

tomo, pág. 575) resulta que pueden aumentarse los efectos termo-eléctricos por la repetición alternativa de las barras de diferentes materias. Si se calientan una soldadura sí y otra no, y se enfrían las restantes, aumenta también el efecto.

De aquí se infiere que para formar circuitos complejos que puedan producir grandes efectos en la aguja imantada, es necesario servirse de elementos muy cortos. Por último, el efecto de un circuito complejo es mucho menor que la suma de los efectos aislados que pueden producir los mismos elementos empleados para formar los circuitos simples.

La potencia del aparato termo-eléctrico aumenta en la misma proporción que el número de elementos, y disminuye aunque en menor proporción con la longitud de los mismos.

228. Se puede, sin debilitar los efectos, interrumpir el circuito y reunir las barras con un alambre de diferente naturaleza, v. g. de cobre, aunque no sería lo mismo servirse de uno de platina: en fin, cuando el cuerpo que se interpone es una tira de papel empapado en una disolución de sosa, no se nota fenómeno alguno, digno de atención.

La corriente termo-eléctrica, según los experimentos de Becquerel y Botto, descompone los cuerpos del mismo modo que una pila de Volta no muy enérgica.

229. Cuming, en virtud de varios experimentos hechos al intento, ha entablado la tabla adjunta, en la que cada cuerpo es positivo con respecto á los que le siguen y negativo con relación á los que le preceden.

Bismuto.	Rodio.
Mercurio.	Laton.
Niquel.	Cobre.
Platino.	Oro.
Paladio.	Zinc.
Cabalto.	Carbon.
Manganeso.	Grafito.
Plata.	Hierro.
Estaño.	Arsénico.
Plomo.	Antimonio.

Sturgeon ha observado que la presencia de un metal extraño, modifica singularmente la energía de otro metal; así, el bismuto y el antimonio pierden casi toda su potencia termo-eléctrica cuando se combinan con un poco de plomo ó de estaño.

Se han hecho ya una porción de aplicaciones importantes del descubrimiento de Seebeck.

230. Cuando se calienta una de las soldaduras de un circuito, formado con un alambre de cobre y otro de hierro, la energía eléctrica entre 0 y 140° aumenta proporcionalmente á la elevación de temperatura. Desde 140° en adelante es mucho menor el efecto de temperatura y á 500° es casi insensible. Luego después es ya nulo el efecto, y concluye por cambiar de signo. (Becquerel, *Annales de Chimie et de Physique*, t. 55, pág. 125.)

M. Peltier sumerge una de las soldaduras, de un aparato semejante, en un parage profundo, v. g. un pozo, y el otro extremo le coloca en un cubo de agua, y de este modo determina la temperatura del primer sitio, pues no hay más que añadir agua al cubo, hasta que el alambre no ejerza acción alguna sobre el galvanómetro, en cuyo caso los dos extremos estarán á la misma temperatura, y conocida la exterior se sabrá también la del pozo. Becquerel y Bres-

chet (*Anales de Physique*, t. LIX) se han servido de una aguja doble, es decir, compuesta de otras dos sumamente finas, para medir la temperatura de los órganos del hombre y otros animales, introduciendo dicha aguja en el órgano cuya temperatura se desea conocer. Debe advertirse que el extremo exterior de cada aguja comunica con una de las estremidades de un alambre del multiplicador, instrumento que debe haber sido graduado con un buen termómetro de mercurio.

Nobili, (*Biblioth. univ. de Genève*, t. XLIV, pág. 255), ha inventado un aparato, que designa con el nombre de *termo-multiplicador*, compuesto de una caja cilíndrica que contiene una pila termo-eléctrica formada de bismuto y antimonio. En los extremos de la pila hay un apéndice de cobre que sirve para establecer la comunicación con el alambre del galvanómetro.

