

Louvois y de la plaza de la Concordia, las puertas exteriores de la Opera, muchos ornamentos metálicos de arquitectura, han sido cobreados por este procedimiento, que sustituye objetos hermosos y duraderos á los antiguos modelos de fundición que la pintura no preservaba del orín y de la destrucción. La industria electrometalúrgica, por los servicios de toda clase que puede prestar á las demás industrias, está indudablemente llamada á un gran porvenir.

V.

APLICACIÓN DE LAS CORRIENTES ELECTROLÍTICAS Á LA RECTIFICACIÓN DE ALCOHOLES
Y Á LA METALURGIA

Una industria importante, la de la fabricación de alcoholes, parece que debe utilizar las propiedades electrolíticas de las corrientes electrolíticas para una de las operaciones que más dejan que desear, la de la rectificación de alcoholes de mal gusto. Según L. Naudín, estos alcoholes deben su mal olor y su sabor detestable á los compuestos que se forman durante la destilación y la fermentación, principalmente á aldehidos que no son otra cosa, como su denominación lo indica, que alcoholes incompletos, alcoholes deshidrogenados. Los procedimientos usados para transformar los aguardientes de mal gusto en alcoholes de buen gusto, es decir, en alcoholes que no tengan olores ni sabores extraños, son de varias clases: la rectificación y la concentración, el empleo de disolventes y absorbentes, y en fin el de los reactivos químicos. Naudín ha discurrido tratar las flemas por las corrientes eléctricas; la descomposición del agua que contienen suministra hidrógeno que se fija en los aldehidos, y éstos se transforman en alcoholes. El procedimiento empleado consiste en hacer pasar las flemas en contacto con una especie de pila formada de recortaduras ó placas de zinc, en cuya superficie se ha obtenido un precipitado químico de cobre en una solución acuosa de sulfato de cobre. Una corriente de agua caliente que circula por un serpentín mantiene en la cuba que contiene las flemas una temperatura conveniente, de unos 25 grados.

Esta operación, suficiente para los alcoholes procedentes de la destilación del maíz, no lo es ya para las flemas de aguardiente de remolacha. En este caso, Naudín hace pasar las flemas tratadas por el procedimiento que acabamos de describir sucintamente, por un electrolitor puesto en acción por una máquina magneto-eléctrica. Gracias á estos nuevos procedimientos el rendimiento en alcohol de buen gusto se eleva de 45 á 85 por 100. El método de rectificación de alcoholes por la electricidad de Naudín se ha aplicado hace algún tiempo con buen éxito en la fábrica de Bapaume-les-Rouen, en donde se han tratado así en una sola estación 700,000 litros de flemas de maíz y de remolacha.

M. Eisemann, de Berlín, ha ideado un aparato con el cual purifica los alcoholes por medio del ozono, oxígeno al que se hace más activo por su electrización que el oxígeno ordinario. Prepara el ozono haciendo pasar una corriente eléctrica por un tubo de cristal atravesado por una corriente de aire. Luego, mediante un chorro de vapor, aspira el ozono formado, que barbota en el depósito que contiene las flemas, mantenidas por un serpentín de agua caliente á 70 grados de temperatura.

Indiquemos también, como interesante aplicación de las propiedades electrolíticas de las corrientes, la que tiene por objeto el tratamiento de los minerales de cobre y de zinc y la extracción de metales preciosos.

Cuando en las aguas sulfatadas de las minas de cobre se ponen barras de hierro, una cantidad equivalente al cobre contenido en estos líquidos se disuelve, y el cobre se precipita en estado pulverulento. Este depósito se activa si se hace uso de la pila, pero hace algunos años se ha sustituido este procedimiento, en que entra ya por algo la electrolisis, con otro nuevo mucho más ventajoso y que consiste en emplear máquinas dinamo-eléctricas. En las minas de Oker tres máquinas Siemens funcionan noche y día, dando diariamente cada una de ellas de 250 á 300 kilogramos de cobre metálico. Se han aplicado procedimientos análogos á la metalurgia del zinc: M. Lechange somete los minerales de este metal, calamina ó blenda, después de una operación que consiste en transformarlos en sulfatos, á la reducción electrolítica operada por las máquinas Gramme y Siemens.

