

compuestos uno de cobre y zinc cargado con ácido sulfúrico disuelto en 6 partes de agua, y el otro de zinc y platina cargado con la misma mezcla de ácido sulfúrico y agua y ácido nítrico concentrado. Tanto de sus experimentos como del cálculo ha concluido el físico citado, que con una pila de 5 metros cuadrados se puede reemplazar otra de 50 metros cuadrados de cobre. Por manera que partiendo de estos datos puede concluirse, en general, que las pilas de platina son superiores á las de cobre para transmitir una gran cantidad de electricidad. Esta superioridad, según Becquerel, depende sola de la reacción que entre sí ejercen el ácido nítrico concentrado y el agua acidulada con ácido sulfúrico, que produce una corriente eléctrica mucho mas considerable que la que resulta de la reacción entre el sulfato de cobre y el agua acidulada del mismo modo; además, la acción reunida de dos corrientes, contribuye á la descomposición del ácido nítrico, de lo que resulta un aumento en el efecto general á consecuencia de la cantidad de zinc oxidado. Tales son las causas de los resultados señalados por Jacobi, resultados que se hubieran obtenido también con una superficie igual de otro metal que no fuera tampoco oxidable. Necesario es sin embargo convenir en que ningún metal es tan á propósito como la platina y que la observación de Jacobi es interesantísima bajo el punto de vista práctico.

M. Grove ha hecho varios experimentos para explicar los efectos que produce el zinc amalgamado; parece ser que depende de una polarización que difiere del caso general de las otras polarizaciones, en que el elemento trasportado, en vez de depositarse sobre el metal negativo, se combinaba convirtiéndole en un metal tan positivo que la corriente se renovaba completamente, al paso que en las demás circunstancias disminuía solamente su intensidad; mas para adoptar tal explicación, es necesario admitir que el mercurio bajo la influencia de una corriente voltaica ab-

sorve la corta porción de hidrógeno que se desprende en el momento que se intercepta la comunicación.

De la nomenclatura electro-química.

Desde que se descubrió la propiedad que tiene la pila para descomponer químicamente los líquidos por medio de dos láminas colocadas en los extremos de la pila, se llamaron *polos* á estas láminas, aplicando el nombre de *positivo* á aquel en que se depositan el oxígeno y los ácidos, y de *negativo* á aquel al que van á parar el hidrógeno y las bases. Estas denominaciones son impropias porque solo revelan falsas analogías. Ampère para salvar esos inconvenientes llama *reóforos* (porta-corrientes), á las porciones de conductores soldadas á los extremos de la pila. Se llaman cuerpos *electro-negativos* á los que se depositan en el reóforo positivo, y *electro-positivos* á los que van á pasar al reóforo negativo, todo esto á consecuencia del principio sabido de que los cuerpos cargados de electricidades contrarias se atraen recíprocamente.

Partiendo de que la fuerza que produce la descomposición no existe en los polos sino en los cuerpos descompuestos, dice M. Faraday, que los polos ó reóforos son solo intermedios que conducen las corrientes á los cuerpos descompuestos, y por esta razón los llama *electrodos*, y aplica el nombre de *electrolitos* á los cuerpos cuyos elementos se separan en virtud de la acción de los electrodos; el ácido cloro-hídrico es un cuerpo electrolítico y el ácido bórico no, pues entra en esa sección en razón de que sus elementos no pueden separarse como los del primero.

M. Faraday ha tratado también de apreciar la dirección eléctrica. Si el magnetismo terrestre procede de corrientes eléctricas que circulan al rededor de la tierra, podemos inferir que su dirección es constantemente del este al

oeste; luego si en las descomposiciones químicas se coloca el cuerpo de modo que la corriente que le atraviese tenga la misma direccion ó sea paralela á la que suponemos que existe en la tierra, entonces las superficies atravesadas por la electricidad tendrán entre sí una relacion invariable, y en todas circunstancias será tambien igual la relacion de su potencia ó energía. Por esta razon Faraday llama ánodo al electrodo que mira hácia el este y cátode al que se dirige al oeste; en una palabra el ánodo corresponde á la superficie por donde entra la corriente eléctrica, y en donde aparecen el oxígeno, el cloro y los ácidos, y el cátode corresponde á la superficie por donde sale la corriente, y en este punto se recogen el hidrógeno, los cuerpos combustibles, los metales, etc.

Despues de un gran número de experimentos ha concluido M. Faraday que la descomposicion electro-química no depende de la accion simultánea de dos electrodos, puesto que con uno solo, se efectua tambien la descomposicion, y uno de los elementos despues de la descomposicion pasa al electrodo en accion, sea positivo ó negativo: el otro elemento se coloca en la estremidad opuesta del cuerpo sometido al experimento aun cuando su estremidad se halla al aire libre.