Las pinturas impares, 1, 3, 5, etc., están libres y las pinturas pares, 2, 4, 6, etc., cubiertas de betún; de manera que si se coloca el aparato debajo de una campana y con la máquina neumática se enrarece el aire, solamente las primeras estarán en contacto del aire frío, y el instrumento marchará con mas rapidez que el termómetro de Breguet. M. Nobili ennegrece las soldaduras libres para hacerlas mas á propósito por absorción del calor radiante, de cuyo modo ha podido cerciorarse de que las paredes de una habitación no tienen todas la misma temperatura, y se advierte aun mejor si al lado de las soldaduras libres se pone un reflector cónico.

M. Melloni ha introducido algunas mejoras en el instrumento, sobre todo con el objeto de hacer su marcha comparable, y su importancia es mucho mayor desde que ha caído en manos de tan habil físico, que la ha empleado en investigaciones sumamente ingeniosas sobre el calor radiante, de cuyos resultados hemos dado cuenta en el lugar oportuno.

Gaduacion. Una lámpara colocada en abertura de las soldaduras pares produce un cierto efecto, por ejemplo un desvío de 50° á la derecha; se cubren esas soldaduras y el galvanómetro vuelve de nuevo á 0. Aplicase otra lámpara á las soldaduras impares y el efecto es v. g. 49° á la izquierda; la diferencia es por consiguiente 1°. Se dejan en seguida enteramente libres los dos lados de la pila, para que las lámparas puedan ejercer su acción á la vez; el galvanómetro avanza 7° hácia la derecha. Es decir que 1° desde 49 á 50 vale 7° de 0 á 7. Aproximando ó separando las lámparas, se podrá formar una tabla que contendrá los valores de los diferentes grados de la escala del instrumento. Los diez primeros pueden considerarse como iguales. (*Annales de Chimie et de Physique*, año 1854.)

Fenómenos termo-electro-estáticos *.

251. Algunos minerales adquieren la virtud eléctrica á espensas del calor. La distribución de la electricidad, en un mineral electrizado de ese modo, tiene alguna semejanza con la distribución del magnetismo en los imanes. Indicaremos la turmalina, por ser la sustancia mas á propósito para probar el desarrollo de la electricidad por medio del calor.

Si se coje con unas pinzas un prisma de turmalina y se le espone al calor de una bujía, se descompone su electricidad natural, de tal modo que la positiva se coloca en un extremo del eje y en el otro la negativa. El efecto no aumenta en la misma proporción que la temperatura.

252. Si una turmalina, despues de haber adquirido los

* No deben confundirse estos fenómenos con los que acabamos de indicar.

polos se la deja enfriar, los pierde, y durante el enfriamiento adquiere un estado opuesto, es decir, el lado negativo se vuelve positivo y recíprocamente (Bergmann, Canton).

Es muy importante observar que no basta calentar una turmalina para que conserve su estado eléctrico, sino que es necesario variar la temperatura.

Así que, una piedra de ese género, calentada durante media hora á la temperatura del agua hirviendo, no se electriza (Canton, Priestley).

M. Becquerel ha observado que, si se pone una pila en comunicacion con los extremos de otra pila seca y se deja estacionaria la temperatura por algunos instantes, desaparece en el momento la polaridad eléctrica.

Pero en todos los casos, el mineral recobra su estado natural cuando adquiere de nuevo la temperatura primitiva.

Para reconocer los dos polos de una turmalina no hay mas que presentarle un pendulito sin electrizar, en cuyo caso es atraido por los dos extremos. El centro del mineral queda en estado natural, y por consiguiente no ejerce ninguna accion sobre el péndulo. Si de antemano se toma la precaucion de electrizar el péndulo, será atraido por uno y repelido por el otro extremo.

Los polos de nombre contrario de dos turmalinas electrizadas se atraen mutuamente, y los del mismo nombre se repelen.

El aparato que sirve para ese experimento se compone de un apoyo de cobre terminado por una punta de acero muy aguda y de una lámina del mismo metal de la forma que representa la Fig. 478. En el centro de la lámina hay una cavidad circular que sirve para colocar una chapa de agata. Una de las dos turmalinas se coloca sobre esa lámina; á cada uno de sus polos se presentan alternativamente los polos de otra turmalina, que se agarra con unas pin-

zas, de cuyo modo puede verificarse el enunciado de la proposicion.