En fin, M. Tichenor, de San Francisco de California, ha adquirido privilegio por un nuevo procedimiento de extracción de metales finos. Se echa el mineral en un embudo, desde donde una cadena con arcaduces lo pasa al fondo de una caldera que contiene plomo fundido. Una corriente eléctrica, que se hace pasar al mismo tiempo, auxilia la aleación de los metales con el plomo. La ganga sube á la superficie y se quita fácilmente. Cuando el plomo está bastante cargado, se separan los metales finos por codelación.

CAPÍTULO XVI

OTRAS APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD

¿Hemos dado la descripción ó agotado siquiera la lista de todas las aplicaciones de la electricidad? Ni con mucho; antes al contrario, hemos debido limitarnos á las más importantes, á las más adoptadas generalmente. Por otra parte, se recordará que nuestro principal objeto consistía más bien en poner de relieve los fenómenos físico-eléctricos y sus leyes.

Con todo, no terminaremos este libro sin hacer todavía mención de tres ó cuatro aplicaciones científicas, que parecen llamadas á adquirir gran desarrollo, entre otras la del empleo de la electricidad en medicina y la del de los aparatos anotadores eléctricos que tienen por objeto las observaciones meteorológicas continuas.

I

APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD EN MEDICINA

Como se comprenderá, no es de nuestra incumbencia apreciar el valor terapéutico y médico de la electricidad. Lo incontestable es que este agente produce efectos fisiológicos, sensaciones más ó menos vivas, conmociones ó sacudidas nerviosas de las que los médicos han procurado sacar partido ha largo tiempo. Primeramente se aprovecharon las descargas de la botella de Leyden; pero desde los descubrimientos de Galvani y de Volta se ha estudiado más detenidamente este modo de acción de las corrientes eléctricas, y se las ha podido aplicar más formalmente á la curación de las enfermedades.

Los aparatos electro-médicos son, unas veces pilas de construcción particular, y

otras, máquinas de inducción dispuestas de modo que se puedan emplear á beneplácito, y según el caso, corrientes inducidas de varias clases.

Entre las pilas, la *cadena de Pulvermacher* es la más generalmente adoptada. Las figuras 492 y 493 indican como está formada esta pila y de qué modo funciona. Cada elemento se compone de un cilindro de madera con una ranura espiral abierta en torno

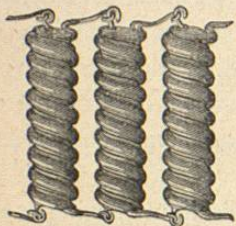


Fig. 492.—Elementos de la pila ó cadena de Pulvermacher.

de su eje. Dos alambres, uno de cobre y otro de zinc, se enrollan en las ranuras sin tocarse, y sus puntas se unen de un elemento á otro, del zinc al cobre, y recíprocamente. Todo ello forma una cadena rematada en dos armaduras que el enfermo tiene asidas, como se ve en la figura 493.

Para hacer funcionar la cadena de Pulvermacher, se la mete en una vasija llena de vinagre diluido en agua; el líquido empaña la madera; la acción química del ácido sobre el zinc engendra la corriente, cuyo circuito queda cerrado por los miembros y el cuerpo del paciente.

Cuando se quiere que resulten sacudidas, hay que interrumpir la corriente. Merced á una disposición ingeniosa, se pueden hacer interrupciones sucesivas. En el interior de una de las armaduras hay un mecanismo de relojería que da movimiento á una rueda, uno de cuyos dientes comprime un muelle á cada vuelta: en este momento cesa el contacto de la pila con la pared de la armadura, resultando así la corriente interrumpida. Es fácil regular la rapidez de las interrupciones y hacer que las sacudidas sean más ó menos continuas.

Los aparatos electro-médicos fundados en la inducción no se distinguen entre sí por sus efectos; pero se los puede clasificar, como lo hace Le Roux, en dos categorías, según la naturaleza de la fuerza primitiva que se pone por obra. Dicho físico incluye en la primera los aparatos en que se invierte fuerza mecánica para producir una corriente inducida, á la cual se hace inducir en seguida su propio circuito ú otro inmediato. Estos aparatos están basados en el movimiento relativo de un circuito y de un imán, dándoseles el nombre de *magneto-eléctricos*. Los aparatos en que se obtiene una acción electroquímica de la corriente que debe inducir su propio circuito ú otro inmediato forman la segunda clase, y Le Roux los llama *reoeleéctricos*. Los de Pixii y Clarke pertenecen á la primera clase, y el carrete de Ruhmkorff á la segunda. La figura 494 representa un aparato portátil de este último género, del mismo constructor y que se usa principalmente en la práctica civil.

