

barras de antimonio AAA, soldadas punta con punta con otras barras de bismuto BBB, de la misma longitud, forman ángulos de tal suerte (fig. 170) que todas las soldaduras pares se hallan á un mismo lado y las impares á otro. Enlazando ambas series con dos hilos que parten de las barras extremas, se tiene un circuito en el cual nacerá una corriente eléctrica tan pronto como haya alguna diferencia de temperatura entre las barras opuestas. Reúnese cierto número de elementos iguales, dándoles la forma de un

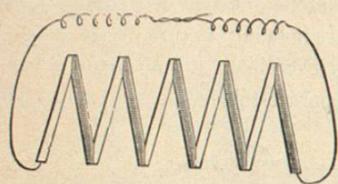


Fig. 170.—Elemento de la pila termo-eléctrica de Nobili

prisma rectangular (figura 171), cuyas dos caras opuestas contienen, una todas las soldaduras pares, y otra todas las impares de las barras. Dos bornas fijadas en las caras laterales del prisma, una de las cuales comunica con la primera barra de bismuto, y otra con la última de antimonio, llevan los reóforos de la pila.

Quando se quiere hacer uso de la pila de Nobili para los estudios de radiación calorífica, se unen los dos polos con un galvanómetro (figura 169) y se resguardan las caras de la pila de las variaciones irregulares de temperatura con cubiertas de latón de forma prismática provistas de opérculos que se cierran ó abren á beneplácito. Tan luego como un foco de radiación actúa en una cara de la pila, se engendra una corriente y se nota cierta desviación en la aguja del galvanómetro. La dirección de esta desviación depende de la cara que se ha calentado, y su amplitud marca la intensidad de la corriente, que, según hemos visto, puede servir para determinar la diferencia de temperatura de las caras del aparato. La pila termo-eléctrica constituida de este modo es un instrumento de gran

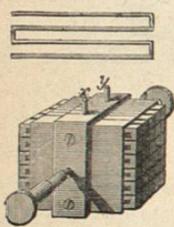


Fig. 171.—Disposición de las barras en el termo-multiplicador.

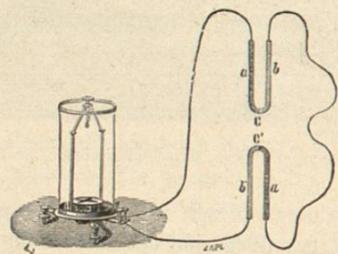


Fig. 172.—Pinza termo-eléctrica de Peltier

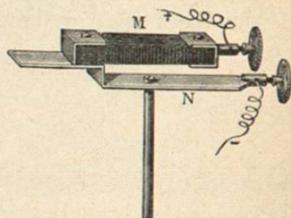


Fig. 173.—Par termo-eléctrico

sensibilidad; basta tocar con el dedo una de sus caras, ó echarle el aliento, para que la aguja imanada experimente una gran desviación.

En igualdad de circunstancias, la intensidad de la corriente está en razón del número de soldaduras, es decir, de los elementos de la pila, por cuya razón se da al aparato de Nobili el nombre de *termo-multiplicador*.

Peltier ha ideado un instrumento muy sencillo (fig. 172) y tan sensible que puede marcar las más leves variaciones de temperatura de una varilla, una placa metálica ó cualquier otro cuerpo. Consiste en dos pares ab , $a'b'$ de antimonio y de bismuto, que tienen sus soldaduras vueltas una hacia otra en CC' . Estos dos pares están enlazados, por una parte, por un hilo, y por otra comunican con un galvanómetro. Si se coloca el cuerpo que se ha de explorar entre las dos soldaduras, toda variación de temperatura, ya sea

de calor ó de frío, producirá una corriente cuya dirección é intensidad las marcará la desviación de la aguja imanada.

Para medir la temperatura de las regiones internas del cuerpo se usa una especie de sondas termo-eléctricas, formadas de finísimas agujas de acero y cobre soldadas punta con punta.