Estos experimentos salen perfectamente, aun cuando el tiempo esté húmedo.

255. Si se rompe una turmalina electrizada, por pequeña que sea, tiene dos polos eléctricos del mismo modo que la turmalina entera (Canton). Este resultado es análogo al que presentan los imanes. (Véanse estos últimos.)

Cuando se calienta una turmalina por uno de sus extremos, no posee mas que una sola especie de electricidad en toda su longitud; este hecho, anunciado por los físicos antiguos, ha sido comprobado por M. Becquerel.

A medida que la otra parte se calienta, adquiere una electricidad opuesta á la que se manifiesta en la parte calentada directamente. (*Anales de Química y de Física*, t. XXXVII, p. 45.)

Nos hemos referido siempre á la turmalina, porque esta sustancia ha sido objeto de numerosos ensayos, y porque se presta á los experimentos mucho mejor que las otras sustancias piro-eléctricas¹.

254. Se habia creido que los cristales que tienen la propiedad de electrizarse por el calor, se apartaban de la ley de simetría que presentan ordinariamente las sustancias cristalizadas, y que las partes en que residen las dos especies de electricidad, aunque situadas semejantemente en las dos estremidades del cristal, difieren por su configuración.

¹ M. Becquerel (tomo citado, p. 556), ha observado que, cuando se calienta ó enfria repentinamente una turmalina, se obtiene mayor efecto que cuando el enfriamiento ó calefaccion son lentos, y que las turmalinas varían mucho con relacion á la mayor ó menor facilidad con que se electrizan. El mismo físico refiere un hecho muy curioso observado por M. Ajasson, á saber, que una turmalina que no manifiesta ningun signo de electricidad, aunque cambie de temperatura, adquiere los dos polos cuando se la rompe en dos pedazos.

Pero experimentos recientes demuestran que las sustancias cuya cristalización es regular se electrizan por medio del calor; y por consiguiente no existe ninguna correlación entre la forma y la virtud piro-eléctrica; tal vez llegue á descubrirse en lo sucesivo que todos los cuerpos son piro-eléctricos.

Lemery (Academia de ciencias, 1717) es el primero que ha hecho mención del desarrollo de la electricidad por el calor. Canton, Wilson, Priestley, Bergman, *Edinus* y Hauy han observado después el mismo fenómeno en diferentes minerales. M. Brewster ha aumentado la lista de los minerales eléctricos por el calor; también lo ha observado en gran número de productos artificiales, y que varias sustancias simples gozan de la misma propiedad. (*An. de Química y Física*, t. XXVIII.)

Las principales sustancias eléctricas por medio del calor, son:

La turmalina.	El azufre nativo.
El topazio.	El ácido tártrico.
El espato calizo.	El tartrato de potasa y de sosa.
El sulfato de barita.	El carbonato de potasa.
El diamante.	El sulfato de hierro.
El oropimente.	El azúcar.
El cuarzo del Delfinado.	El ácido cítrico.

De la electricidad desarrollada en los fenómenos químicos.

256. Atribúyense los primeros experimentos acerca del

Hace mucho tiempo que en las Indias Orientales, y sobre todo en la isla de Ceylan, se conoce la propiedad que tiene la turmalina de atraer las cenizas cuando se les echa en el fuego. (*Hist. de l'Électricité*, t. II, p. 459). Sin embargo, hasta el año de 1717, este asunto no ha llamado la atención de los sabios.

desarrollo de la electricidad en los fenómenos químicos á Lavoisier y Laplace. Observaron esos ilustres sabios, y con ellos Volta, que cuando el hierro ó el zinc se disuelven en el ácido sulfúrico y el carbon arde, se desprende electricidad para cargar un condensador y para que este á su vez produzca chispa. (*Journ. de Phys.*, año 1785.)

H. Davy ha hecho, en 1807, numerosos experimentos sobre la electricidad desarrollada en el contacto de dos cuerpos y en las acciones químicas, de los cuales resulta que ciertas combinaciones y sobre todo en aquellas en que hay gran desprendimiento de calor, se desarrolla la electricidad.