La pila generadora de la electricidad está formada de dos elementos de bisulfato de mercurio, que se ven á la derecha de la figura. La corriente pasa á un doble carrete, y de allí por los reóforos á las dos armaduras, que el experimentador tiene en cada mano. Un interruptor ó temblón de Neef produce las interrupciones de la corriente. Por último, la graduación en la energía de la corriente, y por consecuencia en la de las sacudidas, se hace del modo siguiente. En el grabado se puede ver que cada bobina



Fig. 493.—Modo de hacer uso de la cadena de Pulvermacher

está rodeada de una camisa de cobre que por medio de un tornillo exterior se puede correr á beneplácito para alargar ó acortar la longitud de las partes de las bobinas cubiertas con esta especie de manguitos. En el cobre exterior á las bobinas se desarrollan corrientes inducidas; y como éstas son de sentidos contrarios á las que recorren los alambres de las hélices, se neutralizan en parte. Se puede, pues, comenzar los experimentos por corrientes muy débiles en un principio, y luego cada vez más fuertes hasta el máximo de energía que tiene efecto cuando las bobinas quedan enteramente descubiertas.

El empleo de la electricidad facilita en gran manera ciertas operaciones quirúrgicas; por ejemplo, las corrientes de las pilas secundarias de Planté son muy ventajosas por sus efectos caloríficos para las cauterizaciones en las operaciones de corta duración.

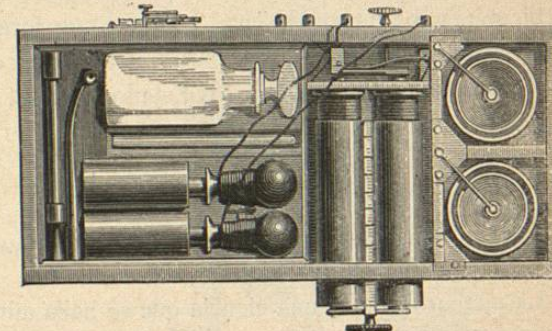


Fig. 494.—Aparato electro-médico de inducción de Ruhmkorff

El ilustrado físico ha arreglado especialmente con este objeto uno de sus pares en una caja portátil provista en su parte superior de dos piezas metálicas que comunican con los polos, y á las cuales se adaptan los conductores que van á parar á los aparatos cauterizadores.

El par, una vez cargado, tiene la provisión de electricidad suficiente para que, sin necesidad de cargarlo de nuevo, se puedan hacer muchas operaciones sucesivas.

El mismo físico ha construido para las operaciones cortas, como las de la cirugía dental, unos pares secundarios de tan reducidas dimensiones que se pueden meter en un estuche y llevarlos fácilmente en el bolsillo. Estos pares, con los que se puede enrojecer un alambre de platino de medio milímetro de diámetro por espacio de dos ó tres minutos, y otro de dos milímetros durante cinco ó seis, los ha empleado con éxito el doctor Moret en el tratamiento de las neuralgias por vía de cauterización llamada *transcurrente*, y para contener en el acto las hemorragias arteriales.

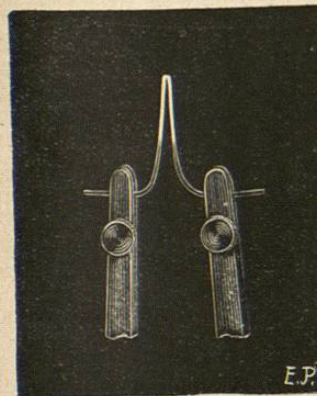


Fig. 495.—Iluminación de las cavidades oscuras

Haciendo pasar la descarga de un par secundario por un hilo de platino doblado en ángulo muy agudo, como se ve en la figura 495, se puede utilizar la vivísima luz que resulta de la incandescencia para iluminar las cavidades oscuras del cuerpo humano.

