos años y medio antes de hacer sus experimentos sobre las nubes tempestuosas, y también antes que el físico francés Dalibard hiciera los suyos, puesto que unos y otros se efectuaron en mayo de 1752. Franklin reconoció en esta época el poder de las puntas; y

habiendo practicado dos ingeniosos experimentos en que entraba por mucho este poder y en los que descubrió una nueva analogía, concibió la idea de comprobar en las nubes tempestuosas la verdad de sus conjeturas. Habiendo colgado del techo de su cuarto y de unas hebras de seda un tubo de cartón dorado de 10 pies de largo y uno de diámetro, lo cargó de electricidad. Entonces acercó á un pie de distancia del tubo la punta de una aguja, y vió que el tubo se descargaba al punto; si, por el contrario, le acercaba un cuerpo redondo ó embotado, por ejemplo un punzón de hierro despuntado, tenía que acercarlo á tres pulgadas para que ocurriese la descarga, "que entonces, dice, resultaba con golpe y chasquido.", Suspendiendo del mismo modo grandes balanzas de cobre con los platillos sostenidos por cordones de seda, á un pie del suelo, electrizaraba uno de éstos. Como la torsión del hilo de suspensión hacía dar vueltas á la balanza, ponía el punzón debajo, en un punto de la circunferencia descrita. Cuando el platillo electrizado pasaba por cima del punzón, se bajaba más, llegaba á ponerse en contacto con él y se descargaba así. Pero si el punzón tenía en su extremo una aguja con la punta hacia arriba, el platillo pasaba por encima sin acercarse á ella, y la descarga ocurría sin ruido. "Ahora, dice Franklin, si el fuego de la electricidad y el del rayo son uno mismo, conforme he tratado de demostrarlo en otro escrito, ese tubo de cartón y esos platillos pueden representar las nubes electrizadas. Si un tubo de 10 pies solamente de largo descarga su fuego sobre el punzón á 2 ó 3 pulgadas de distancia, una nube electrizada, que tal vez tenga 10,000 acres de extensión, puede descargar su fuego sobre la tierra á distancia proporcionalmente mayor. El movimiento horizontal de los platillos sobre el suelo puede representar el movimiento de las nubes sobre la tierra, y el punzón levantado las montañas y los más altos edificios, y entonces vemos cómo al pasar las nubes electrizadas sobre éstos ó aquéllas á demasiada altura para descargar su fluido, pueden ser atraídas hacia abajo hasta la distancia necesaria para tal efecto; y por último, si se fija una aguja á un punzón con la punta hacia arriba, ó si se la clava en el pavimento debajo del punzón, atraerá el fuego del platillo, sin ruido, á mucha mayor distancia que la que se requiere para la descarga, y evitará así que baje hasta el punzón; ó si el platillo llegase en su marcha bastante cerca para descargarse, no podría hacerlo porque antes quedaría privado de su fuego, y el punzón estaría preservado del choque.",

Este análisis minucioso de los efectos que resultan del poder de las puntas y esta comparación de los experimentos hechos en pequeña escala con los meteoros que se observan durante las tempestades, no permanecieron estériles en la mente de Franklin, quien sacó de ellos una consecuencia práctica, la invención del pararrayos, discurriendo al propio tiempo un método de observación á propósito para demostrar la exactitud de sus miras teóricas. Y en efecto, prosigue de esta manera: "Admitida esta suposición, pregunto: conociéndose el poder de las puntas, ¿no podría ser provechoso semejante conocimiento para los hombres, puesto que preservaría á las casas, iglesias, buques, etc., de los efectos del rayo, induciéndonos á poner perpendicularmente en las partes más altas de los edificios barras de hierro puntiagudas y doradas para evitar el óxido, y llevando desde el pie de estas barras, por la parte exterior del edificio, un alambre de cobre que llegase á tierra, ó alrededor de la obencadura de un barco, ó por la borda hasta que penetrase en el agua? ¿No sería muy probable que dichas barras extrajesen sin ruido la electricidad de la nube, antes que ésta bajase lo suficiente para descargar sobre ellas? ¿No podríamos evitar por este medio muchos desastres repentinos y formidables? Para decidir esta cuestión, para saber si las nubes que contienen el rayo en su

seno están electrizadas ó no, se me ha ocurrido proponer un experimento que podría intentarse en un lugar á propósito. Este consiste en poner en la cúspide de una elevada torre ó campanario una garita bastante capaz para contener un hombre y un taburete eléctrico, y en medio del taburete una barra que doblándose pasara de la puerta, y desde aquí se elevara perpendicularmente á 20 ó 30 pies de altura, rematando en una punta muy aguda. Estando el taburete eléctrico limpio y seco, el hombre colocado en él podría electrizarse y dar chispas, cuando las nubes electrizadas pasaran á poca altura, puesto que la barra de hierro atraería hacia él el fuego de la nube.", (*Experimentos y observaciones hechos en Filadelfia*, 1749).