256. El descubrimiento del multiplicador de Schweigger, instrumentó con el cual pueden apreciarse las porciones más cortas de electricidad, y que daremos á conocer en lo sucesivo, ha prestado á Avogrado, OErstedt, Becquerel, etc., un gran auxilio para experimentos que de otro modo no hubieran podido concluir.

M. Avogrado ha observado, en Italia, que se puede establecer una corriente eléctrica en un solo metal con la acción sola de un ácido; para lo cual es preciso tener cuidado de no sumergir al mismo tiempo las dos estremidades del metal. El experimento sale perfectamente con el hierro ó el zinc, y el ácido sulfúrico ó cloro-hídrico diluido en agua (año 1821).

Becquerel, en Francia, y Nobili, en Italia, han estudiado cuidadosamente una porción de combinaciones químicas, en el momento mismo de su formación y en el día está bien probado que hay desarrollo de electricidad cuando un ácido se combina con un álcali.

Para hacer con comodidad esos experimentos, se toma un multiplicador cuyo alambre sea de platina, y en uno de los extremos se coloca una cucharita también de platina en la que se echa el ácido; en el otro extremo hay

unas pinzas del mismo metal para agarrar el cuerpo que debe combinarse con el ácido.

Si se hace la prueba con un ácido y un álcali, se establece en el alambre del multiplicador una corriente en la que la electricidad positiva pasa del ácido al álcali. Si se reemplaza este último con un metal, la corriente parte siempre del ácido. (Becquerel. *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXXV, p. 115; y tomos XXIII, XXIV, XXV, XXVI y XXVII, XXVIII.)

M. Pouillet acaba de desvanecer las dudas que quedaban acerca del desarrollo de la electricidad en la combustion del carbono, del gas hidrógeno, de las grasas, aceites, etc. En estos esperimentos, el oxígeno se carga de electricidad positiva, y el cuerpo combustible de electricidad negativa. Añade, que la descomposicion del ácido carbónico, efectuada por las partes verdes de los vegetales, va siempre acompañada de un desprendimiento de electricidad. Ese hecho nos parece una consecuencia de todo cuanto hasta el dia ha podido probarse, pero es difícil comprobarlo á causa de la corta intensidad del fenómeno.

Dos placas de metales diferentes, sumergidas en un ácido, dan una chispa al tiempo de aproximarlas. (Faraday, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXXV.)

257. M. Becquerel ha formado un gran número de compuestos que no hubieran podido producir ni la electricidad química por sí sola ni una electricidad enérgica, haciendo obrar electricidades muy débiles sobre mezclas convenientemente elegidas. De ese modo ha querido poner en contacto las moléculas una á una, y en ese caso los compuestos, aun aquellos que son insolubles, pueden tomar en esa formacion lenta las formas cristalinas con que se presentan en la naturaleza.

Becquerel ha empleado particularmente dos métodos:

Primero. Para obtener cristales de protoxido de cobre,

por ejemplo, se toma un tubo de vidrio cerrado por uno de sus extremos, y en su fundo se mete el protoxido de cobre, se llena el tubo de una disolucion de nitrato del mismo metal, y en seguida se mete una lámina de cobre que toque al protoxido y se cierra el tubo herméticamente. Al cabo de unos diez dias se advierte sobre la lámina de cobre unos cristalitos cúbicos octaédricos de un brillo metálico bastante intenso. He aquí como esplica M. Becquerel ese fenómeno: el nitrato á causa de la accion que sobre él ejerce el deutoxido se convierte en sub-nitrato; pero no pudiendo desalojar la parte superior de la corriente sino con mucha dificultad, resulta que la lámina de cobre queda sumergida á la vez en dos disoluciones de nitrato á diferentes grados de concentracion, circunstancia que por sí sola basta para determinar una corriente, pues que obrando mutuamente esas dos disoluciones, la una sobre la otra, producen un desprendimiento de electricidad, tal que la mas concentrada toma la electricidad positiva. La porcion de la lámina que no está en contacto con el deutoxido, es el polo negativo, y atrae, ó el cobre, ó sus oxidos, segun la energía de la corriente; no hay pues obstáculo alguno para que el protoxido se deposite, y como las acciones son sumamente lentas, las moléculas tienen tiempo de tomar las posiciones correspondientes á las leyes de la cristalización. Al fin del esperimento no queda en la disolucion mas que nitrato de amoniaco, lo que prueba que ha habido descomposicion de agua y de ácido nítrico.