M. Trouvé ha construido con arreglo á este principio un aparato al que llama *poliscopio*. Los hilos de platino colocados en el foco de unos pequeños reflectores cóncavos, esféricos ó parabólicos, están adaptados á unos mangos de pedal con los que se puede establecer ó interrumpir la comunicación con los polos del par. Mediante un reostato de alambre de platino se gradúa la intensidad de la corriente según el diámetro y la longitud del hilo, ó según el uso que se quiere hacer de él.

También se han construido sondas para las heridas, para buscar y extraer de ellas los proyectiles metálicos. Cuando el estilete de que va provisto el aparato toca el me-

tal, se cierra el circuito de una pequeña pila y se pone un temblón en movimiento, indicando la presencia de un cuerpo extraño. Aquí tan sólo podemos hacer mención de la balanza de inducción para buscar proyectiles en las heridas, inventada por Graham Bell, Hughes y Hopkins, y con la que no hay necesidad de introducir sondas en el cuerpo del paciente, sino que basta la aplicación exterior del aparato. Carecemos de espacio para describir la balanza de Hughes, y para explicar cómo funciona en este caso. Sólo diremos que cuando se aplica el aparato sobre el punto en que está el proyectil, se percibe un sonido en el teléfono que forma parte de aquél. La primera vez que se empleó este método fué para buscar la bala que causó la muerte de M. Garfield, Presidente de la República de los Estados Unidos.

II

LA ELECTRICIDAD APLICADA Á LAS OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS

La meteorología es una ciencia que se halla aún en la infancia por muchos conceptos, lo cual no causará extrañeza á cuantos tengan idea de la extraordinaria complejidad de los fenómenos cuyas leyes se propone estudiar dicha ciencia. Muchos son los elementos de estos fenómenos: presión atmosférica, temperatura de las capas de aire á diferentes alturas, temperatura del suelo y de las aguas, higrometría, fuerza y dirección de los vientos, cantidad de lluvia caída, son otros datos que se han de recoger en el mayor número posible de puntos del globo terráqueo, y que requieren por parte de los observadores, si han de tomar nota de todas sus variaciones, una asiduidad de las más prolijas y penosas. Así es que los sabios que se consagran á esta tarea tienen por lo común que ceñirse á la observación de los instrumentos en determinadas horas del día y de la noche, de lo cual resultan inevitablemente enojosos vacíos.

Mucho tiempo hace ya que se ha procurado obviar esta insuficiencia de los medios de observación, discurriendo instrumentos que anoten automáticamente sus indicaciones, haciendo por tal manera innecesaria la intervención inmediata ó directa del observador. Los termómetros de máxima y mínima pertenecen á dicha clase, pero sólo sirven para dar indicaciones de elementos aislados; no resuelven en modo alguno la cuestión, por demás importante, de la anotación continua ó de reducida periodicidad que diera, por ejemplo, la curva de las variaciones de temperatura.

La idea de sustituir los aparatos comunes de física por anotadores automáticos no es nueva. Ya en 1782, Magellán había ideado un *meteorógrafo perpetuo*, mas parece que no lo puso en práctica. El principio de este aparato era puramente mecánico, es decir, sacaba del movimiento mismo, causado por las variaciones de los elementos, la fuerza necesaria para inscribir las indicaciones. Muchos aparatos anotadores se han basado y basan todavía en este principio que tiene el mérito de ser tan sencillo como económico; pero que, por desgracia, peca de insuficiente á causa de la escasa intensidad de la fuerza utilizada de esta suerte.

Hay otro sistema que consiste en emplear la fotografía, es decir, en hacer que se reproduzca en papel sensibilizado la imagen, amplificada con un aparato óptico á propósito, del nivel de las columnas mercuriales del barómetro, del termómetro, etc. Este sistema es naturalmente más costoso que el mecánico, y tanto más cuanto que se le ha de agregar un mecanismo de relojería para imprimir un movimiento continuo á la tira de papel en que se estampan las indicaciones fotogénicas.