Así pues, Franklin fué el primer instigador de los experimentos que demostraron la identidad del rayo con la electricidad, pero no fué el primero en realizarlos, honor que corresponde al físico francés Dalibard. Este había hecho plantar en un jardín de Marly muchas barras de hierro aisladas y terminadas en punta: cuando pasó sobre ellas una nube tempestuosa, pudo sacar chispas del pie de una de dichas barras que tenía 14 metros de altura, cargar botellas de Leyden, etc., resonando un trueno al mismo tiempo. El citado físico efectuó este experimento decisivo el 10 de mayo de 1752. Un mes después, Franklin hizo en América, acompañado de su hijo, el famoso experimento de la cometa, que Romas repitió al año siguiente. Gay-Lussac refiere en su *Instrucción de los pararrayos* las circunstancias detalladas de las observaciones de este último físico, que no dejan de ofrecer interés, por lo cual las reproducimos aquí.

"La cometa tenía  $7\frac{1}{2}$  pies de largo por tres de ancho. La cuerda era un bramante de cáñamo entrelazado con un alambre de hierro, y á fin de que el observador pudiese hacer cuantos experimentos se le ocurriesen sin riesgo de su persona, Romas ató al extremo del bramante un cordón de seda bien seco.

"A la una de la tarde del 7 de junio de 1753, remontó esta cometa á 550 pies de altura con un cordel de 780 pies de longitud que formaba con el horizonte un ángulo de  $45^\circ$ , y sacó de su conductor chispas de 3 pulgadas de largo y 3 líneas de grueso, cuyo chasquido resonó á 200 pasos de distancia. Al sacar estas chispas, sintió como si le tocara el rostro una telaraña, aunque se hallaba á más de 3 pies de la cuerda de la cometa, por lo cual creyó que era peligroso estar tan cerca, y dijo á todos los circunstantes que se apartasen, retirándose él mismo unos 2 pies.

"Creyéndose entonces más seguro y no viendo á nadie junto á sí, fijó su atención en lo que pasaba en las nubes que estaban inmediatamente encima de la cometa, pero no observó en ellas ni en otra parte relámpago alguno, ni siquiera el menor indicio de trueno, ni tampoco llovía. El viento, que soplaba con bastante fuerza del Oeste, remontó la cometa lo menos 100 pies más.

"Fijando en seguida la vista en el tubo de hojalata atado á la cuerda de la cometa, y á unos 3 pies del suelo, vió que se levantaban tres pajas, una de cerca de 1 pie, otra de 4 á 5 pulgadas y la tercera de 3 á 4, poniéndose derechas y formando una danza circular bajo el tubo susodicho y sin tocarse una á otra. Este espectáculo, que divirtió en gran manera á muchos de los circunstantes, duró casi un cuarto de hora, y habiendo llovido en seguida un poco, volvió á sentir la impresión de la telaraña en su rostro, y al mismo tiempo un ruido continuo como el que produce un pequeño fuelle de fragua.

"Esto fué un nuevo aviso del aumento de la electricidad, por lo cual, desde el momento en que Romas vió saltar las pajas, no se atrevió á sacar más chispas, aun tomando toda clase de precauciones, y volvió á rogar á los espectadores que se retirasen todavía más.

„Inmediatamente después siguió el desenlace, que hizo temblar á Romas, según confesión propia. El tubo de hojalata atrajo á la paja más larga, y en seguida resonaron tres explosiones cuyo ruido se pareció al del trueno. Varios de los presentes lo compararon al estallido de los cohetes, y otros al ruido que haría una tinaja rompiéndose contra el empedrado. Lo cierto fué que se le oyó en la ciudad, á pesar de los varios ruidos que en ella se hacían.

„El fuego que se vió en el momento de la explosión tenía la forma de un haz de 8 pulgadas de largo y 5 líneas de diámetro; pero lo más sorprendente y divertido fué que la paja que había ocasionado la explosión corrióse por la cuerda de la cometa. Algunas personas la vieron á 45 ó 50 brazas de distancia, atraída y repelida alternativamente, con la particularidad de que cada vez que la atraía la cuerda se veían chispas y se oían estallidos, si bien no eran tan estrepitosos como cuando la primera explosión.

