

# LOS RAYOS X

---

Memoria

SOBRE RADIOSCOPIA Y RADIOGRAFÍA

POR EL

Subinspector de Sanidad de la Armada

D. JOSE DE LA VEGA

*Impresa de R. O.*



CARTAGENA

*Imp. de H. Garcia, Plaza del Rey 18.*

1900.

THE BAY

1880

THE BAY

THE BAY

1880

LOS RAYOS X

Q 379672

tit. 238023

cb. 1481342

DMU  
17282



# LOS RAYOS X

---

Memoria

SOBRE RADIOSCOPIA Y RADIOGRAFÍA

POR EL

Subinspector de Sanidad de la Armada

D. JOSE DE LA VEGA

*Impresa de L. O.*



CARTAGENA

*Imp. de H. Garcia, Plaza del Rey 18.*

1900.

LOS RAYOS X

Memoria

SOBRE RADIOLOGIA Y RADIOGRAFIA

POR EL

Excmo. Sr. D. JOSE DE LA VEGA



Impreso en M. de



MURCIA

Imp. de H. García, Plaza del Rey 10

1900

Una feliz casualidad, como dice Mr. Poincaré, hizo que M. Röntgen descubriese los rayos que llevan su nombre.

Haciendo experiencias este Profesor con un tubo de Crookes encerrado en una caja de cartón negro, observó que una placa de platino-cianuro de potasio que se encontraba dentro de un armario de su laboratorio, se iluminaba, y que esta fosforescencia aparecía y desaparecía, según que se suspendían ó accionaban las descargas eléctricas en el tubo de Crookes. Una vez hecho este descubrimiento, continuó sus trabajos y estudios perfeccionándolos hasta llegar al conocimiento de lo que llamó fotografía de lo invisible.

Efectivamente, á principios del año 1896, se anunció al mundo científico que Mr. W. Röntgen, Profesor de Física de la Universidad de Wiertzbourg, había descubierto una especie de rayos luminosos invisibles, que

impresionaban las placas fotográficas, y que eran susceptibles de atravesar muchos cuerpos considerados hasta entónces como opacos, añadiendo que estos rayos no sufren ni reflexión ni refracción.

Apoderados de este descubrimiento los sabios de diferentes países, se estudió, se hicieron experimentos y se adelantó tanto, que en corto espacio de tiempo se llegó, desde lo que era en un principio en el que los rayos Röntgen solo atravesaban cuerpos de un espesor relativo, hasta lo que en la actualidad sucede, que dichos rayos penetran en todas las partes del cuerpo humano, permitiendo fotografiar órganos profundos.

Un descubrimiento de esta naturaleza, se comprende desde luego la gran importancia que debia tener en sus aplicaciones médico-quirúrgicas; y celoso siempre el Gobierno de S. M. (q. D. g.) de todo lo que puede redundar en beneficio del marinero y soldado enfermo, se dispuso por R. O. de 11 de Noviembre de 1897, la instalación de gabinetes radiográficos en los Hospitales de Marina; y habiendo sido designado por el Excmo. é Itmo. Sr. Ministro de Marina para el estudio de algunas de las instalaciones ya establecidas, con el objeto de poder hacerlo con exactitud en nuestros hospita'les, expondré algunos de los estudios y observaciones hechas sobre dichos rayos, y su origen, aparatos necesarios para su producción y el manejo de ellos; si bien de una manera concisa, por no permitir los límites de una Memoria, tratar este asunto con la extensión que tan importante materia exigiría.

Según el estado actual de la ciencia, solo se admiten en la naturaleza, la materia y la fuerza. Como la materia se manifiesta á nuestra vista por la acción variada y múltiple de la fuerza que la anima, esta no puede ser más que una manera de ser de aquella, cuya manera de ser, es considerada como un sistema de ondulaciones moleculares ó atómicas, ya de la materia ponderable y tangible, ya de la que sinó imponderable, al menos no pesada; el éter.

Los cuerpos en sus diversos estados, se hallan formados por multitud de partículas que componen la materia y que son infinitamente pequeñas con relación á la distancia que las separa; distancia que está determinada y mantenida por alguna de las manifestaciones de la fuerza, atracción molecular, cohesión, afinidad, etc., pues los cuerpos se atraen en razón directa de sus masas y en razón inversa del cuadra-

do de las distancias. Esto es una tendencia á la reunión y la mezcla, impedida por la cohesión, siendo esta mucho menor en la superficie que en la masa de los cuerpos.

Antiguamente las ciencias físicas admitían la existencia de ciertos fluidos llamados imponderables para la explicación de algunos fenómenos; pero las experiencias hechas sobre la luz, el calor y la unidad de fuerzas físicas, han destruido todas estas hipótesis de fluidos materiales distintos unos de otros, reduciéndolos á uno solo material que se supone llena el Universo; este fluido, al que se ha llamado *éter*, ocupa todo el espacio y el interior de los cuerpos, estando formado por partículas infinitamente pequeñas que vibran ó oscilan constantemente con una velocidad grandísima, chocando unas con otras después de recorrer espacios vacíos, enormes con respecto á su tamaño, pero insignificantes con relación á las moléculas de materia ponderable. Las partículas son sólidas, completamente impenetrables y dotadas de una elasticidad perfecta, de manera que así como sucede que cuando un cuerpo duro choca con otro, solo conserva al separarse una parte de la energía que lo impulsaba, pues la otra parte queda, en forma de calor, en la superficie de ambos cuerpos, en el choque de las partículas etéreas no ocurre esto, sino que la una transmite á la otra toda la fuerza viva de que está animada sin que por eso se transforme ni anule fuerza alguna. Este es el fundamento del principio axiomático de la conservación de la energía.

La elasticidad perfecta de las partículas etéreas, ha sido muy debatida, pero se explica suponiendo que

estas partículas además del movimiento dicho, están dotadas de otro de rotación sobre sí mismas, lo que parece verosímil.

Las partículas del éter son materiales y se les supone constituidas por un residuo de la materia cósmica que formaba la gran nebulosa original, de donde por una serie de condensaciones sucesivas han salido los diversos mundos.

El éter á pesar de ser material, es imponderable, porque como todo lo penetra, constituye un medio homogéneo, al cual es imposible sustraerse; en resumen, es el conjunto de infinitas partículas sumamente ténues, impenetrables, separadas por un vacío absoluto, y que al chocar se trasmite la energía en todas sus formas. Dichas partículas infinitesimales toman el nombre de *átomos* y la aglomeración de estos forman las *moléculas*, de modo que puede decirse que estas son conglomerados de materia más condensada que el éter. Las moléculas están animadas de movimientos vibratorios bastante caracterizados por su forma, amplitud y número por segundos, y ligados entre sí por el éter que trasmite ondulatoriamente el movimiento de unas á otras.

Por algún tiempo se ha atribuido el poder expansivo de los gases á la fuerza repulsiva de las moléculas, pero la experiencia ha demostrado que la repulsión no puede ser una propiedad esencial de los cuerpos en estado gaseoso, puesto que admitido el principio de la equivalencia entre el calor y el trabajo, se vé que conteniendo un gas en un espacio cerrado, la temperatura no se eleva sensiblemente, por tanto, se ha vuelto á adoptar la teoría *cinética* que atribuye á los

corpúsculos de la materia gaseosa velocidades de traslación que al pronto parecen inverosímiles y que son proporcionales á la raíz cuadrada de la temperatura, á partir de cero, é inversamente proporcionales á la densidad del gas. Esta teoría ha sufrido muchas objeciones, pues en la temperatura ordinaria, las moléculas gaseosas del aire tendrían la velocidad de una bala de fusil, y mal se explica que en una atmósfera tranquila un humo ligero tarde un tiempo relativamente largo en disiparse, que la difusión de la materia y del calor sea tan lenta en los gases, en una palabra, que todo pase como si las moléculas estuviesen en reposo: además, en las llamas, las moléculas de hidrógeno debían alcanzar algunas veces una velocidad de cuatro ó cinco kilómetros por segundo, convirtiéndolas en verdaderos proyectiles de efecto destructor. Estas objeciones fueron refutadas después de varias experiencias, demostrándose que si en una atmósfera tranquila la difusión se hace con extrema lentitud, es debido á que las moléculas están sin cesar detenidas en su carrera, rechazadas en todas direcciones y sin recorrer trayectorias rectilíneas más que en longitudes de un orden infinitamente pequeño; así que solo después de una multitud de choques es cuando una partícula de materia gaseosa atraviesa una capa de cierto espesor, y la mezcla perfecta de dos gases exige en general mucho tiempo sino está favorecida por fuerza que obren en el mismo sentido. Por otra parte, las leyes de la difusión están en relación con los resultados de la investigación matemática, que no considera más que la probabilidad del movimiento en todos los sentidos. Esta ley matemática da

da por Maxwell, se deriva de la que Laplace estableció para la repartición de las disgregaciones de medio valor; pero esta se relaciona á fenómenos simétricos en los que la probabilidad de la separación es igual en el sentido positivo que en el negativo, en tanto que la primera es disimétrica puesto que las velocidades, tomando su valor absoluto sin intervención de la dirección del movimiento, tienen por una parte un valor nulo, en tanto que por otra pueden llegar al infinito. La teoría cinética nos dá la explicación de ciertos hechos de observación común que hasta ahora parecían misteriosos, como por ejemplo lo que ocurre en el límite de una atmósfera y otras.