Por último, otro sistema consiste en emplear la electricidad como agente anotador; los aparatos telegráficos, y en especial los de los sistemas escritores ó impresores, bastan para que se comprenda cómo se utilizan las corrientes electromagnéticas para la inscripción de las indicaciones meteorológicas. Por ejemplo, los índices de los instrumentos están provistos de agujas que penetran en una tira de papel sin fin, siempre que las armaduras de los electro-imanes las ponen en movimiento, lo cual ocurre cuantas veces se cierra ó se interrumpe el circuito eléctrico; un reloj regula la periodicidad de estas variaciones de circuito, al propio tiempo que su mecanismo hace avanzar el papel en que se efectúa la inscripción.

Citemos algunos de los instrumentos electro-magnéticos usados en las observaciones de meteorología.

El primer *anemógrafo* construido en Francia lo fué por Du Moncel, modificado luego por Sallerón, é introducido finalmente por el P. Secchi en la gran máquina meteorográfica que el sabio jesuita expuso en el Campo de Marte en 1867. El anemómetro propiamente dicho se compone de una veleta para marcar la dirección del viento y de un molinete de Woltmann para indicar su velocidad. Un conmutador acimutal, dividido en ocho sectores aislados entre sí, está en relación, mediante ocho hilos que van á parar á cada sector, por una parte con el mismo polo de la pila, y por otra con el aparato receptor.

En este conmutador se apoya constantemente un frotador de pistón que tiene la misma dirección que el eje de la veleta, estableciendo sin cesar un contacto metálico íntimo entre dicho eje y los sectores. Estando además el eje en comunicación con el otro polo de la pila, resulta que el circuito se halla siempre cerrado en el sector en que se apoya el frotador, es decir, precisamente en la dirección del viento. Entre el molinete, la pila y el aparato receptor se establece una comunicación eléctrica análoga. El receptor es un cilindro movido de una manera uniforme por un aparato de relojería, de modo que efectúe una revolución sobre sí mismo en doce horas, y avance sobre su eje una cantidad constante, por ejemplo dos milímetros, á cada revolución. Delante del cilindro hay ocho electro-imanes con sus armaduras provistas de lápices, y siempre que se

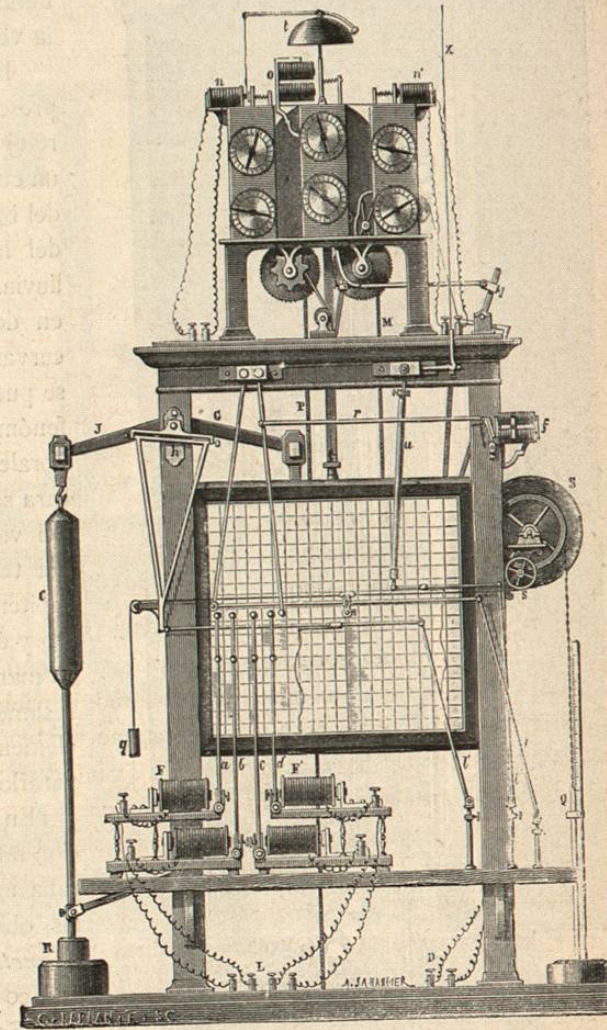


Fig. 496.—Meteorógrafo Secchi

cierra el circuito de uno de ellos, el lápiz correspondiente traza en el cilindro, por apoyarle en su superficie el movimiento de la armadura, un trazo cuya longitud indica la duración del viento al mismo tiempo que su dirección.