„Hay que notar que desde el momento de ésta hasta el final de los experimentos no se vió relámpago alguno y apenas se oyó tronar. Percibióse un olor de azufre muy parecido al de los efluvios eléctricos luminosos que salen de la punta de una barra de metal electrizada. Alrededor de la cuerda apareció un cilindro luminoso de 3 á 4 pulgadas de diámetro, y como era de día, Romas no dudó que, si hubiera sido de noche, aquella atmósfera eléctrica hubiera parecido de 4 á 5 pies de diámetro. Por último, después de terminados los experimentos, se descubrió un hoyo en el suelo, precisamente bajo el tubo de hojalata, de bastante profundidad y de media pulgada de anchura, hecho probablemente por las grandes chispas que acompañaron á las explosiones.

„Estos notables experimentos acabaron con la caída de la cometa, por haber saltado de pronto el viento al Este y sobrevenido una copiosa lluvia mezclada con granizo. Cuando la cometa cayó, la cuerda se enganchó en un cobertizo, y al querer desprenderla el que la sujetaba, sintió de pronto tal sacudida en las manos y tal conmoción en todo su cuerpo, que hubo de soltarla, y al caer á los pies de otras personas, les produjo también una sacudida, aunque más soportable.

„La cantidad de materia eléctrica que la misma cometa sacó en otra ocasión de las nubes es verdaderamente asombrosa. El 28 de agosto de 1756 salieron corrientes de fuego de una pulgada de espesor y diez pies de longitud. Esta llama sorprendente, que tal vez hubiera producido efectos más perniciosos que ninguno de cuantos menciona la historia, fué conducida con seguridad por la cuerda de la cometa á un conductor situado muy cerca de ella, siendo su explosión como la de un pistoletazo.

Muchos físicos de Francia, Inglaterra, Italia y Rusia hicieron experimentos análogos, y no sin peligro, como lo demostró la muerte de Richmann en San Petersburgo. Este físico había puesto en el tejado de su laboratorio una barra de hierro vertical aislada, y puesta en comunicación, por una cadena aislada también, con una varilla metálica empotrada en el techo y rematada en una bola. Habiéndose acercado demasiado á ésta, Richmann recibió una descarga eléctrica en la cabeza y murió instantáneamente.

¿Qué resultaba de estos múltiples experimentos? Que las conjeturas de Gray y Wall, que las afirmaciones tan precisas de Franklin eran justas y legítimas, en una palabra, que las nubes tempestuosas están cargadas de considerables cantidades de electricidad, y que el relámpago y el trueno son, en escala inmensamente mayor, los mismos fenómenos que los físicos producen en sus laboratorios cuando efectúan la descarga de los aparatos electrizados. Una rápida reseña de los principales efectos del rayo y de los fenómenos que ocurren en las tempestades completará esta demostración importante.

## II

RELÁMPAGOS Y TRUENOS. — FORMAS, COLORES, DURACIÓN Y LONGITUD DE LOS RELÁMPAGOS

El *relámpago* es la chispa que estalla entre dos nubes ó entre una nube y la tierra. Tras un espacio de tiempo que depende de la distancia á que el observador se halla de la región de la atmósfera en que ocurre la descarga, se oye el ruido del trueno, unas veces estruendoso como el de una detonación brusca, y otras con fragor más ó menos sordo y prolongado. Las nubes tempestuosas se componen á menudo de masas aglomeradas y superpuestas que, además de tener un movimiento de traslación en la direc-