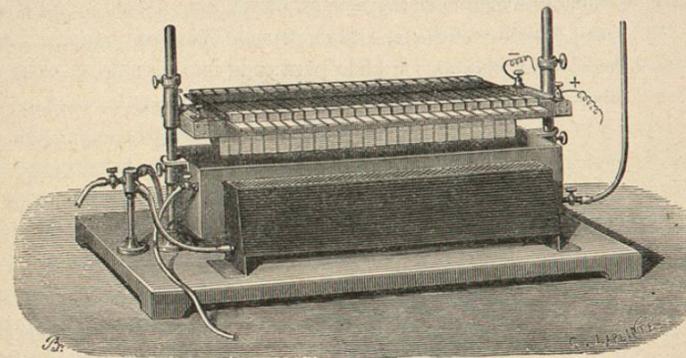


Fig. 174.—Pila termo-eléctrica de Becquerel

Las figuras 173 y 174 representan, la primera un par termo-eléctrico, y la segunda una pila formada de elementos iguales asociados, notable por su energía é inventada por M. Edmundo Becquerel. M es una barra de sulfuro de hierro artificial soldada á una placa de plata alemana N. Los elementos están reunidos en una armazón rectangular, y para elevar la temperatura de las soldaduras se emplea el gas. Una pila de 30 ó 40 elementos formada de este modo posee una fuerza electrolytica bastante grande para descomponer el agua, y aun puede servir para la telegrafía.

IV

CORRIENTES Y PILAS SECUNDARIAS

Hemos visto que una de las causas de debilidad de la corriente en las primeras pilas consistía en las corrientes secundarias que resultaban de los elementos de depósitos ácidos, alcalinos ó gaseosos formados en las planchas metálicas. Becquerel indicó el medio de neutralizar dichas corrientes, agregando á la pila otro líquido separado del primero por un tabique poroso, y escogiéndolo de modo que absorbiera el gas ó el elemento depositado en la plancha electro-negativa. De aquí tuvieron origen las pilas de corriente constante descritas en un artículo anterior.

Ritter descubrió en 1803 las corrientes secundarias. Habiendo sometido á la acción de una pila de columna otra pila formada únicamente de discos de cobre separados por rodajas húmedas, observó que esta nueva pila, aunque inactiva de por sí, daba á su vez una corriente eléctrica de dirección contraria á la corriente de la primera, bien es verdad que aquella era débil y de escasa duración. En 1826, de la Rive notó también una corriente secundaria inversa en las planchas de platino alrededor de las cuales se habían desprendido el oxígeno y el hidrógeno en el experimento de la descomposición del agua por la pila. El fenómeno recibió el nombre de *polarización de los electrodos* y la corriente el de *corriente de polarización*.

el problema que consiste en *acumular la cantidad* de electricidad producida por un generador voltaico (1), pero no pueden dar una tensión superior á la del mismo generador. Para conseguirlo, ha construído M. Planté aparatos en que se pueden asociar en tensión los pares secundarios. La figura 176 representa una batería secundaria de veinte pares puestos en dos filas en un armazón que lleva en su parte superior una pieza CC' con la cual se pueden asociar los elementos en cantidad ó en tensión. Diremos cuál es el motivo de la adopción de este *conmutador*.

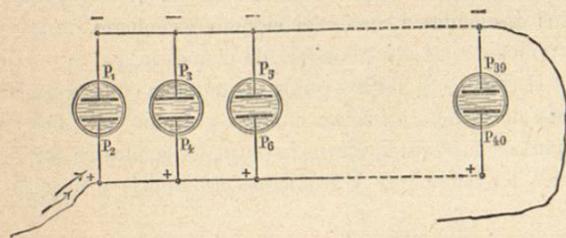


Fig. 177.—Asociación de los pares secundarios en cantidad

Cuando se quiere cargar la batería, los elementos deben estar combinados ó asociados en cantidad, de modo que la corriente de la pila de Bunsen (que suponemos siempre formada de dos elementos) no encuentre más resistencia que la fuerza electromotriz inerte de un solo elemento, cuya superficie se hace veinte veces mayor. La figura teórica 177, en que cada par está representado por dos planchas $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$, etc., indica este primer modo de asociación; todas las planchas de la fila impar P_1, P_3, \dots comunican entre sí y adquieren una carga negativa, y del mismo modo todas las de la fila par la adquieren positiva.