Clausius ha dado una fórmula que expresa la relación que hay entre el trabajo interno de la molécula y el trabajo total de una masa gaseosa susceptible de dilatarse bajo una presión constante; esta relación está expresada en función de dos calores específicos distintos del gas, y bajo una presión y un volumen constantes. Admite dos límites que son cero y uno; en efecto, el trabajo interno puede ser nulo, ó puede formar por si solo el trabajo total; en el primer caso la relación de los calores específicos sería cinco tercios y en el otro igual á la unidad. Se conocen algunos cuerpos en estado gaseoso que corresponden al primer caso, como por ejemplo los vapores del mercurio, cadmio y helio; en estos, el trabajo molecular es nulo y los químicos los han llamado monoatómicos por encontrarse su molécula compuesta de un sólo átomo.

Sabemos por otra parte que el espectro de estos gases se compone de muchos rayos que tienen la propiedad de ser sumamente ténues; pero el solo hecho

de dar nacimiento á un espectro, indica que la molécula que lo emite contiene por lo menos dos elementos susceptibles de separarse. Ahora bien, como los espectros no han podido hasta la actualidad obtenerse por la simple elevación de temperatura, en la que se evite toda intervención química ó eléctrica, puede decirse que la molécula monoatómica contiene muchos elementos indiferentes al calor, pero que entran en vibración cuando se les escita de un modo conveniente.

El modo de escitación más frecuentemente empleado para obtener el espectro de los gases, consiste en someterlos á la acción de descargas eléctricas, lo que induce á creer que los átomos son susceptibles de vibrar por las impulsiones eléctricas, y que están dotados de propiedades iguales á los cuerpos cargados de electricidad. A esta consideración se adapta perfectamente la ley de la electrotisis descubierta por Faraday.

El éter, que por sus vibraciones transversales propaga una especie de energía, parece susceptible de tomar indiferentemente todos los modos vibratorios imaginables sin que tenga preferencia por ninguno, y observándose que en el límite de sus vibraciones la causa está en las propiedades de la materia, independientes de las suyas.

Según las diferentes formas de vibraciones que tomen, se producen los fenómenos caloríficos, eléctricos, lumínicos, etc., de modo que puede decirse que lo que llamamos luz, es debido á una manera especial vibratoria del éter.

La luz, así como el calor, la electricidad, la fuerza, etc., no se define; es una causa que obrando sobre nuestra retina, nos produce una sensación especial. Es debida á la incandescencia de los cuerpos y á este fenómeno debe relacionarse la emisión luminosa del sol y los astros; pero la luz que hiera nuestra vista es la luz reflejada, puesto que solo la apreciamos cuando los rayos luminosos hieren los cuerpos que se nos hacen visibles; las partículas atómicas que vagan en la atmósfera reflejan estos rayos y así podríamos observar que haciendo penetrar la luz solar en una cámara obscura, sería completamente invisible si el aire estuviese totalmente limpio de partículas pulverulentas.

El idealismo griego decía: «Una bujía arde en una habitación, la alumbra mientras estamos en ella: salimos y cerramos la puerta; ausentes los ojos ya no hay luz por más que la bujía continúe ardiendo; luego no hay luz sin ojo.» Este argumento es demasiado profundo. Estando el éter dotado de un modo vibratorio que se traduce por un conjunto de fenómenos caloríficos y químicos, escogemos los que nos hieren más directamente, la luz; y sin embargo, este modo vibratorio es una de sus propiedades menos directas puesto que según toda probabilidad supone modificaciones químicas o caloríficas.

Ya hemos dicho que lo que llamamos luz, es producida solamente por vibraciones particulares del éter, que es susceptible de hacerlas en diferentes formas. Si

observamos un trabajo mecánico cualquiera, vemos que es el resultado de movimientos que nos son visibles; pero en el calor, la luz y la electricidad, por más que sean un trabajo, los movimientos que los producen, nos son invisibles por su naturaleza y velocidad. El límite entre los movimientos visibles é invisibles para nuestro ojo no está definido, y fácilmente se comprende que más allá de nuestras primeras percepciones existen fenómenos que no nos impresionan, que solo la razón puede comprenderlos y que cuando una teoría imaginaria se confirma por una serie de experiencias, se puede considerar como la expresión probable de la realidad.

Un punto luminoso no es otra cosa que un centro de irradiación. Una molécula vibra y trasmite su movimiento al éter, irradiándose de una á otra. Estas ondas se asemejan á las que se forman en la superficie del agua tranquila, arrojando una piedra; pero en esta el movimiento tiene poca velocidad y extensión, debido á que el agua es muy densa. Supongamos un medio sumamente ligero como es el éter y la propagación sería indefinida.

La velocidad de la luz, en el medio que separa nuestro planeta de los vecinos, es de 300,000 kilometros por segundo: la longitud de la onda de movimientos vibratorios es variable, y puede llegar á extenderse solamente en los límites de céntimos á milésimos de milímetro. La longitud de la onda vibratoria que produce la sensación calorífica, está comprendida entre cuatro y veinte y siete diez milésimas de milímetro. Las vibraciones luminosas oscilan entre dos y ocho diez milésimas de milímetro. Podemos pues suponer

justificadamente que algunas velocidades vibratorias no son percibidas por nuestros sentidos.

En general lo que llamamos invisible no es lo que no puede ser visto, sino aquello que nuestros ojos no pueden apreciar. Algunos animales ven en la obscuridad y son ciegos en la claridad; otros por el contrario nada distinguen durante la noche. La placa fotografica es sensible á unos rayos invisibles para nuestro ojos, y otros, como los infra-rojos no se nos revelan más que por su acción calorífica sobre el termómetro.

Los cuerpos no se comportan de igual manera con relación á los rayos luminosos: los que los dejan pasar como el aire, el agua y el cristal son transparentes, y los que los interceptan como la madera y los metales, son opacos. Se observa con facilidad, que un cuerpo no presenta la misma transparencia á las diversas radiaciones: un cristal perfectamente transparente, es decir, que lo atraviesan todas las radiaciones luminosas, detiene sin embargo los rayos infra-rojos ó caloríficos y los ultra-violados ó químicos; por el contrario, la plata que es opaca para los rayos visibles, es muy transparente para algunos ultra-violados, de manera que se podrían fotografiar objetos contenidos en una caja de cristal plateado y que estuviesen ocultos á nuestra vista. He aquí ya algo de la fotografía de lo invisible, siendo anteriormente conocida para otras radiaciones la propiedad característica de los rayos X.

La luz solar que se nos aparece homogénea y blanca, sabemos muy bien que haciéndola pasar por un prisma de cristal, no solamente se desvía de su dirección primitiva por efecto de la refracción, sino que se

descompone en una multitud de rayos de naturaleza y propiedades diferentes, que constituyen lo que llamamos espectro solar; este no es más que una banda luminosa donde sucesivamente se ven, el rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violado; de modo que un rayo luminoso es la mezcla de estos colores, como lo demuestran las experiencias de Newton sobre la recomposición de la luz; pero á uno y otro lado de esta gamma cromática, hay un espectro invisible; por encima del rojo existen rayos que no se manifiestan más que por sus propiedades caloríficas, apreciables tan solo en un termómetro sensible y son los rayos *infra-rojos* y los menos desviados por el prisma. Al lado del violado se encuentran otros rayos también invisibles, que accionan sobre las placas fotográficas, sin que parezcan dotados de propiedades luminosas ni caloríficas; estos son los rayos *ultra-violados* ó *actínicos* y son los más desviados por el prisma.

Hace unos quince años, el profesor Maxwell relacionando las conclusiones que había establecido sobre la propagación de la electricidad y de la luz, concibió la hipótesis de que estos dos fenómenos no eran más que dos fases de una misma modulidad fundamental. Hertz, guiado por la idea de uniformidad de Maxwell, determinó la velocidad de la inducción magnética demostrando al mismo tiempo la analogía de la luz y la electricidad que se reflejan y refractan; según la extensión y longitud de las vibraciones, pueden traducirse bajo una forma eléctrica, calorífica ó luminosa. Estos rayos de inducción magnética han recibido el nombre de rayos *electro-magnéticos*.

Vemos pues las cuatro especies de rayos hasta aquí

conocidos; caloríficos, luminosos, actínicos y electromagnéticos, los que si bien son diferentes entre sí, presentan algunos caracteres comunes; se reflejan, se refractan y se polarizan.