Condicion general de las descomposiciones electro-químicas.

Desde hace mucho tiempo se ha observado que los elementos combinados con mayor energía se descomponen mas facilmente por las corrientes eléctricas que los compuestos resultantes de cuerpos que tienen entre sí poca afinidad. De otro modo puede decirse que los elementos de los cuerpos compuestos se separan en virtud de las corrientes eléctricas, con tanta mas facilidad cuanto menor es la afinidad en virtud de la cual se hallan combinadas.

Entre los cuerpos que resisten á la accion descomponente de la electricidad se distingue primeramente el ácido bórico y en seguida los ioduros de azufre, los cloruros de antimonio, al ácido acético cristalizado, el amoniaco y los ácidos sulfúricos, arsénico y nítrico que no contienen agua. Es muy probable que la resistencia que estos cuerpos oponen á la descomposicion procede de que no tienen la facultad de conducir la electricidad; porque es tal la relacion, ó mejor dicho, la dependencia que hay entre la facultad descomponente y la facultad conductiva, que muchos cuerpos que no son conductores cuando están sólidos se descomponen al estado líquido si por el cambio de estado adquieren la facultad de conducir.

Electrómetro de Volta.

Vamos á recorrer rápidamente los aparatos que Faraday ha inventado para medir la electricidad voltáica y que llama electrómetros de Volta. Estriba su construccion en el principio siguiente; la accion química descomponente de una corriente, es constante ó invariable para una cantidad constante de electricidad, sean las que quieran las variaciones de su intension, las dimensiones de los alambres y de las placas y la naturaleza de los cuerpos que se vé precisada á atravesar. Como el agua acidulada con ácido sulfúrico se descompone con mucha facilidad, se emplea siempre para este género de experimentos, en los que debe evitarse con mucho cuidado la recomposicion de los gases, que como anteriormente se ha dicho, suele efectuarse por la influencia de la lámina positiva. La forma de los aparatos descomponentes varia segun el género de experimentos que se van á ejecutar. Pueden emplearse tubos rectos y graduados, en cuyo interior se coloca una

placa de platina y un alambre del mismo metal soldados entre sí con un poco de oro y fijos al extremo cerrado del tubo segun representa las Fig. 481 y 482. Suelen estos tubos ser de 25 centímetros de largos y 18 milímetros de diámetro. Las placas de platina deben ser lo mas ancho que sea posible, y se las coloca muy cerca del orificio del tubo. Cuando se quieren recoger grandes cantidades de gas duran los esperimentos muchos dias, y para esta operacion emplea Faraday un electrómetro de forma particular.

En resumen, el electrómetro de Volta sirve para estimar la potencia química de una corriente, midiendo los volúmenes de los gases que se desprenden á consecuencia de la descomposicion del agua. Cuando se introducen en un circuito voltáico, y á continuacion uno de otro, varios electrómetros semejantes cuyas láminas metálicas, siendo de diferentes dimensiones y sumergidas en diversos líquidos, la corriente que circula por los electrómetros descompone en todos ellos la misma cantidad de agua, ó lo que es lo mismo, produce las mismas cantidades de gas. Si se disponen tres de estos aparatos en un mismo circuito, de modo que la corriente despues de haber circulado por uno de ellos se divide entre los dos restantes, se observa que la suma de las cantidades de agua descompuesta por las dos corrientes derribadas, es igual á la cantidad descompuesta en el primer electrómetro. Así la facultad de una corriente hidro-eléctrica para descomponer químicamente los cuerpos, es la misma en todas las partes del circuito, y se divide entre las corrientes derribadas del mismo modo que la intension. Por manera que podemos mirar como demostrado que la potencia química de una corriente es proporcionada á la cantidad de electricidad que se mueve en el circuito.

En el tomo 5.^o hablaremos de nuevo de los esperimentos de Faraday, y á su tiempo se espondrá todo lo relativo

á los equivalentes electro-químicos y á la cantidad necesaria de electricidad para descomponer el agua, etc.

Principales aplicaciones de los principios electro-químicos.

La electro-química á pesar de ser un ramo de la ciencia enteramente nuevo, sus aplicaciones son sin embargo tan numerosas como importantes. Insistiremos en las principales.