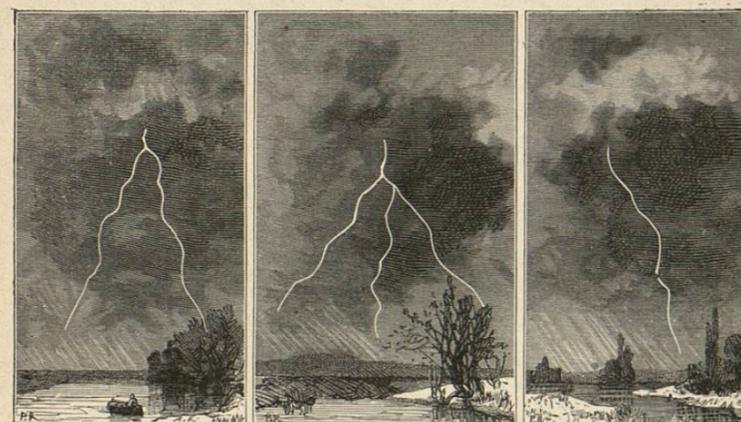


Fig. 278.—Relámpagos sencillos ó ramificados

ción del viento reinante, están animadas de movimientos intestinos, se reúnen ó bien se dividen y desgarran, como si entre sus diversos fragmentos hubiese atracciones y repulsiones. Fácil es explicar estos últimos fenómenos, si se admite que las masas nebulosas están cargadas, unas de electricidad positiva y otras de electricidad negativa. Cuando dos nubes superpuestas están cargadas de electricidades contrarias se atraen, se acercan, y tan luego como la distancia es bastante pequeña, sobreviene una descarga y brota el relámpago. Por lo común, esta descarga es sólo parcial, lo cual explica la imperfecta conductibilidad de las masas vaporosas que constituyen la nube, y á la primera chispa sucede una serie de relámpagos, cada uno de ellos seguido de una detonación. Por otra parte, es probable que las mismas causas que han desarrollado la electricidad en la nube tempestuosa persistan después de las primeras descargas y produzcan un nuevo fluido que prolongue la duración del fenómeno.

La forma de los relámpagos es muy variable; por lo regular es la de una línea sinuosa, pero á veces también es una serie de líneas angulosas, parecidas á las chispas de las máquinas eléctricas; es sin embargo posible que entonces su verdadera forma sea espiroidal y que los ángulos aparentes procedan de que los contornos de la hélice luminosa se vean en perspectiva oblicua.

Es raro que un mismo relámpago se divida en dos brazos, y á veces en tres ó cuatro. Estos relámpagos *bifurcados*, *trifurcados*, *ramificados* tienen su punto de partida

en la nube; la línea, única al principio, se divide en dos ó muchas ramas al llegar cerca de tierra. Arago menciona varios ejemplos de ello, y Kæmtz dice "que, durante las fuertes tormentas, del relámpago principal se desprenden ramas laterales ó parece ramificado en su origen." Yo mismo he visto y copiado en una sola tormenta muchos relámpagos bifurcados y uno de cuatro brazos marcadamente separados.

Si los relámpagos múltiples son raros en Europa, no sucede lo propio en el Brasil. Liais hace en su *Espacio celeste* el relato de una tempestad que observó en Río Janeiro el 30 de enero de 1859. "A las siete, dice, empezó á relampaguear por el Este, y á las siete y diez minutos había estallado la tempestad con toda su fuerza. En aquel momento veíanse continuamente, con intervalos de uno á dos segundos, relámpagos tortuosos, de los cuales se bifurcaba más de la tercera parte.... Además de los relámpagos bifurcados y de los de tres ó cuatro ramas, que eran también *muy frecuentes*, apenas transcurría un minuto sin que se viera lo que podría llamarse relámpagos arborescentes. Eran unos relámpagos que se dividían en muchos brazos principales, los cuales se subdividían á su vez en una multitud de ramitas. Uno de ellos, en el que me fijé más particularmente y que parecía propagarse al descender, se dividió primero en tres partes, que se subdividieron en seguida hasta formar quince entre todas.

„He observado también relámpagos de mucho mayor número de brazos, y tan numerosos que la totalidad de los detalles no podía grabarse en la imaginación. El más notable de éstos era radiante y no arborescente, es decir, que se propagó en todas direcciones á la vez, partiendo de un centro, del cual salieron seis brazos, subdividiéndose en una porción de brazos secundarios.”

El color de los relámpagos es blanco deslumbrador; sin embargo, con frecuencia presentan una tinta lívida, ó purpúrea y más rara vez verdosa. El color morado es el de la chispa en los gases enrarecidos, y Kæmtz ha observado que era también el de los relámpagos muy altos y que brotaban en las regiones en que el aire es menos denso.