Los rayos últimamente descubiertos por Roentgen, dotados de propiedades químicas, no se reflejan; no se refractan, ni se polarizan como veremos más adelante.

Debemos tener presente, que existen ciertas sustancias llamadas fosforescentes ó fluorescentes que gozan de la propiedad de almacenar, por decirlo así, la luz que reciben, emitiéndola después en la obscuridad. En algún tiempo se ha creído que solo el diamante lucía algo en la oscuridad después de haber estado expuesto á la acción de la luz; pero posteriormente se ha reconocido esta propiedad en otros muchos cuerpos, entre ellos el azúcar, el papel, el succino, la seda, los metales alcalinos y terrosos y otros. El color de los rayos emitidos por un cuerpo fosforescente depende de circunstancias muy variadas.

---

Las primeras experiencias de importancia científica hechas acerca de las descargas eléctricas en el vacío, fueron debidas á Gessler en lo que él llamó experimentos con el huevo eléctrico.

Sabemos que esta consiste en una ampolla ó tubo de cristal delgado de forma ovóidea por cuyos extremos penetran dos hilos conductores terminados en un disco

metálico de manera que forman un electrodo. Poniendo en comunicación los conductores con los polos de una bobina de Ruhmkorff que produzca una corriente de gran tensión, se producen fenómenos que varían según que el tubo contenga más ó menos aire. A presiones ordinarias de 760 á 765 milímetros, la corriente no pasa por ser el aire mal conductor de la electricidad. Si el vacío alcanza  $1/1000$  próximamente, tendremos el tubo de Gessler, la corriente pasa y en el espacio comprendido entre los dos polos se observa una columna luminosa de un color rosa-violáceo y que presenta un aspecto semejante á coronas de humo con una vibración constante, y el catodo ó electrodo negativo se rodea de una zona obscura. Cuando el vacío es más perfecto, la columna luminosa disminuye en longitud y la zona obscura aumenta.

Bajando la presión hasta  $1/100,000$ , ó á  $1/1,000,000$ , el espacio obscuro ocupa casi la totalidad del tubo y nos encontramos con el vacío de Crookes, pero entonces se presenta un nuevo fenómeno; el cristal que forma las paredes aparece fluorescente con una luz que le es propia y que no pertenece como la anterior á la descarga eléctrica directa.

Por último, si el vacío se lleva á un límite mayor, la corriente no pasa y todos los fenómenos desaparecen. Podemos pues apreciar tres grados diferentes de vacío; el de Gessler, el de Crookes y el casi absoluto. Fácilmente se ha demostrado esto por medio de un tubo de cristal que forme dos ampollas de diferente longitud y colocando en la menor un trozo de potasa cáustica calentada anteriormente para que solo contenga cantidades muy pequeñas de vapor de agua y

ácido carbónico: haciendo el vacío por los medios ordinarios se obtendrá el casi absoluto; calentando entonces algo la potasa cáustica, se desprende vapor de agua y ácido carbónico que modificará el vacío y se producirá el de Crookes; calentándola aun en mayor grado, el desprendimiento de gases aumenta y tendríamos al fin el vacío de Gessler.

Antiguamente no se había hecho un estudio profundo de la electricidad y puede decirse que hasta el siglo XVIII habían preocupado poco los fenómenos eléctricos, así que admira considerar lo que en menos de 170 años ha progresado este ramo de la ciencia física, que desde la simple chispa obtenida por la fricción, se ha llegado á transformar este agente en calor, luz y energía.

Ya en 1843, Abria de Burdeos estudió nuevamente el huevo eléctrico por medio de las corrientes inducidas que acababan de descubrirse y observó primeramente las variaciones de fenómenos con relación al grado de vacío. Hasta cierta presión aparecía la chispa luminosa; en aire algo más rarificado desaparecía esta para dar lugar á una luz violeta que iluminaba todo el huevo, produciéndose estratificaciones de discos alternos sombríos y luminosos; aumentando aun más la rarefacción, el fenómeno varia según los polos, viéndose iluminado el positivo y rodeado de una zona obscura el negativo. En 1852, Grave y Quet estudiaron las estratificaciones de la luz que consideraron ligadas á una vibración desconocida, observando que los efectos luminosos varían según la sección del tubo; en las partes donde se forma una verdadera ampolla la luz, es pálida, siendo por el contrario muy intensa



en los tubos estrechos y capilares; además las estrias transversales de la luz son cóncavas, correspondiendo su concavidad al polo positivo.

El tubo de Gessler, muy conocido de todos, puede iluminarse con diferentes colores según el gas á vapor rarificado en su interior, ó la naturaleza del cristal que compone sus paredes. El gas hidrógeno de una coloración roja, el cloro produce una luz verde y las materias fluorescentes como sulfato de quinina, no dan un tinte verde-azulado.

En los gases compuestos que se han rarificado en el tubo de Gessler, se ha observado un fenómeno de verdadera electrolisis. Sabemos que haciendo pasar una corriente eléctrica á través de un líquido que contenga un ácido ó una sal en disolución, estos se descomponen en sus elementos simples dirigiéndose el metal al polo negativo, en tanto que el metalóide camina hácia el positivo: en este principio está basada la galvanoplastia. Cuando ponemos en un tubo de Gessler ácido clorhídrico, por ejemplo, en el que una molécula está formada por un átomo de hidrógeno y otro de cloro, las primeras descargas eléctricas producen una luz gris verdosa; pero pronto descomponiéndose el ácido en sus dos elementos se vé el polo positivo colorearse de verde, en tanto que el negativo toma un tinte rojo; el cloro, metalóide, ha marchado pues al polo positivo mientras el hidrógeno, metal, se ha concentrado en el negativo: la intensidad de estas dos coloraciones, está en relación proporcional á la descomposición.

Para obtener un tubo diversamente coloreado, basta simplemente que esté formado por diversas ampo-

llas, en cada una de las cuales se rarifique un gas diferente.

También se han observado otros fenómenos físicos, como son que una descarga brusca y única produce una luz intensa pero sin estratificaciones; el tubo se hace luminoso, pero interponiendo en el circuito un cuerpo mal conductor que aumente la resistencia, la luz es oscura y estratificada.

Hittorf llevando el vacío al mayor límite posible observó la resistencia opuesta al paso de la corriente; esta resistencia es tal que aproximando mucho los dos electrodos en el interior del tubo, la chispa salta con preferencia entre dos conductores colocados á mayor distancia en el aire libre.

Estudiando Crookes el vacío de Hittorf, llegó á descubrir las propiedades de las descargas en un vacío intermedio entre aquel y la rarefacción de Gessler; á medida que el vacío aumenta, la zona oscura se ensancha cesando ante esta las estratificaciones que van desvaneciéndose; cuando ocupa todo el espacio el cristal de la ampolla, se hace fluorescente, sobre todo en la parte opuesta al cátodo; como en este sitio estaba colocado el polo positivo, varió la situación de este y sin embargo la fluorescencia persistía en el mismo lugar, luego la descarga era independiente de la posición del ánodo.

Construyendo un tubo con tres ánodos y un solo cátodo sin estar en oposición ninguno de ellos persistían los mismos fenómenos, y haciendo en este mismo tubo el vacío de Gessler, la corriente se traduce por tres haces luminosos que partiendo del cátodo van divergiendo para unirse á cada uno de los tres cátodos.

Los primeros rayos, que se propagan en línea recta, han sido llamados rayos catódicos por su relación directa con el cátodo. Para demostrar su propagación rectilínea Crookes ideó detenerlos en su camino por un obstáculo artificial. Construyó un tubo en forma de pera que contenía una cruz de aluminio situada perpendicularmente y fácil de abatir á voluntad; el paso de la corriente determina una proyección en línea recta de rayos que hieren la cruz y son interceptados; en el fondo de la ampolla se ve una sombra crucial, mientras el resto permanece fluorescente.

Para demostrar la energía de los rayos catódicos, también ideó Crookes un medio muy sencillo; interpuso en la trayectoria de estos rayos un molinete de aluminio, el que al ser herido por ellos giraba en el mismo sentido que lo haría una corriente de agua nacida en el polo negativo.

Ante tan nuevas propiedades de los gases en el vacío, Crookes creyó debía existir un cuarto estado de la materia, que él llamó *estado radiante*. Todos los cuerpos se nos presentan á nuestros sentidos en uno de los tres estados, sólido, líquido ó gaseoso, siendo susceptibles de pasar por cada uno de ellos según varíen las condiciones de presión y temperatura, y pudiendo apreciarse que cuanto más elevada es la temperatura, mayor es la tendencia á pasar del estado sólido al líquido y de este al gaseoso, estando estos cambios en relación con su cohesión molecular puesto que es evidente que en un sólido las moléculas son más coherentes que en un líquido y que en este presentan más vacíos que en un gas donde todas las mo-

lécúlas se repelen unas á otras, tendiendo á ocupar todo el espacio que se las ofrece.