En otro lugar hemos dicho que H. Davy habia hecho ciertos esperimentos para preservar el forro de cobre de los navíos por varios medios electro-químicos. El agua del mar en presencia del oxígeno del aire oxida y destruye el cobre, y Davy para evitarlo juntó el cobre con un pedazo de zinc para que el primero formase el elemento electro-negativo de esta especie de pila, y para que el zinc se oxidase puesto que formaba el elemento electro-positivo. Con un pedazo de este último metal del tamaño de un guisante, bastaba para preservar á un metro de cobre de la oxidacion, y ademas de esto observó que era indiferente el parage en que se le colocase. Si se compara el forro de dos embarcaciones de las que una esté protegida por los pedazos de cobre y la otra no, se advierte que la superficie de la primera es brillante al paso que la de la segunda va corroyéndose poco á poco hasta que su superficie toma un color verde y se forman ciertas escamas que poco á poco tambien se desprenden, y debilitan el espesor de las planchas. Con zinc y con hierro se puede preservar el forro de los navíos, pero esta precaucion ofrece un inconveniente que vamos á indicar. El par voltáico que forman los dos metales ejerce una accion química sobre las sustancias disueltas en el agua del mar, y por esta razon al poco tiempo se depositan varias sustancias terrosas y alcalinas sobre las placas de cobre. Ademas de esto se adhieren ciertos carbonatos

de cal y de magnesia, plantas y pólipos que todos reunidos aumentan el peso de la embarcacion y retardan sus movimientos. Para evitar estos inconvenientes emprendió Davy nuevos esperimentos segun los cuales parece que cuando se preservan las planchas de cobre con superficies de hierro ó de zinc que esten en la relacion de $\frac{1}{150}$ ni se depositan materias alcalinas, ni se adhieren las plantas. Se conocen tambien otros esperimentos que demuestran que el forro de bronce lleva gran ventaja al forro de cobre.

Método electro-químico para dorar plata y laton.

Todo el mundo sabe que el dorado sobre laton ó plata, se ejecuta en general por medio de mercurio. Delarive tuvo la feliz idea de aplicar la influencia eléctrica para dorar los metales, es decir, que si se descompone una disolucion de oro por medio de una corriente voltáica, el metal disuelto debe depositarse, molécula por molécula, sobre el metal que forma el polo negativo. Las primeras tentativas fueron infructuosas, pero guiado por los consejos de M. Becquerel, adoptó Delarive el método siguiente: se coloca el objeto que se quiere dorar, sea plata ó laton, en una disolucion de oro diluida que se coloca en una especie de saco cilíndrico de tripa, ó simplemente en una vejiga. Se la humedece perfectamente, tanto para que despues sea flexible, cuanto para ver si tiene algun agujerito, y en seguida se echa la disolucion de oro; se mete entonces la vejiga en un bocal de vidrio lleno de agua acidulada con ácido sulfúrico ó nítrico, y dentro tambien del mismo bocal se pone un cilindro hueco de zinc que encierre ó comprenda dentro de sí á la vejiga. El objeto metálico, que se trata de dorar, se coloca dentro de la disolucion de oro y comunica, por medio de un alambre curvo, con el cilindro de zinc. La corriente eléctrica que se desarrolla

es suficiente para descomponer la disolucion y el oro se precipita sobre el objeto metálico que sirve de cuerpo *electro-negativo*. Tambien se ejecuta la misma operacion en orden inverso, es decir, que se llena la vejiga de agua acidulada y dentro se mete un cilindro hueco ó sólido, un pedazo cualquiera, en una palabra, con tal que sea de zinc, y en el bocal exterior se echa la disolucion de oro y el objeto que se quiere dorar. Se los pone despues en comunicacion, esto es, el objeto y el cilindro por un alambre, y la operacion marcha como anteriormente.

M. Jacobi ha hecho otra aplicacion mas importante que hoy se conoce con el nombre de galvanoplastica. Se sirve de una pila de las de Daniell porque es indispensable una corriente constante para que las pruebas salgan con la delicadeza debida. Sumerje los reoforos, polos ó alambres, llámáelos como quiera, en una vasija llena de una disolucion de sulfato de cobre, y del polo electro-negativo cuelga la moneda, la placa grabada ó lo que sea. El cobre se deposita, y se obtiene en hueco una copia exacta del original. El oro, la platina, la plata, etc., sirven perfectamente para moldes, pero el hierro, el zinc y el estaño puro, descomponen por sí y sin auxilio de la pila las disoluciones de cobre, por cuya razon no se obtienen con ellos tan buenas pruebas. El plomo y el estaño combinados, y el plomo solo, producen muy buenos resultados cuando se construyen moldes con ellos; tanto que para contornos delicados se prefiere siempre el plomo puro¹.