Segundo método. M. Becquerel emplea varios aparatos: he aquí el que considera como mas general, aunque él se sirve ordinariamente de otros mas simples.

Tres bocales de vidrio AA'A'' (Fig. 179) colocados en hilera á corta distancia unos de otros, forman la parte principal del aparato que acabamos de anunciar: el primero está lleno de una disolucion de sulfato ó de nitrato de cobre; el segundo de una disolucion de la sustancia

con que se quiere operar; y el tercero de agua con un poco de sal para que conduzca con mas facilidad la electricidad. A comunica con A' por medio de un tubo curvo *abc* lleno de arcilla humedecida con una disolucion salina, cuya naturaleza depende del efecto que se quiere producir en A'; A' y A'' comunican entre sí por medio de una lámina de platina ó de oro *a'b'c'*; A y A'' estan reunidos por medio del par voltáico *cMz* compuesto de una lámina de cobre y otra de zinc. En fin, los tubos de seguridad *tt* y *t't'*, colocados en los bocales, sirven para indicar las presiones interiores. El extremo *c'* de la lámina de platina es el polo positivo de una pila, cuya accion es lenta pero continua; la intensidad de la corriente basta para descomponer el sulfato de cobre; el oxígeno va hácia *c'* y lo mismo el ácido sulfúrico, que pasando al tubo *abc* desaloja á los ácidos que tienen menos afinidad que él con las bases; todos los elementos desalojados pasan con el oxígeno al bocal A', en donde sus reacciones lentas producen varias alteraciones.

Con un aparato semejante al que acabamos de indicar ha obtenido M. Becquerel cristalizaciones de cloruros y yoduros dobles, sulfuros metálicos, sulfatos terrosos, carbonatos, etc.

Experimentos de este género, son muy necesarios para aclarar el modo ó manera con que han sido producidos los cristales de materias insolubles que con tanta abundancia encontramos en la superficie de la tierra (Véase *Annales de Chimie et de Physique*, t. 44 y 45.)

Tambien ha probado M. Becquerel que durante la ascension de un liquido en un cuerpo poroso, hay desarrollo de electricidad.

258. De todo lo que antecede, resulta que la electricidad debe descomponerse y recomponerse sin cesar en la superficie y en el interior del globo, por el contacto, la presion, el rosamiento, etc., de las sustancias heterogé-

neas, por las variaciones de temperatura, por los fenómenos químicos y en general por los cambios de posición de las moléculas de los cuerpos.

259. Leop. Nobili (*Annales de Chimie et de Physique*, t. 57, p. 280) ha llegado por medio de la corriente voltáica á fijar dibujos con colores muy vivos sobre las placas metálicas. El procedimiento de ese físico se reduce á colocar cada placa en una vasija llena de una disolucion salina, un ácido orgánico ó inorgánico, un ácido vegetal ó animal, á poner la placa en comunicacion con uno de los polos de la pila, y á poner perpendicularmente el extremo del alambre que comunica con el otro polo, á media linea de distancia del centro de la placa; el último alambre se termina en una punta de platina; el efecto se produce muchas veces en algunos segundos, aun cuando la pila no tenga mas que 12 elementos de á 4 pulgada cuadrada. Citaremos un experimento. La disolucion es una mezcla de nitrato de potasa y acetato de cobre; la placa es de plata; el centro de la placa conserva su brillo metálico; al rededor de ese punto se observa una serie de círculos concéntricos en el orden siguiente; dos de verde no muy intenso, uno blanco, otro rojo, uno verde y una zona de cobre de un hermoso rojo de fuego. Esta zona está rodeada de un círculo azul interrumpido por varias líneas en dirección de los radios, que dándole el aspecto de un círculo dividido llegan hasta la zona de cobre; mas allá aparece una segunda zona de cobre mas ancha que la primera, y con corta diferencia del mismo brillo, rodeada de un círculo verde que termina la figura. En el oro y en la platina tienen las mismas apariencias. Para el éxito del experimento, es muy conveniente que las láminas no estén muy pulimentadas.