Ya hemos dicho que Crookes admitía un cuarto estado de la materia; el estado radiante; según él, las diferencias que hay entre el tercero y este cuarto estado parecen ser tantas como las que existen entre el segundo y tercero, y seguramente mayores que las que se observan entre los dos primeros. En el estado gaseoso, las moléculas son tan numerosas y apretadas, que no puede moverse una sin desplazar á otra próxima, naciendo de este choque una resistencia que la hace volver á su punto de partida, restableciéndose el equilibrio; así se explica las vibraciones del sonido y de la luz.

Haciendo un vacío en alto grado, como la mayoría de las moléculas se retiran y el espacio continúa siendo el mismo, los movimientos de las que quedan son más libres y cada una de ellas puede recorrer espacios relativamente considerables sin chocar con otra.

La materia en el cuarto estado, es el resultado último de la expansión de los gases; por su extrema rarefacción la trayectoria de las moléculas se prolonga hasta el punto de que los choques son casi nulos y pueden seguir sus movimientos sin ser desviadas; si el camino medio es comparable á las dimensiones del vaso que las contiene, las propiedades que constituyen el estado gaseoso, quedan reducidas á un mínimo y la materia alcanza el estado ultra-gaseoso; estado que también se puede obtener si por un medio cualquiera aislamos una cantidad limitada de gas y por una fuerza interior introducimos el orden

en el movimiento aparentemente desordenado que en todas direcciones tienen las moléculas.

Haciendo experiencias con los tubos de su nombre, llegó á descubrir el profesor Crookes los rayos catódicos: estos se producen haciendo pasar una corriente eléctrica por un medio casi privado de gas y con dos electrodos, produciéndose entonces fenómenos luminosos particulares, emanándose la luz producida del cátodo y propagándose en línea recta; el electrodo negativo se rodea de un espacio casi obscuro en el que existen rayos que tienen la propiedad de impresionar las placas fotográficas, de hacer luminosas ciertas substancias fluorescentes y de producir ciertos efectos caloríficos y mecánicos: tales son los expresados rayos catódicos.

Siendo relativamente pequeños los tubos de Crookes, se comprende desde luego, que cada molécula camine en una trayectoria que será en línea recta sinó encuentra algún obstáculo; la experiencia de la cruz de aluminio lo demuestra claramente.

Para explicar estos fenómenos admite Crookes la teoría del bombardeo. Hé aquí como según esta se conducen las moléculas al paso de una corriente eléctrica.

Las moléculas son desde luego atraídas por el electrodo negativo y á su contacto se cargan de electricidad negativa y como dos cuerpos cargados de electricidad del mismo nombre se repelen, son repelidas por el electrodo negativo en línea recta y van á chocar sobre la pared del cristal perpendicular á la dirección del cátodo: bombardean la pared y su energía de velocidad se transforma inmediatamente en energía ca

lorífica; el desprendimiento de calor calienta el cristal que se hace luminoso.

Hay un detalle sobre el cual volvemos á insistir: los rayos catódicos se producen y acompañan á la descarga eléctrica pero son completamente distintos de dicha descarga; en tanto que esta sigue un trayecto curvo que une el cátodo al ánodo, cualquiera que sea la situación de estos en la pared, los rayos catódicos siguen siempre un camino diferente y rectilíneo.

Así como los gases de la pólvora se desvanecen en el aire y no continúan impulsando á un proyectil, una vez lanzado, del mismo modo la molécula utiliza la fuerza eléctrica, pero abandona la corriente que la produce cuando adquiere una energía mayor.

Hasta aquí una primera propiedad de los rayos catódicos cual es la dirección rectilínea; pero Crookes no se detuvo aquí para establecer su teoría, sino que además comprobó que estos rayos sufren la influencia del imán. Aproximando un imán á un tubo de Crookes en función y cuya pared opuesta al cátodo esté iluminada con una luz verde, se vé esta luz desplazarse y venir á ocupar la parte más próxima al imán. En este caso los rayos siguen un trayecto curvo.

La fluorescencia de la pared de cristal, puede variar según la composición de este: el cristal inglés dá una fluorescencia azul, el de Alemania, verde manzana. También muchos minerales de hierro son iluminados por rayos catódicos, dando diversos colores.

En un principio se había creído que los rayos catódicos no se podían transmitir fuera del medio radiante en que se producían, pero las experiencias de Leonard y Hertz han demostrado que los expresados ra-

yos pueden salir de los tubos de Crookes y propagarse en el vacío y en el aire á la presión ordinaria: no es pues necesario el estado radiante para explicar su transmisión, ni para nada entra en juego la presencia de la materia, no pudiendo por tanto atribuirse á otra cosa que á las vibraciones del éter de los físicos. Hertz observó que una hoja de aluminio de poco espesor y que detenga la luz ordinaria, era sin embargo atravesada por los rayos catódicos; y aprovechando Leonard esta propiedad comprobó la existencia de estos rayos fuera del tubo por medio de una lámina de aluminio y de diversas pantallas fluorescentes.

Una experiencia curiosa sobre la desviación magnética de los rayos catódicos, condujo á Leonard muy cerca de descubrir los rayos X. Tomando sobre una pantalla sensible la señal producida por la fluorescencia de los rayos catódicos, que habían atravesado la placa de aluminio, observó un punto central obscuro, rodeado de un halo más claro y más difuso. Desviando los rayos catódicos por medio del imán, notó que el centro de la mancha no desaparecía en tanto que el halo se desplazaba: esta mancha central era producida por lo que hoy día ya sabemos son los rayos X, que no sufren desviación por el imán. En otra experiencia colocó en un chasis de aluminio una placa sensible cuya superficie recubrió de diversas substancias en diferentes partes, para estudiar así la transparencia de lo que él creía ser los rayos catódicos: el primer cuarto de la placa quedaba libre, el segundo recubierto por una lámina de aluminio, el tercero por una de cuarzo y el cuarto, por último, por dos hojas de aluminio y cuarzo superpuestas: la sombra producida por

el aluminio era pequeña, en tanto que el cuarzo había sido atravesado por los rayos.

M. Wiedeman también observó dos especies de radiaciones en los tubos de Crookes y decía: «Mis experiencias demuestran que las descargas eléctricas en los gases rarificados dan nacimiento á una especie de rayos sobre los que aún no he podido comprobar ninguna acción del imán y que en estos mismos rayos hay formas desconocidas de la energía en cantidad apreciable.»

Como vemos, todos estos sabios se habian aproximado al conocimiento de los rayos X, pero á M. W. Röntgen era á quien estaba reservada la gloria de su descubrimiento.

---

El estudio de los rayos catódicos condujo al profesor Röntgen al descubrimiento de los rayos X. Habiendo rodeado de un cartón negro un tubo de Crookes en el que se producían rayos catódicos, observó la fosforescencia de una pantalla de platino-cianuro de bario, á pesar del cartón negro, deduciendo que los rayos catódicos al chocar contra las paredes del tubo de cristal, daban lugar á una fluorescencia verdosa, emanándose á la vez de este punto nuevos rayos que poseían propiedades diferentes á los anteriores y que no eran otros que los que modestamente llamó rayos X. Para asegurarse de la penetración de estos rayos, espuso á ellos una placa fotográfica encerrada

en un chasis, la que al ser revelada manifestó su negativo el esqueleto de los dedos que sostenían el chasis durante la experiencia. Una pantalla de platino-cianuro de bario, se iluminaba también, á pesar de colocarla detrás de un libro de mil páginas ó de una plancha de madera, una placa de aluminio de 15 milímetros de espesor, de láminas de cobre, plomo, platino, etc., demostrándose así la transparencia de los cuerpos opacos para ciertas radiaciones oscuras á nuestra vista, y que no son sensibles hasta después de haber impresionado las sustancias fluorescentes.

Veamos en extracto algunas de las conclusiones de la memoria de M. W. Röntgen:

1.º Haciendo pasar la descarga de una bobina de inducción por un tubo de Crookes rodeado de un papel negro que se le adapte exactamente, y en una habitación cuya obscuridad sea completa, se puede observar que un papel que tenga una de sus caras recubierta de platino-cianuro de bario, presenta una fluorescencia brillante al aproximarle el tubo, cualquiera que sea la cara del papel que se le acerque, siendo visible aun á dos metros de distancia. Esto demuestra fácilmente que la causa de ello reside en el tubo.