¹ En el dia, no solo con metales, sino con yeso, cera y otras sustancias semejantes á propósito para hacer moldes, se sacan copias de medallas y otros objetos. Se las reviste con gráfito y se las cuelga del mismo modo dentro de la disolucion de cobre, en un alambre que viene del polo negativo de la pila; es indispensable que el conductor del polo positivo se sumerja en la misma vasija ó en otra que esté en comunicacion con ella. — N. del T.

Entre otros experimentos, Jacobi grabó varios caracteres en una placa de plomo, y sometiéndola al experimento galvánico sacó una placa de cobre compacta y coherente, fiel reproducción del original. Con solo lo dicho concebirá el lector las infinitas aplicaciones que podrán darse á los principios establecidos. En los primeros ensayos el aparato se componía de las piezas siguientes: una vasija de barro porosa llena del agua acidulada en la que se sumerjia un pedazo de zinc; esta vasija estaba contenida dentro de otra llena de sulfato de cobre y en la que se sumerjia el objeto que se habia de copiar, el cual comunicaba por medio de un alambre con el zinc de la vasija porosa. Para que la prueba sea coherente y maleable es necesario preparar la disolución á una temperatura elevada, es decir, echar agua caliente sobre los cristales de sulfato de cobre. Para poder separar la copia del original es necesario que la primera tenga un cierto espesor, porque en el caso contrario hay sus dificultades que vencer. El liquido debe estar bien saturado, y cuanto mas débil es la corriente, tanto mas maleable es el cobre y mas hermoso su color. Cuando este es sucio y oscuro, es prueba de que el cobre es quebradizo, y en ese caso es sumamente difícil separarlo del original.

Viendo Jacobi todos estos inconvenientes, modificó sus operaciones suspendiendo el objeto de placas ó alambres de cobre que venian de los polos de una pila, y que á su tiempo sumerjia en la vasija llena de sulfato de cobre, como se dijo al principio. Por este medio se obtienen pruebas de cobre sumamente compactas y con todos los demas caracteres que pueden desearse.

Sin esta modificación el ante galvano-plástica no hubiera pasado de ser un juguete ó simplemente un objeto de curiosidad. Lo mas importante es que no hay límite en cuanto á las dimensiones y figura de los objetos que se quieren reproducir. En cinco ó seis días obtuvo Jacobi la

copia galvánica de un bajo relieve de 0^m,420 de longitud por 0^m,285 de ancho que pesaba 0^k,914; de manera que en cada veinte y cuatro horas se depositaron 182 gramas de cobre. Para obtener este resultado empleó un *par vol-táico* de 4 met. cuad, 199 cargado con sulfato de cobre y un poco de sulfato de sosa. Es indispensable, para obtener buen resultado, reemplazar el sulfato de cobre que se deposita por efecto de su cristalización.

En otro experimento grabó en una placa de cobre varios caracteres, estendió sobre la superficie de dicha placa una capa de cobre en polvo sumamente fino, y en seguida la sometió al experimento galvánico; al poco tiempo sacó una copia en la que los caracteres habian salido en relieve.

En veinte cuatro horas sacó tambien una copia de una vista tomada en el daguerotipo sin mas precaucion que meterla, como se ha dicho, en la disolución de sulfato de cobre. Comparadas entre sí se notó la mas perfecta semejanza, pero las sombras y los claros estaban cambiados. El 24 de mayo de 1841, M. Fizeau presentó á la Academia de ciencias varias contra pruebas de vistas sacadas con el daguerotipo, en las que se advirtió notable semejanza; las planchas originales no sufrieron, al parecer, el menor deterioro.

Apoyándose en los mismos principios que Jacobi, M. Bocquillon ha construido un aparato sencillísimo que llama electrotipo, y que sirve para sacar el *fac-simile* de una medalla de un bajo relieve, etc. A continuacion insertamos la descripción del aparato y la operacion (Fig. 181). Si el original, que se quiere reproducir, es de cobre ó de plata, se le cubre con una capa muy delgada de grafito en polvo sumamente fino, sirviéndose para esto de una brochita de pelo largo y tambien bastante fino.

Se rodean los bordes de la pieza A con un poco de cera, y despues se la coloca sobre la pieza B uniéndolas entre sí

por medio de la cera, pero teniendo cuidado de que el reverso de la medalla esté en pleno contacto con la placa B, que debe estar sumamente limpia. Despues se cubre de barniz todo el resto de la placa B y parte del alambre CC con el que está soldada.