De esta suerte, la corriente de la pila primaria, que quedaría detenida por la interposición de veinte pares secundarios puestos unos tras otros ó en *tensión* (como se ve en la figura teórica 178), puede atravesar el sistema, y la batería se carga. Una vez cargada, se da vuelta al conmutador; entonces, por el contrario, la comunicación con la pila primaria queda interceptada, los veinte pares secundarios resultan combinados en tensión, y como, según hemos visto más arriba, la fuerza electromotriz de cada uno de ellos viene á ser vez

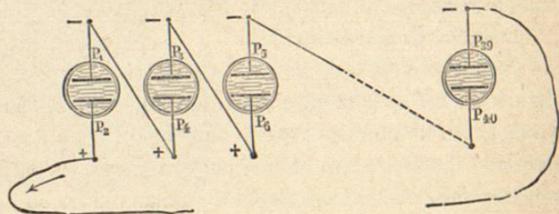


Fig. 178.—Asociación de los pares secundarios en tensión

y media la de un elemento Bunsen, resultan para la descarga efectos iguales á los que se obtendrían con una pila Bunsen de treinta elementos.

Digamos ahora una palabra acerca de la disposición del conmutador que hace posible esta doble operación. Consiste en una regla de madera guarnecida en sus bordes de tiras de cobre y atravesada por piezas metálicas. Cuando se la da vuelta con el botón B (fig. 176) de modo que la regla vista de canto tenga la posición de la figura 179, cada banda longitudinal gg' toca á la vez, la primera los muelles que como r comunican con las planchas pares de los elementos, y la segunda los muelles r' que están empalmados con las planchas pares; todos los elementos están asociados en superficie. Volviendo la regla hasta que forme ángulo recto con su primera posición, las piezas metálicas hh' (fig. 180) tocarán dichos muelles dos á dos, de suerte que los pares quedarán

(1) La pérdida no excede de $\frac{1}{10}$.

asociados en tensión. En la figura 176, el conmutador ocupa la primera posición, la que debe tener durante la carga de la batería.

Más adelante describiremos algunos de los notables experimentos que el inventor de los pares y de las baterías secundarias ha hecho con sus poderosos aparatos. En el ínterin, terminaremos esta reseña tomando de M. Planté una comparación que, según creemos, hará comprender la importancia del uso que ha sabido hacer de unas corrientes cuyos efectos sólo se les había ocurrido neutralizar á los físicos. "Los pares secundarios, dice, funcionan como aparatos acumuladores ó transformadores del trabajo de la pila voltaica, al modo de esas máquinas tan usadas en mecánica, y que, sin ser motoras por sí mismas, sirven para acumular ó transformar las fuerzas. Se puede comparar con exactitud un par secundario aislado, de mayor ó menor superficie, con una simple palanca de variable longitud; el sistema más complejo de la batería, compuesto de cierto número de pares secundarios que se puede descargar como se quiera en *cantidad* ó en *tensión*, es enteramente análogo á la máquina conocida en mecánica con el nombre de *motón*. Es sabido que en esta máquina una masa pesada, levantada poco á poco á gran altura, mediante una serie de esfuerzos sucesivos, queda en seguida abandonada á sí misma, y efectúa con su caída y en forma de un solo y considerable esfuerzo la mayor parte del trabajo invertido durante cierto tiempo. En la batería secundaria, la suma de las acciones químicas producidas por un débil generador de electricidad distribuída en un gran número de pares secundarios desarrolla una suma de fuerzas electromotrices que, reunidas al cerrarse el circuito, equivalen, en forma de corriente muy intensa de corta duración, á la suma de las acciones acumuladas mientras ha durado la carga de la batería. Los efectos de *cantidad* corresponden á la caída de una masa muy pesada levantada á poca altura; los de *tensión*, á la caída de una masa menos pesada elevada á gran altura.,

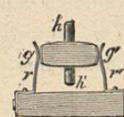


Fig. 179.—Posición del conmutador para la asociación de los pares en cantidad.