2.º Conocido pues, que existe un agente capaz de atravesar una capa de cartón negro absolutamente opaca para la luz solar, la del iris y los rayos ultravioletados, es interesante saber si ocurre lo mismo en varios cuerpos. Fácilmente se demuestra que todos presentan la misma propiedad aunque en grados muy diferentes. Por ejemplo, el papel es muy transparente; la pantalla fluorescente se ilumina aun cuan-

do se la coloque detrás de un libro de mil páginas, la tinta no ofrecía resistencia sensible. Una lámina de papel de estaño, apenas produce sombra en la pantalla, es necesario superponer muchas para producir un efecto notable; las maderas espesas son también transparentes; planchas de pino de dos á tres centímetros de espesor absorven muy pocos: una hoja de aluminio de 15 milímetros de espesor deja aun pasar los rayos X, pero disminuyendo la fluorescencia. La ebonita es transparente en un espesor de muchos centímetros. Colocando la mano delante de la pantalla de platino-cianuro de bario, los huesos proyectan una sombra obscura y los tejidos blandos sólo se dibujan ligeramente. El agua y muchos líquidos son muy transparentes. El cobre, plata, plomo, oro y platino dejan también pasar los rayos, pero ha de ser en láminas delgadas; la plata y el cobre son más transparentes que el platino y este más que el plomo. Las sales metálicas, sólidas ó en disolución, se conducen generalmente como los metales mismos.

3.º Estas experiencias hacen creer que la permeabilidad de los cuerpos está en relación con la densidad de ellos, sin que ninguna otra propiedad parezca tener una influencia tan directa; sin embargo la densidad sola no determina la transparencia, lo que se demuestra empleando como pantalla, láminas espesas de espato de Islandia, cristal, aluminio y cuarzo; el espato es mucho más transparente que los demás cuerpos, por más que aproximadamente tengan igual densidad.

4.º Aumentando el espesor, se aumenta la resistencia al paso de los rayos X por todos los cuerpos.

Esto se demuestra colocando en una placa fotográfica varias hojas de papel de estaño superpuestas en forma escalonada y á ser posible someter esta prueba á medidas fotométricas, si se dispone de un aparato conveniente.

5.º Las hojas de platino, plomo, zinc y aluminio, se preparan de diversos espesores para obtener un resultado igual, observándose que la transparencia no es el producto sólo de la densidad, sino del espesor de los cuerpos.

6.º La fluorescencia producida por los rayos X, no se observa solamente en el platino-cianuro de bario, sino que se presenta también en otros cuerpos como son el sulfuro de calcio, el espato fluor, la sal gemma, etc. Un hecho muy notable es la sensibilidad de las placas fotográficas á estos rayos. En estas se pueden manifestar muchos fenómenos con toda exactitud y como estos rayos tienen la propiedad de atravesar la madera ó el cartón, de aquí la gran ventaja de poder exponer las placas á su acción sin necesidad de levantar la tapa del chasis, ni de conducirlo á la obscuridad. Falta saber si la impresión de la placa es un efecto directo de los rayos ó un resultado secundario debido á la materia de ella. No se puede demostrar ningún efecto calorífico de los rayos X, pero debe suponerse que tal efecto existe, pues los fenómenos de fluorescencia demuestran que estos rayos son capaces de transformarse.

7.º Después de varias experiencias hechas con el agua y el sulfuro de carbono contenidos en prismas de mica, no se ha observado ninguna desviación ni en la placa fotográfica, ni en la pantalla fluorescente; como

términos de comparación, se han dejado pasar por estos prismas rayos de luz que han alcanzado una desviación de 10 y 20 milímetros relativamente. Con prismas de ebonita y de aluminio, únicamente se han notado señales de una pequeña desviación. Reduciendo los cuerpos á polvo fino, este aun con un pequeño espesor, no deja pasar más que una débil parte de la luz incidente á causa de la refracción y reflexión. En los rayos X, por el contrario, las capas pulverulentas presentan la misma transparencia que la masa sólida de un cuerpo, experiencias que han sido hechas con la sal gemmosa, la plata electrolítica y el zinc finamente pulverizados, sin que la pantalla fluorescente haya dado ningún indicio de transparencia entre la materia pulverulenta y el sólido coherente. Los rayos X, pues, ni se reflejan ni se refractan y claro es, por tanto, que las lentes son inútiles para concentrarlos.

8.º Debemos hacer mención de una observación que á primera vista parece indicar que los rayos X, pueden reflejarse. Exponiendo á su acción una placa protegida por una hoja de papel negro, de manera que la cara libre mire al tubo y recubriendo parcialmente la cara sensible con piezas de aluminio, platino y zinc en forma de estrellas, se nota en el negativo revelado, que la placa se había impresionado ante el platino, el plomo y aún más ante el zinc: el aluminio no daba paso á la imagen, por lo que parece que aquellos tres metales pueden reflejar los rayos X. Relacionando el resultado de la transparencia del polvo y el hecho de que el estado de la superficie no ejerce acción al paso de los rayos, á través de los cuerpos, se puede deducir

que la reflexión regular no existe, pero que los cuerpos desempeñan con estos rayos el mismo papel que otros medios turbios frente á la luz. Puesto que no se observa ningún indicio de reflexión en la superficie de separación de dos medios, parece probable que los rayos X, tienen la misma velocidad á través de todas las substancias y que las moléculas los detienen con tanta más fuerza, cuanto mayor es la densidad.

9.º Parece posible, que la disposición geométrica de las moléculas, modifique la acción de estos rayos, variando los fenómenos según la orientación que se dé á la lámina con relación al eje del cristal: sin embargo, experiencias hechas con el cuarzo y el espato fluor no han dado resultado.

10.º Sabemos que M. Leonard ha demostrado, que los rayos catódicos son modificaciones del éter, y que atraviesan todos los cuerpos. Lo mismo ocurre con los rayos X, pero como resultado de mis experiencias, he podido comprobar que el aire absorbe estos rayos mucho menos que los catódicos, resultado que está de acuerdo con lo anteriormente manifestado, de que la fluorescencia de la pantalla puede observarse aun á dos metros de distancia del tubo: en general todos los cuerpos se conducen como el aire, que son más transparentes para los rayos X, que para los catódicos.

11.º Una distinción notable entre ambos rayos y que constituye un carácter especial en ellos, es que no se ha podido observar ninguna desviación de los rayos X, en los campos magnéticos, aun los más intensos, siendo por el contrario una propiedad caracte-

rística de los catódicos su desviación por la acción de un imán.

12.º Los rayos X, no son idénticos á los catódicos, pero son producidos por estos en la superficie del tubo: efectivamente vemos que en el sitio donde aparece la fosforescencia más brillante, nacen y se propagan en todas direcciones los rayos X, es decir, que estos se producen en el punto donde los catódicos hieren el cristal; desplazando unos, se ven nacer los otros en el mismo lugar, ó sea en la extremidad de los rayos del catodo.

13.º Los rayos X, no se producen solamente en el cristal: se han obtenido también en aparatos formados por láminas de aluminio de dos milímetros de espesor y se continúan las experiencias con otras substancias.

14.º El nombre de *rayos* dado á este fenómeno se justifica por las siluetas regulares que se obtienen, interponiendo un cuerpo cualquiera entre ellos y la placa fotográfica ó la pantalla fluorescente.

15.º Se ha intentado producir la interferencia de los rayos X, pero sin resultado, á causa, quizás, de su poca intensidad.

16.º Tampoco están terminadas las observaciones sobre la acción que puedan ejercer sobre ellos las fuerzas electro-estáticas.

17.º Se preguntará: ¿qué son pues, estos rayos? Puesto que no son los catódicos, podría suponerse por su facultad de producir la fluorescencia y la acción química, que son debidos á la luz ultra-violada, pero un conjunto de pruebas están en contradicción con esta hipótesis. Si los rayos X, fuesen en realidad la luz

ultra-violada, esta luz debía poseer las propiedades siguientes: no refractarse al pasar del aire al agua, al sulfuro de carbono, al aluminio, á la sal gemma, al cristal ó al zinc: no reflejarse en la superficie de los cuerpos citados: no polarizarse por ninguno de los medios polarizantes ordinarios: depender su absorción por los diferentes cuerpos de la densidad de estos. Esto equivaldría á decir que los rayos ultra-violados debían conducirse de una manera muy diferente á los rayos visibles supra-rojos y ultra violados ya conocidos, lo que sería inverosímil.

Ya hemos dicho anteriormente que los rayos X, nacen cuando los catódicos producidos en un tubo de Crookes encuentran un obstáculo á su libre trasmisión, de modo que al chocar en la pared de cristal opuesta al catodo dan lugar á una fluorescencia verdosa, emando á su vez de este punto nuevos rayos que no son otros que los X.

Diversas experiencias posteriores, han demostrado que estos últimos rayos no emanan directamente del catodo. En efecto, si en el punto de llegada de los rayos catódicos en un tubo, se desplazan estos por medio de un imán, veremos nacer los X en este nuevo punto; ahora bien, como sabemos que estos rayos no sufren influencia alguna magnética, fuerza es admitir que son debidos al choque de los catódicos contra la pared.