Arago, en su *Tratado del Rayo*, divide los relámpagos en tres clases: la primera comprende los de que acabamos de hablar y que se designan en Italia con el nombre de *saette*. "Según una opinión muy difundida, dice, así entre los físicos como en la masa del público, estos serán principal si no exclusivamente las *saette*, los relámpagos *reducidos*, en forma de *surco*, en *siszás*, que llevan consigo el incendio y la destrucción, relámpagos que deben constituir el *rayo* propiamente dicho." En la segunda clase comprende los relámpagos cuya luz, "en vez de concentrarse en trazos sinuosos, casi sin anchura aparente, abarca, por el contrario, inmensas superficies, y no tiene la blancura ni la vivacidad de la de los relámpagos fulminantes. Su color es con frecuencia *encarnado muy intenso*, aunque de vez en cuando lo tienen *azul ó morado*." Es probable que muchos relámpagos de esta segunda clase no sean tales sino en la apariencia y que pertenezcan en realidad á la primera; basta que el rastro luminoso brote detrás de espesas masas de nubes que lo velen á la vista del observador, en cuyo caso sólo aparecen iluminados los contornos de estas nubes. Los verdaderos relámpagos de segunda clase tienen sin duda por origen ciertas descargas parciales que estallan entre las partes interiores de una misma nube; se los compara con los fulgores que se notan en una placa de vidrio humedecida cuando se hace uso de ella para descargar una máquina eléctrica. La tercera clase de relámpagos comprende los en forma de *bola*, designados también con el nombre de *rayo globular*; esta forma particular de la luz eléctrica en las tempestades es más rara que las otras dos, de las cuales se distingue

también por la lentitud de su movimiento ó por su duración que excede con mucho de la de los relámpagos ordinarios. El caso siguiente, que tomamos de Peltier, dará una idea de la singularidad del fenómeno del rayo globular.

„Durante una violenta tempestad que estalló el 28 de agosto de 1839, cayó un rayo en el patio de la oficina central de arbitrios municipales de París, que estaba aún sin concluir. Aquel rayo tenía la forma de un grueso globo de fuego, y dejaba tras sí un rastro de vapor; al llegar al suelo, recién removido, abrió en él un hoyo de 18 centímetros de diámetro: agitóse en él violentamente girando sobre sí mismo, levantó la tierra, rebotó para volver á caer tres metros más allá, abriendo un nuevo hoyo y agi-

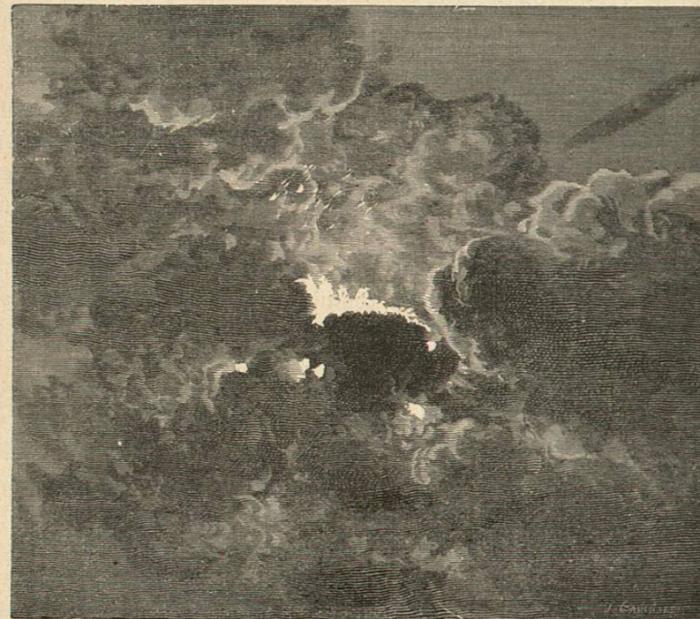


Fig. 279.—Relámpago difuso

tándose como antes. En seguida saltó á la pared de cerca, por cuyo borde se corrió en una longitud de 30 metros, y al llegar á la esquina, enfrente del hospital de San Luis, aquel globo, muy reducido ya, se lanzó á la calle mojada de lluvia, arrastróse por el empedrado serpeando, atravesó la puerta cochera del hospital y desapareció en medio del patio, enfrente de la iglesia. Conforme iba pasando tiempo, su masa menguaba; cuando llegó en medio del patio del hospital de San Luis, no era más que una tira delgada, poco luminosa, que desapareció de pronto. En el momento de caer en el patio de la oficina de arbitrios municipales, todos los trabajadores y empleados que se habían guarecido en los cobertizos sintieron una fuerte conmoción eléctrica, así como un desagradable olor sulfuroso que el meteoro dejó tras sí.”

De unos veinte casos de rayo globular mencionados por Arago, cinco han ofrecido la particularidad de que el globo estallara con fuerte detonación al final de su carrera. El rayo que causó la muerte del físico Richmann tenía la forma de un globo de fuego.

Mucho tiempo había transcurrido sin que se pudiera dar con la explicación de esta tercera forma de relámpagos que se observa durante las tormentas. Las chispas sinuo-