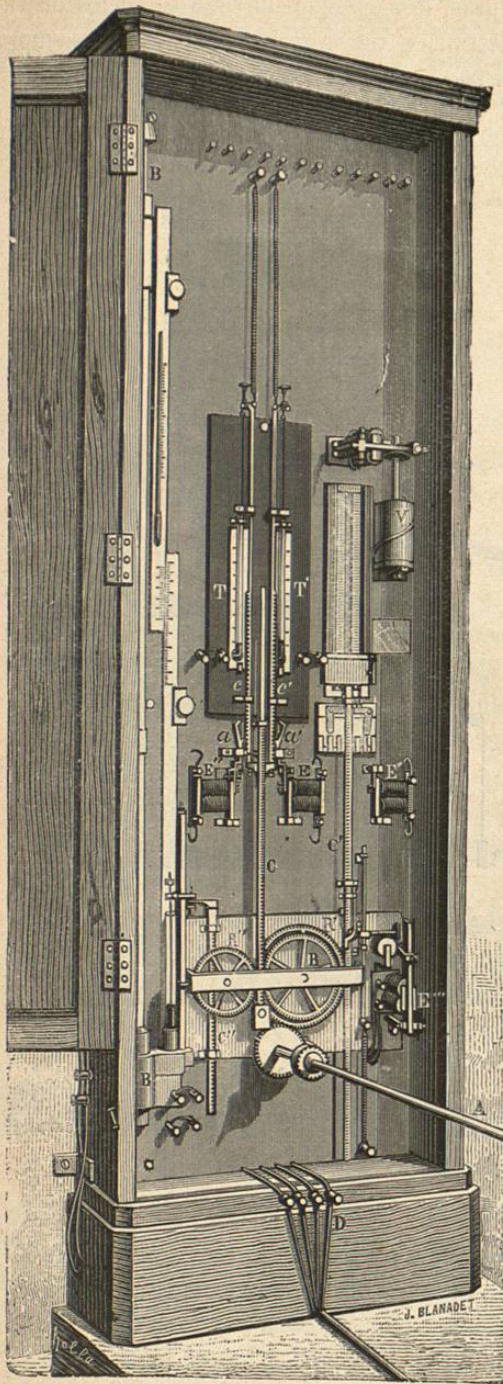


Fig. 497.—Meteorógrafo de Van Rysselberghe

Las figuras 497 y 498 representan las dos partes del aparato. En la primera se ve cómo están dispuestos y agrupados los mecanismos mensuradores, que comprenden: 1.º un barómetro de sifón de brazos de igual diámetro; 2.º un termómetro seco; 3.º un termómetro mojado; 4.º un udómetro; 5.º un anemómetro; 6.º el sistema indicador de las direcciones del viento. La segunda figura representa el aparato anotador, compuesto de un cilindro vertical R, en cuya superficie hay enrollada una tenue hoja de zinc

De un modo análogo queda marcado el número de vueltas efectuadas por el molinete, y por consecuencia también resulta regularmente anotada la velocidad del viento.

El meteorógrafo del P. Secchi, representado en la figura 496, tiene un reloj sobre una de sus caras, y lleva un cuadro que inscribe las indicaciones del barómetro, del termómetro seco y del húmedo, y marca la hora de la lluvia. Este cuadro describe su curso en dos días y medio, y presenta así curvas muy desarrolladas en las cuales se pueden apreciar los detalles de los fenómenos sobre todo durante los temporales. En el cuadro de la segunda cara se inscriben la fuerza y dirección del viento, así como las indicaciones del termógrafo metálico; además se repiten en él las relativas al barómetro y á la lluvia. Este cuadro efectúa su marcha en diez días y presenta un resumen de las variaciones de estos elementos que permite fácilmente compararlos.

En la sección belga de la Exposición internacional de Electricidad figuraba un notable aparato anotador de las observaciones meteorológicas, el *telemeteorógrafo* de Van Rysselberghe, construido por el ingeniero mecánico Schubart; daremos una sucinta idea de él.