Si se opera con un tubo esférico completamente iluminado por la chispa eléctrica, notamos entonces que las radiaciones de Röntgen parten de todos los puntos de la ampolla, sin que la posición ni dirección del catodo influyan para nada.

Por algún tiempo y debido á las experiencias de M. de Heen de Lieja y á las de Mrs. Girard y Bordas, se ha creído que los rayos X emanaban, según el primero del anodo solamente, y según los segundos del anodo y catodo á la vez; pero M. Perrin, que en Francia se ha dedicado al estudio especial de estos rayos, ha demostrado que nacen en los puntos en que un obstáculo cualquiera detiene á los catódicos, cuyos puntos puede constituirlos el anodo. Esta afirmación permite explicar el funcionamiento de los tubos focos de M. Sylvanus y V. Thomson. En estos tubos los rayos catódicos se reciben en una pantalla de platino y precisamente aquí nacen los X que son emitidos por la pantalla y que atravesando la pared del tubo pueden utilizarse fuera de él.

Conocemos pues el origen de los rayos X. ¿Cuál es su naturaleza? La respuesta no puede ser categórica; muchas teorías se han emitido para explicar la formación de estas radiaciones invisibles, pero ninguna satisface de una manera absoluta.

M. Ed. Guillaume expone las tres teorías principales por las cuales se ha pretendido explicarlo: 1.º La teoría materialista.— 2.º La de las vibraciones longitudinales y 3.º La de las vibraciones transversales y cortas de la onda del éter.

La teoría materialista, expuesta por M. Testa en un artículo de *L'Electrical Review* dá como prueba que los rayos X, al atravesar el cerebro de una persona, le producen soñolencia y la impresión de que el tiempo pasa rápidamente. Hay que conceder que la prueba es concluyente. Además cree M. Testa que podrían aprovecharse los rayos X para hacer penetrar en el

interior del cuerpo humano, sustancias medicamentosas perfeccionando de esta manera el método hipodérmico. Otros hechos se relacionan indirectamente á esta teoría, tales como que los rayos X producen la calvicie, provocan erupciones ecrematosas, causan sensación de bienestar en los tuberculosos, tienen cierta acción sobre los microbios, etc. M. Lacarde también ha comunicado á la Academia de Ciencias, que continuando tres días seguidos la acción de estos rayos en conejos, se ocasiona un aumento de eliminación de los fosfatos en las orinas.

Además de necesitarse nuevas observaciones para deducir algo concreto de estos hechos, es muy posible que algunos de estos resultados han sido debidos simplemente al ozono que en gran abundancia se produce en las proximidades de una bobina de inducción en actividad; así que en la actualidad no puede tomarse la teoría materialista en seria consideración.

La teoría de las vibraciones longitudinales del éter carece de bases sólidas por haber sido poco estudiada y necesitar nuevas observaciones.

Por último, la teoría de las vibraciones transversales y cortas de la onda del éter, parece ser la más satisfactoria sin dejar por eso de ser discutible. Pudiera creerse que los rayos X son emitidos por la parte ultra-violada del espectro puesto que sabemos que la luz blanca al descomponerse á través de un prisma transparente dá una parte visible formada por los siete colores del iris, y otras que puede decirse invisibles y que solo procedimientos especiales no permiten apreciar, de las que una precede al rojo y se llama infra-rojo, constituyendo el espectro calorífico y

otra sigue al violado, llamándose ultra-violado y que forma el espectro químico. En esta región los rayos emitidos son invisibles, pero manifiestan su presencia por que impresionan la placa fotográfica, descargan los cuerpos electrizados y producen fenómenos de fluorescencia.

Estas propiedades las tienen los rayos X, pero M. Röntgen, como ya antes hemos dicho, ha demostrado que la nueva luz no se refracta, no se refleja, no se polariza y se absorve por los cuerpos en razón directa á su densidad.

A consecuencia de estas objeciones es por lo que M. Röntgen presenta como posible la teoría de las vibraciones longitudinales sin negar por esto que la hipótesis ha sido poco estudiada.

Según M. Guillaume podría intentarse una experiencia para revelar la naturaleza de las radiaciones de Röntgen: la velocidad de los rayos X. En el estado actual de la ciencia no se podría hacer esta determinación ni por el procedimiento de Foucault basado en la reflexión, ni por el de Viscasa, que exige además una gran base de experiencia; pero quizás con ayuda de un instrumento análogo al fosforoscopio de Becquerel, se podrá intentar medir la velocidad de los expresados rayos, estudiando la fosforescencia de estos á cierta distancia del tubo de Crookes, y si no pudiese medirse por su gran velocidad, habria un argumento más para la teoría óptica del fenómeno.

M. Olivier publicó un artículo en «La Presse Médicale», en el que decía que los rayos X, así como los catódicos, no están constituidos por un hazesillo homogéneo y que así como los diversos rayos del espec-

tro tienen propiedades distintas de refracción y reflexión en un mismo cuerpo, es muy posible que si disecásemos el haz de Röntgen y estudiásemos el cortejo de rayos desconocidos que lo forman, encontraremos en estos diferencias, atravesando unos un medio mejor ó menos bien que otros, de modo que empleando sólo una selección de estas radiaciones, podríamos fotografiar á voluntad el hueso, el músculo, el corazón, el nervio, etc.; presentándolos aislados.

W. Röntgen, después de continuar las observaciones de M. Leonard, efectuándolas en una cámara construída expresamente para que estuviesen al abrigo, no sólo del campo eléctrico del tubo de Crookes y de los hilos conductores de la bobina, sino también del aire próximo al aparato de descarga, obtuvo las conclusiones siguientes: 1.º Los cuerpos electrizados positiva ó negativamente que están en el aire, se descargan cuando se les expone á la acción de los rayos X, con tanta mayor rapidez cuanto más intensos son estos; es indiferente que los cuerpos electrizados sean aisladores ó conductores, sin que tampoco influya nada el signo de la electricidad: 2.º Cuando un conductor electrizado se introduce en un aislador sólido, como por ejemplo la parafina, la acción de los rayos deja una huella sobre la capa aisladora: 3.º Si se recubre la capa aisladora de un conductor, terminándola en tierra no se observa señal alguna: 4.º Lo anterior parece demostrar que el aire expuesto á los rayos X, adquiere la propiedad de descargar los cuerpos con quienes se pone en contacto: 5.º El aire conserva esta propiedad algún tiempo después de su exposi-

ción á los rayos X, siendo posible descargar cuerpos electrizados llevando á ellos aire que ha recibido la radiación; por medio de un aparato construído expresamente al objeto, se ha podido comprobar el hecho: 6.º Al cabo de algún tiempo el aire pierde esta propiedad, pero aun no es posible decir, si la pierde por sí solo ó por contacto con un cuerpo: 7.º Cuando los cuerpos electrizados se colocan no en el aire, si no en el hidrógeno seco, los rayos X los descargan igualmente, si bien de una manera al parecer más lenta: 8.º En un vacío llevado á un grado extremo la descarga de un cuerpo es 70 veces más lenta que si estuviese en un recinto lleno de aire ó de hidrógeno á la presión ordinaria.

Uno de los caracteres de los rayos Röntgen, es su inacción con respecto á la retina. Rochar y Deriex han querido explicar este hecho por la opacidad del cristalino y de los medios del ojo. A priori esta explicación parece errónea porque parece imposible que estos rayos no atravesasen el cristalino ni el humor vitreo cuando no son detenidos por ningún otro cuerpo orgánico. M. Guillaume y el Doctor Bardet, han hecho experiencias sobre esto y creen sea debido á la opacidad relativa de los líquidos del ojo y á la propiedad de absorber más ó menos los diversos rayos luminosos.

La presencia de los rayos X en la luz solar, no se ha podido comprobar: para ello se han hecho diversas observaciones á diferentes latitudes y aun en auroras boreales, sin obtener resultado alguno.

Se ha tratado de investigar si todos los cuerpos cuya fluorescencia es intensa, podrían emitir además de los

rayos luminosos, los rayos X, cualquiera que fuese la causa de aquella, en cuyo caso no serían debidos solamente á la electricidad. M. Henry ha comprobado que el sulfuro de carbono sometido á la acción de los rayos solares ó á los de la luz de magnesio, podían seguidamente impresionar la placa fotográfica á través de una lámina de aluminio, como lo harían los rayos Röntgen.

M. Beequerel demostró que en las sales de uranio existían radiaciones que atravesaban los cuerpos opacos, reflejándose y refractándose aun cuando hubiesen permanecido mucho tiempo en la obscuridad; el cristal de uranio produce una fluorescencia visible después de haber estado expuesto á la luz, pero pierde su esplendor al volver á colocarlo en la obscuridad; pero en esta condición existen los nuevos rayos y parece, según dice Poincaré, que estos cuerpos acumulan en sí una cantidad de energía que gastan bajo la forma de rayos Beequerel, los que la luz y los agentes exteriores no pueden renovar, pero que se agotan muy lentamente, al contrario de la energía que gasta bajo la forma de luz visible que se agota rápidamente, pero que puede ser renovada por los agentes exteriores. Con el sulfuro de zinc y el sulfuro de calcio recientemente preparado, se han obtenido iguales resultados.