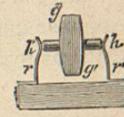


Fig. 180.—Posición del conmutador para la asociación de los pares en tensión

V

MÁQUINA REOSTÁTICA PLANTÉ

Conforme acabamos de ver, los pares y las baterías secundarias de M. Planté tienen por objeto la acumulación y la transformación del trabajo de la pila voltaica, pudiéndose obtener con ellos á beneplácito efectos temporales de *cantidad* ó de *tensión* muy superiores á los de la pila empleada. El mismo físico ha ideado una nueva máquina á la que ha dado el nombre de *máquina reostática*, cuyo objeto es muy diferente, pues que consiste en "convertir una cantidad dada de fuerza eléctrica, pronta á desarrollar una corriente dinámica, en otra cantidad correspondiente de efectos eléctricos en forma estática., Habiendo observado muchas veces que con baterías secundarias de 600 á 800 elementos se podía cargar rápidamente un condensador de placa aisladora bastante delgada de vidrio, mica, gutapercha, parafina, etc., reunió cierto número de condensadores de mica cubierta de estaño, los puso como los pares de sus baterías secundarias, y resultó así la máquina de que acabamos de hablar.

La figura 181 representa una máquina reostática de 80 condensadores, construida con arreglo á los datos que quedan indicados. Los condensadores consisten en láminas de mica, de 18×14 centímetros, recubiertas de hojas de estaño y separadas por placas de caucho endurecido que, aislándolas, les dan bastante rigidez para que se mantengan siempre unas junto á otras en posición vertical. Al extremo de cada armadura van empalmados hilos de cobre muy finos recubiertos de gutapercha. El conmutador es un cilindro de ebonita de 1 metro de largo por 15 centímetros de diámetro, provisto de placas metálicas longitudinales y de piezas metálicas como las de las baterías secundarias, con las cuales se puede también reunir los condensadores en superficie ó en tensión, como se quiera. Cuando el conmutador está colocado de modo que sus dos bandas metálicas tocan con los muelles que comunican con las armaduras pares por un

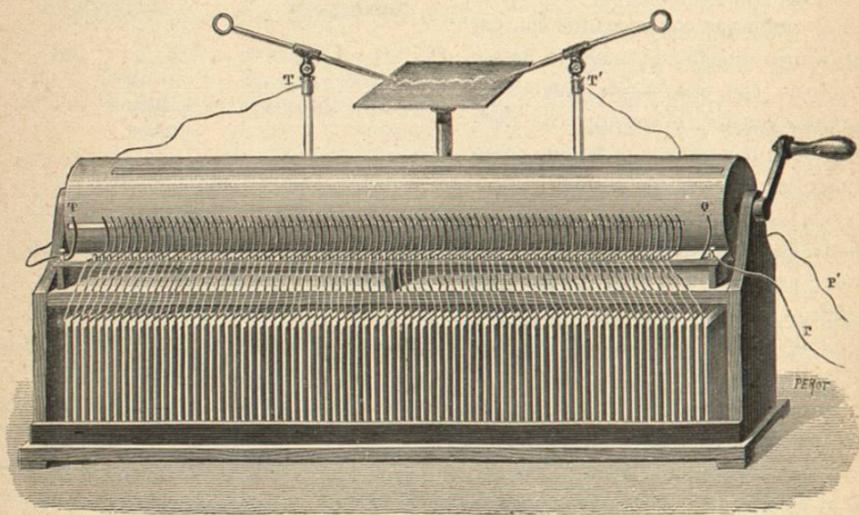


Fig. 181.—Gran máquina reostática de Planté

lado y con las impares por otro, todos los condensadores no forman más que uno solo de gran superficie, que se carga haciendo que las bornas PP' comuniquen con los polos de la batería. Si, por el contrario, el cilindro está vuelto como lo indica la figura, los condensadores están reunidos en tensión. Los brazos T y T' del excitador comunican con las armaduras de los dos últimos condensadores, y mientras tanto la batería ó pila que ha cargado la máquina queda fuera de circuito.