Se coloca la placa B en el fondo de la vasija DD, y se introduce el extremo del alambre CC en el agujero E del soporte F, y se le aprieta con un tornillo. Hecho esto se coloca el diafragma GG en la vasija D y sobre el agujero del diafragma el cilindro HH cuyo fondo YY es permeable. Se introducen en seguida en el cilindro H el disco de zinc J y el alambre de cobre KK que estan soldados entre sí.

Es indispensable que los alambres C y K y los agujeros E y L estén muy brillantes, para lo cual se los frota con papel de lija; y lo que es aun mejor se los amalgama con nitrato de mercurio; por fin es necesario que los alambres y agujeros estén en contacto muy íntimo.

Se llena la vasija D hasta varios milímetros encima del diafragma G con una disolucion de sulfato de cobre, y el cilindro H, hasta que cubra bien al disco de zinc J; se echa agua acidulada en la que se disuelve la cantidad de sulfato de sosa que puede tomarse á la vez entre dos dedos. Por fin sobre el diafragma G y al rededor del cilindro H se colocan algunos cristales de sulfato de cobre, que disolviéndose poco á poco, mantienen á un mismo grado de saturacion del sulfato cuyo cobre se deposita en A al paso que el ácido atraviesa la pared permeable Y y disuelve el zinc.

Un dia sí y otro no es necesario cambiar el agua del cilindro H; pero si se ha comenzado la operacion basta con añadir agua pura y limpiar el disco de zinc, que disolviéndose se cubre de una capa de cobre en polvo.

Al mismo tiempo se puede apartar el diafragma G y sacar del líquido la pieza A para juzgar del color del metal

depositado; pero debe tenerse cuidado de hacer la operacion con cierta rapidez, porque el aire puede oxidar el cobre, y esto impide que las capas que luego han de depositarse adhieran bien á su superficie. Despues de hecha la observacion se colocan en su lugar todas las piezas del aparato y se deja marchar la operacion hasta que la capa de cobre tenga el espesor necesario para destacarla del molde sin correr el riesgo de que se rompa.

El color de rosa pálido es el mejor caracter de la calidad del cobre, y cuando al aire adquiere un color pardusco ó su superficie se empaña, se le limpia con un poco de ácido nítrico diluido hasta que de nuevo adquiera el color de rosa indicado.

Cuando el depósito es naturalmente de color pardusco hay indicios para creer que el sulfato no estaba bastante concentrado ó que las piezas metálicas A y B no estaban en pleno contacto, ó que los alambres y el soporte F tampoco lo estaban, ó en fin que el líquido del cilindro no tiene la cantidad de ácido suficiente. En tales circunstancias, el depósito formado no tiene adherencia.

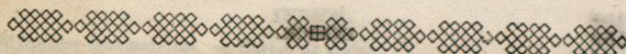
Cuando el fondo Y del cilindro H es demasiado permeable marcha la operacion con mucha rapidez y el cobre tampoco tiene coherencia. Esto se remedia en parte separando el disco del zinc J del tabique para aumentar la distancia entre el zinc y la pieza A.

Cuando no se quiere que el depósito sea muy espeso se separa la pieza A de la placa b, se la lava perfectamente con agua pura, y despues con una lima se quita el metal que se halla depositado al rededor de la pieza; se la calienta en seguida, por la cara en que se ha depositado el cobre, con una lámpara de espíritu de vino; y si echando una gota de agua sobre su superficie hierve y se evapora súbitamente, se la sumerge inmediatamente en agua fria. Entonces bastan algunos golpecitos con el martillo para separar la pieza, y si hubiera mucha resistencia no hay

mas que meter la hoja de un cuchillo entre los bordes de la prueba y el original.

Cuando se calienta la prueba del modo que se ha dicho adquiere el cobre nuevo grado de maleabilidad, pero al mismo tiempo su superficie se empaña y pierde el brillo metálico que toma al salir del baño.

FIN DEL TOMO SEGUNDO.



INDICE

DEL TOMO SEGUNDO.

DE LA HIGROMETRIA.

Higrómetro de Saussure.	45
De la delicuescencia.	25
De las densidades.	26
Densidades de los gases.	27
De los globos aereostáticos.	52
Mecanismo del vuelo.	40
Densidad de los líquidos.	44
Densidades de los sólidos.	45
De los arcómetros.	49
Del <i>maximum</i> de densidad del agua.	56
Pérdida de peso que experimenta un cuerpo rodeado de aire.	62

DE LA ATMOSFERA.

Del decremento de la densidad de la atmósfera.	65
Del barómetro.	67
Del barómetro de cuveta.	74
Del barómetro de sifon.	75
Del barómetro de cuadrante.	77
Barómetro de Amontons.	80