Los rayos Beequerel son verdaderamente muy parecidos en propiedades á los Röntgen, pero se reflejan, se refractan y se polarizan por la turmalina.

El Dr. Le Bon ha dado el nombre de luz negra á una especie de radiaciones que impresionan la placa fotográfica y son susceptibles de atravesar los me-

tales. Para demostrarlo exponía durante tres horas á la luz de una lámpara de petróleo, un chasis en el que introducía una placa sensible, encima un cliché cualquiera y sobre éste una lámina de hierro que lo cubriese completamente, y aunque algo pálida, se desarrollaba la imagen del cliché.

La influencia de estos rayos ha tenido muchísimas objeciones, y en la actualidad continúan las experiencias sobre este punto.

Desde su principio, el descubrimiento de Roentgen ha tenido importantísimas aplicaciones á la medicina y á la cirugía, y á medida que los tubos de Crookes se van perfeccionando, aumentando su fuerza de penetración, las observaciones son aun más interesantes. Ya en 1896 el Dr. Fournier en una Memoria presentada á la Academia de medicina, manifestaba que el tegido muscular, como menos denso, era fácilmente atravesado por los rayos X, en tanto que los huesos le oponían una resistencia mayor. Siendo muy desigual la densidad de los órganos, ya por su constitución celular, ya por su riqueza sanguínea, sus sombras se pueden dibujar con más ó menos intensidad, empleando, tubos de un poder emisor conocido.

Para los órganos internos, que por el hecho de la respiración y circulación están en continuo movimiento, la radioscopia es más útil que la radiografía. Coloquemos en una cámara obscura un niño de pié, ante una pantalla fluorescente; detrás de él y á la altura de una línea que pasase por las extremidades inferiores de los omoplatos, un tubo de Crookes en el que actúa una bobina de Ruhmkorff, y veremos en la

pantalla las siluetas de los órganos contenidos en el torax y abdomen, y el armazón huesoso, cuyas sombras son menos intensas que las producidas por los botones de metal del vestido. Como las sombras se atenúan unas á otras, fácilmente se reconocen todos los órganos teniendo los naturales conocimientos anatómicos.

Vemos la caja torácica con el esternón vertical y la inserción flexible de las costillas, láminas delgadas separadas por espacios claros. El pulmón que es uno de los tegidos más friables del organismo, es casi completamente atravesado por las radiaciones.

Al nivel del esternón y en su centro, se destaca hacia la izquierda una sombra negra y obscura que se mueve y agita con velocidad, lo que indica la presencia del corazón. Inmediatamente debajo de ella y en la parte abdominal derecha, una masa triangular negra indica los límites del hígado, que baja profundamente con el diafragma, ensanchando la caja torácica y alargando las costillas en la inspiración, en tanto que los órganos vuelven á su lugar y el hígado sube al epigastrio derecho en la espiración. En los movimientos inspiratorios, como los pulmones se ingurgitan de sangre, se hacen más refractarios al paso de los rayos X y se obscurecen, en tanto que en los de espiración se aclaran de nuevo; estas alternativas de intensidad luminosa, ligadas al movimiento de los órganos, dejan discernir sobre la fisiología de ellos.

A la izquierda del hígado, una mancha algo más clara pero de contornos sinuosos y poco limitados, indica la situación del estómago. La masa intestinal es confusa y su sombra varía por el espesor de los

paquetes de grasa que se reparten desigualmente en ella.

En la comunicación que Mr. Bouchard dirigió á la Academia de ciencias en 1896, decía que si se coloca un hombre bien conformado entre el tubo de Crookes y una pantalla fluorescente, se vé en esta trazado el esqueleto del torax, figurado por una banda negra vertical de bordes paralelos y á cada lado bandas oblicuas menos obscuras que representan las costillas. Además se ve á la derecha de las columnas y hacia el medio de la región dorsal una sombra que indica al corazón, del que se distinguen los latidos. Vemos además el hígado, con su convexidad superior, que sube y baja en la cavidad torácica siguiendo los movimientos respiratorios. Fuera de estas sombras, el resto del torax aparece igualmente claro en los dos lados. El mediastino, oculto por la sombra de la columna, no se nota.

Entre las diversas aplicaciones de los rayos X, al diagnóstico médico, dice Mr. Bouchard que ha observado á tres enfermos de pleuresia derecha con derrame, notando que el lado del torax ocupado por el líquido pleurítico, presenta una sombra que contrasta con el aspecto del lado sano; si el derrame no llena la totalidad de la cavidad, el vértice de este lado queda claro y la sombra señala el límite superior, lo mismo que los otros medios habituales de exploración; y á medida que desciende á las partes inferiores donde el derrame es más espeso, la sombra es más obscura y se confunde con la del hígado. Además el mediastino que no es aparente en el estado normal, dá una sombra á la izquierda de la columna en forma de trián-

gulo con el vértice superior, y cuya base se continúa con el corazón. Este triángulo es la sombra dada por el mediastino que es desplazado por el impulso lateral del derrame y rechazado hacia el lado sano del torax.

En otro enfermo en donde no existía derrame pero que este había dejado una retracción del lado del padecimiento, en este lado era donde el mediastino desplazado hacía sombra.

El diagnóstico hecho por estos medios es de una gran precisión y puede confirmarse con los procedimientos habituales de exploración, teniendo la ventaja sobre ellos de que á la vez pueden ser apreciadas por varias personas, la existencia, extensión y profundidad de un derrame, sin necesidad de hacerlo personalmente.

Inútil parece, indicar las diversas aplicaciones de la radioscopia en el estudio de estos derrames, y en la investigación de los cambios de volumen, forma ó densidad, que la enfermedad puede producir en los órganos profundos.

Continuando las observaciones en un caso de pleuresia de los citados anteriormente, se ha visto el tinte claro del vértice del pulmón aumentar de extensión conforme se reabsorbía el derrame.

En la tuberculosis pulmonar también presta grandes servicios la radioscopia. Habiendo observado que en uno de los enfermos la opacidad persistía en el vértice, en tanto que una placa clara aparecía hacia el medio del lado donde disminuía el derrame, y que aun siendo la reabsorción casi completa el vértice permanecía obscuro, cosa que no había ocurrido en

los otros casos, hizo sospechar que existía una condensación del tejido pulmonar del lado enfermo. La percusión y la auscultación confirmaron la existencia de una infiltración incipiente que el derrame había ocultado y que el examen radioscópico puso de manifiesto.

En los tuberculosos examinados con ayuda de la pantalla fluorescente, se ven las sombras de las lesiones pulmonares: sus límites están en relación con lo que otros métodos de exploración indican, y su intensidad en relación con la profundidad de la lesión. En dos casos las manchas claras que aparecen en el fondo obscuro, han señalado la presencia de cavernas, confirmada por la auscultación, pero en otro en que esta demostraba la existencia de escavaciones, no han sido vistas por el examen radioscópico.

En un enfermo en que la tos y los síntomas generales hicieron sospechar un principio de tuberculosis, pero que ni los signos físicos ni el examen de la expectoración donde se encontraron bacillus, permitía hacer un diagnóstico seguro, la radioscopia demostró que el vértice de uno de los pulmones era menos permeable y efectivamente pocos días después lo confirmaron la auscultación y el examen bacteriológico.

En las afecciones de pecho, la radioscopia dá indicios semejantes á los de la percusión. Cuando el aire es eliminado del pulmón, más ó menos completamente por el derrame de un líquido ó por un tejido morboso infiltrado, la claridad radiscópica disminuye, produciéndose una obscuridad mayor ó menor, y al mismo tiempo la sonoridad normal se atenúa, pu-

di endo ser reemplazada por la matitez ó submatitez.

En los casos de duda del diagnóstico, de la gota ó del reumatismo crónico, la intervención de los rayos X, puede prestar grandes servicios. En 1897, M. Potain presentó varias radiografías de extremidades de sujetos atacados de alguna de estas afecciones. Mientras que en los reumáticos la osteitis condensante de las extremidades huesosas dá á estas una opacidad muy grande, en los gotosos por el contrario se observa al nivel de las extremidades de las falanjes, de los metacarpianos y algunas veces en el cuerpo del hueso manchas blanquecinas rodeadas comunmente de una pequeña aureola obscura. Estas manchas parecen ser debidas á la transformación de la substancia huesosa, ocasionada por la sustitución de los uratos por el fosfato de cal que entra en la composición de los huesos, haciéndolos más transparentes. Se concibe, igualmente, que la osteitis condensante provocada por estos depósitos en sus proximidades, determine la formación de zonas relativamente opacas.