Las figuras 497 y 498 representan las dos partes del aparato. En la primera se ve cómo están dispuestos y agrupados los mecanismos mensuradores, que comprenden: 1.º un barómetro de sifón de brazos de igual diámetro; 2.º un termómetro seco; 3.º un

termómetro mojado; 4.º un udómetro; 5.º un anemómetro; 6.º el sistema indicador de las direcciones del viento. La segunda figura representa el aparato anotador, compuesto de un cilindro vertical R, en cuya superficie hay enrollada una tenue hoja de zinc

barnizada y con un buril S que se mueve á lo largo de una columna vertical; este buril, sujeto á la armadura de un electro-imán E, está formado por una punta de diamante separada del cilindro por un muelle antagonista, pero que se acerca á él y marca un trazo en el barniz tan luego como una corriente atraviesa el electro-imán.

Debajo del cilindro anotador hay un aparato de relojería de gran precisión, provisto de un regulador isócrono de aletas y de fuerza centrífuga: es el motor de todo el mecanismo. Dicho aparato produce de diez en diez minutos un contacto eléctrico y hace

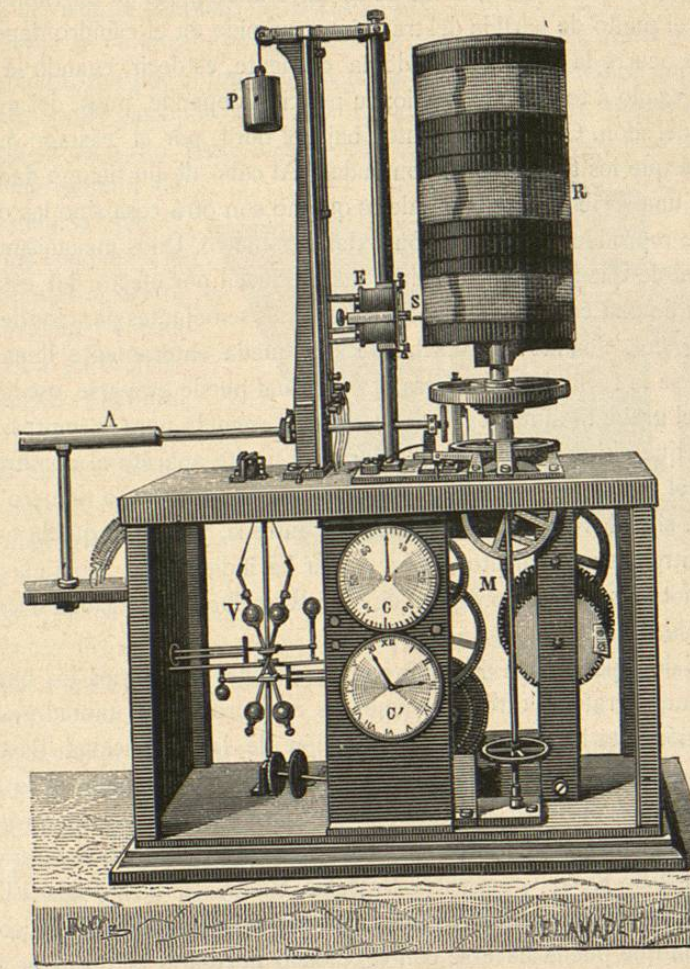


Fig. 498.—Aparato anotador del meteorógrafo Van Rysselberghe

pasar una corriente á un electro-imán, poniendo en marcha el aparato anotador, el cual empieza entonces á girar poco á poco, efectúa una rotación entera en 90 segundos, y en seguida queda de nuevo en reposo. Durante esta rotación es cuando el buril S desempeña su cometido, trazando en la superficie del cilindro las indicaciones procedentes del sistema de los aparatos de medición. El orden real de esta inscripción es el siguiente: 1.º termómetro seco; 2.º termómetro mojado; 3.º udómetro; 4.º veleta; 5.º barómetro; 6.º velocidad del viento. Veamos de hacer comprender con un ejemplo cómo se efectúa automáticamente esta inscripción. Consideremos el barómetro.

Tan luego como empieza el movimiento de rotación del cilindro anotador, se transmite por un sistema de ruedas y por la varilla A á una rueda dentada R y de allí á una