M. Bouyol de Génova ha obtenido efectos análogos, unas veces con la pila y otras con la electricidad ordinaria ¹.

¹ Indicaremos solamente un nuevo descubrimiento que nos parece de

« El señor Elkington ha descubierto últimamente un nuevo método para dorar, platear, etc., los otros metales y recíprocamente, cubrir el oro, platina, plata, etc., con cobre, hierro, etc., es decir, revestir unos metales con otros, por medio de la pila. El método es sencillísimo; pues se reduce á disolver el metal que ha de servir para el revestimiento en los cianuros alcalinos, á sumergir en la vasija que contiene la disolucion los dos polos de una pila enérgica, suspendiendo de la otra el molde ó figura que se quiere revestir. En pocos instantes queda perfectamente cubierto el objeto, y se puede aumentar ó disminuir el tiempo de la inmersión segun el espesor que deba tener la capa de revestimiento. Con esas disoluciones (cianuros dobles de potasio y de oro, por ejemplo), no solo se recubren los otros metales sino objetos de diferentes sustancias. Pero como la descripción detallada de esos procedimientos no es objeto especial de un curso elemental de física, me limitaré por ahora á indicar la construcción de una pila muy conveniente para las operaciones de las artes¹.

« Con las pilas que ha descrito el autor pueden obtenerse sin la menor duda grandes efectos; pero no es esta la condición que en las artes se requiere, sino que es indispensable, además de la energía, que la corriente sea constante; así estos aparatos se llaman pilas de *corriente constante*. Se conocen varios aparatos de ese género, y entre otros es uno de los más perfectos el de M. Daniell.

« La condición *sine qua non* de las pilas á corriente constante es la separación de las dos láminas, que forman el par, por medio de una membrana y la diferencia entre

suma importancia antes de concluir este segundo tomo. — N. del T.

¹ En el tomo III de la tercera serie de los *Anales de Física y Química* (1841), p. 456, describe M. Becquerel una porción de aparatos del mismo género.

los líquidos en que se sumergen esas láminas. En general, todas las disposiciones son buenas, si se tiene tino en elegir para cada serie de experimentos la que sea más á propósito, segun la intensidad de la corriente, la cantidad de electricidad necesaria, y el tiempo que debe durar la corriente.

« En el Museo de historia natural de París hay una pila que además de ser muy enérgica funciona durante seis ó siete días (Fig. 480 y 481). Cada elemento se compone de una caja de cobre AB (Fig. 480), de 55 centímetros de anchura, 40 de altura y 5 de espesor. Los cajoncitos *ab*, *ab*, comunican con AB por medio de aberturas practicadas en las paredes de este último, y en ellos se meten pedacitos de sulfato de cobre que saturan continuamente la disolución de sulfato de cobre de AB á medida que la corriente eléctrica la descompone. El metal positivo es una placa de zinc amalgamado MN (Fig. 481) algo menor que la caja AB para que con toda libertad pueda entrar y salir en la caja; el zinc se sumerge en un saco de lona lo cual sirve para separar el zinc del cobre. El líquido correspondiente al zinc es una disolución de sal marina.

Con doce pares formados de este modo y reunidos en pila por medio de bastidores se obtienen efectos de descomposiciones químicas y de incandescencia, sumamente enérgicas. Páreceme que para el arte del dorado de los metales, por medio de la electricidad, como no hay necesidad de una gran fuerza voltáica, sería conveniente construir una pila de algunos elementos, de pares semejantes á los anteriores, aunque de menores dimensiones; v. g. un decímetro de altura y otro de ancho me parecen suficientes.