“Cuando se da vueltas al conmutador, dice M. Planté, brotan chispas en todos los puntos en que las bandas metálicas tropiezan con los muelles que van á dar á los condensadores para cargarlos en superficie, y transforman el cilindro en un tubo chispeante. También aparece otra línea de chispas cuando todos los condensadores están reunidos en tensión y resulta la descarga entre los brazos del excitador.

„Si se interpone en el circuito de la batería secundaria una columna de agua destilada, ésta parece continuamente descompuesta mientras la máquina funciona. En realidad, no ocurre esta descomposición sino en el momento en que brotan las chispas de carga; porque, durante la descarga, el tubo con el agua se halla enteramente fuera de circuito, lo mismo que la batería secundaria.

„La cantidad limitada de electricidad dinámica almacenada en la batería secundaria

se va gastando poco á poco durante la carga misma de los condensadores; pero este consumo es muy lento, y cada carga de aquéllos, y por consiguiente cada descarga, corresponde á una cantidad reducidísima de acción electro-química consumida en la batería..

Aumentando el número de condensadores y disminuyendo el espesor de las placas aisladoras ha conseguido M. Planté hacer funcionar sus máquinas reostáticas y que produjeran todos los efectos de las demás máquinas eléctricas y carretes de inducción, sin emplear baterías de más de 100 pares secundarios, y aun de 30 á 40. Ya tendremos ocasión de describir algunos de estos efectos.

CAPITULO VIII

EL ELECTRO-MAGNETISMO

I

ACCIÓN DE LAS CORRIENTES SOBRE LA AGUJA IMANADA

Veinte años después del descubrimiento de la pila por Volta, Ørsted, físico danés, profesor en la universidad de Copenhague, descubrió un hecho nuevo de importancia capital, cual es el de que la corriente eléctrica actúa sobre la aguja imanada. Mucho tiempo hacía que se sospechaba que hubiese cierta relación entre los fenómenos magnéticos y los eléctricos; habíanse notado las perturbaciones experimentadas por la brújula en los barcos en que caía un rayo ó en cuyos palos aparecía el fenómeno eléctrico conocido con el nombre de fuego de San Telmo, y se sabía que las descargas de las baterías influían en las agujas imanadas colocadas cerca de los aparatos. Pero todos estos casos sólo daban ideas vagas sobre la correlación de que se trata.

En 1820, en el mismo año en que Ørsted hizo su descubrimiento, Ampère estudió y formuló las leyes de esta acción, demostrando además que las corrientes mismas actúan sobre las corrientes. Por último, Arago descubrió la imanación del hierro dulce y del acero por la corriente de la pila. Los experimentos de estos tres sabios fueron otros tantos puntos de partida para un gran número de experimentos nuevos, que cambiaron poco á poco la faz de esta parte de la ciencia, demostrando que el magnetismo y la electricidad son manifestaciones distintas de una misma causa. Más adelante veremos que los mismos descubrimientos que han revelado la verdadera naturaleza del magnetismo y contribuido á que la teoría hiciese tantos progresos, han sido fecundísimos en aplicaciones ingeniosas y útiles.

Volvamos al experimento de Ørsted.

Supongamos una aguja imanada suspendida sobre un eje vertical, y móvil en un plano horizontal. Sabemos que en este caso se coloca por sí misma en dirección del

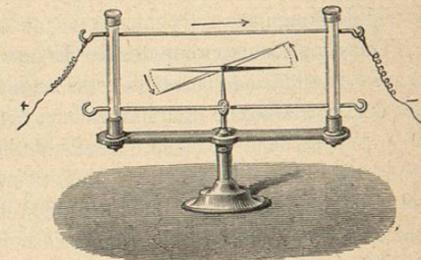


Fig. 182.—Acción de una corriente eléctrica sobre la aguja imanada