En las personas atacadas de nudosidades de Heberden, lesión cuya naturaleza gotosa está puesta en duda, se notan al nivel de las falanjes, manchas transparentes que parecen inclinar la opinión en favor de los que admiten la gota como origen de esta afección.

El diagnóstico de los cálculos renales y vexicales, se facilita mucho con estos rayos, pues como aquellos están formados de uratos ó fosfatos alcalinos y alcalino-terrosos, son poco transparentes y puede designarse con seguridad su situación y tamaño.

Este nuevo medio de exploración, puede tener también una aplicación muy útil en obstetricia, pues parece posible determinar la posición del feto y su presentación y aun quizás su sexo antes de nacer. En la parte médico-legal también pueden prestar muy buenos servicios las radiaciones de Röntgen, haciendo manifiesto si los pulmones fetales han respirado y por lo tanto el aire atmosférico ha penetrado en ellos, pues en el caso contrario el cliché presentaría una mancha oscura.

En el cadáver de un recién nacido, se pueden reconocer los puntos de osificación y por último designar la existencia de monstruosidades.

En cirugía es donde los rayos X parecen tener sus más importantes y diversas aplicaciones. Por este medio de investigación se puede determinar la existencia y situación de proyectiles y cuerpos extraños introducidos en el organismo. Muchos objetos deglutivos por los niños y cuya verdadera situación se desconocía, ha sido determinada por estas radiaciones, indicando así el tratamiento más conveniente según que el cuerpo extraño se encuentre en el esófago ó en las vías respiratorias. También se han podido fijar en algunos casos la posición de agujas introducidas en el cuerpo, pudiendo ser extraídas sin causar grandes lesiones.

Podemos también utilizar los mencionados rayos para vigilar las sondas uretrales y los endoscopios colocados en ciertas operaciones, así como los tubos laríngeos que se emplean en la traqueotomía por si ha sufrido alguna perturbación en su posición ó está obstruido por alguna falsa membrana.

En las afecciones ó lesiones huesosas, como osteítis, artritis, escrófulas, etc., las partes enfermas se conducen como cuerpos extraños, pues en general son debidas á una modificación ó á una destrucción del tegido huesoso, en cuyo caso los secuestros producen accesos por los cuales la economía procura desembarazarse de ellos. En otros casos la parte huesosa afectada presenta naturalmente más transparencia que la parte sana, pudiéndose así determinar exactamente el sitio, la forma y las modificaciones patológicas consecutivas; de este modo podremos asegurarnos de la extensión del mal y establecer el tratamiento conveniente.

Una cuestión difícil que se presenta en la radiografía es determinar el sitio exacto donde está alojado un cuerpo extraño en el interior del organismo, pues la imagen no se vé más que en un plano sin marcar relieve alguno, así que por ejemplo, es muy difícil hallar el sitio exacto donde se halla alojado un proyectil en el cráneo, ó la pared de la faringe donde está elevado un alfiler deglutido.

Para evitar estos inconvenientes M. Remy y M. Contremoulins han tratado de construir un instrumento especial basado en el método de Laussedat para el levantamiento de planos, con el que se pueda determinar el sitio exacto por medio de tres puntos fijos en el exterior. M. Remy hizo una prueba en el cráneo de un cadáver donde introdujo una bala de revolver por el agujero occipital. He aquí como procedió: En dos planchas metálicas unidas en ángulo recto se fijó una plantilla de madera que rodeaba exactamente el cráneo desde la frente al medio del occipital. Fijo así el

cráneo, se adapta á uno de los lados un chasis para placas de  $24 \times 30$ . Al otro lado del cráneo colocó dos soportes para dos tubos de Crookes situados á 28 centímetros de distancia el uno del otro. Haciendo obrar alternativamente los dos tubos sobre una placa sensible, los rayos emanados de causas separadas, pueden dar las intercepciones de proyecciones necesarias para hacer un dibujo geométrico. En el cráneo de la experiencia se colocaron exteriormente tres puntos metálicos, uno en la frente y los otros dos bajo las órbitas. Estos tres puntos y el proyectil, dieron su imagen en las placas, ocupando una posición diferente según que para obtenerla se había hecho uso de uno ú otro de los tubos de Crookes. Por otra parte los chasis tenían interior y exteriormente marcas destinadas á determinar la posición exacta de la placa respecto á lo demás. Por último el observador colocado á cierta distancia tomaba dos imágenes fotográficas hechas cada una en un sitio bien determinado. La reunión de datos así obtenidos, permite construir un dibujo á escala de  $1:10$  según el método Laussedat.

Según el estudio geométrico, M. Contrimoulins construyó un aparato en el que sobre una plataforma se elevan cuatro columnas cuya posición y altura sea tal que el vertice de tres de ellas representen la posición de los tres puntos metálicos colocados en el cráneo, y la cuarta la posición del centro de la bala. Al mismo tiempo construyó un instrumento semejante á un compás de escultor, compuesto de cuatro ramas, de las que tres se aplican sobre el vértice de las columnas que en el exámen representan las marcas del

cráneo y la cuarta que es giratoria, vá á aplicarse al vértice de la columna correspondiente al sitio de alojamiento del proyectil.

Si se opera en el vivo, como no es posible que las marcas de la cara sean metálicas, se pueden hacer con un tinte cualquiera.

La misma explicación de este aparato puede servir para otras partes del cuerpo.

El aparato anterior es sumamente costoso y de difícil aplicación por lo que M. Brunel ha ideado un procedimiento más simple y que sólo exige una operación. Se colocan dos ampollas encima de pequeños diafragmas de cristal ó de metal, y bajo el miembro que se trata de inspeccionar una placa fotográfica. Las ampollas se montan en tensión, y los conductores de la bobina se unen á los electrodos opuestos de cada una de ellas. Se produce una intensidad diferente de bombardeo catódico, en el que nada influye la resistencia desigual de cada ampolla. De este modo se obtendrá la proyección de la bala en dos sitios distintos: no queda más que medir la distancia de las ampollas trasladando á un papel graduado las proporciones debidas; la altura del triángulo dará la situación exacta del cuerpo extraño.

No solamente se emplean los rayos X como medio de investigación para el diagnóstico, sino que por su acción irritante en los tejidos, se ha creído poder utilizarlos como medio curativo.

Mr. Bouchard creyendo que la irritación era mayor en los tejidos que no se dejan atravesar por estos rayos y que por lo tanto los absorven, pensó en aplicarlos para las regeneraciones huesosas. En un joven

linfático que sufrió una fractura del femur, no se consolidaba el cayo huesoso como ordinariamente debía suceder, debido á la diatesis del individuo. Habiéndolo sometido á la acción de los rayos X, se consiguió una rápida consolidación.

En 1896 M. Loutet, decano de la Facultad de Medicina de Lyon, escribió una Memoria acerca de la atenuación de la tuberculosis por la acción de estos rayos. Habiendo inoculado la tuberculosis á ocho conejos de Indias y sometiendo tres de ellos á la acción diaria de los X, observó que al cabo de seis semanas estos tres estaban completamente libres de toda enfermedad, mientras que los otros cinco presentaban ulceraciones tuberculosas en los puntos de la inoculación.

MM. Du Cartel y Potain trataron por este medio un joven cuyo estado parecía desesperado: la fiebre desapareció bruscamente y el enfermo se restableció milagrosamente; sin embargo, M. Potain hizo notar que la fiebre empezó á descender la víspera de la aplicación de los rayos X.

A pesar de lo expuesto, este medio no ha dado resultado alguno satisfactorio en los diversos casos de observaciones detenidas hechas al objeto. Quizás los adelantos que cada día se hacen en este estudio, permitan algún día obtener resultados más positivos.

La acción de los expresados rayos puede modificar la evolución de algunas enfermedades, habiéndose obtenido resultados felices en el cancer. Se cita el caso de un individuo con un tumor canceroso en el epigastrio, cuyo desarrollo fué muy rápido y al que ningún tratamiento pudo hacer disminuir. A los tres meses próximamente tuvo diversos ataques de melena, gran

demacración y color pálido muy acentuado; además sufría frecuentemente intensos dolores y latidos del tumor percibidos por el enfermo. Para detener el desarrollo de una caquexia que podría producir una muerte repentina y próxima por el síncope, se le pusieron inyecciones de suero artificial. Empezaron las aplicaciones de los rayos X, siendo entonces el tumor enorme y ocupando el epigastrio como si fuera la cabeza de un feto de 8 meses, con todos los síntomas propios de esta afección. Se le sometió á dos sesiones diarias de media hora cada una, en las que se dirigía sobre el tumor la luz producida por un tubo en forma de pera y empleando para ello una bobina de cinco centímetros de chispa. Bajo la influencia de este tratamiento, los síntomas dolorosos disminuyeron, el estado general mejoró, el color pálido desapareció, y lo que es más importante, el volumen del tumor disminuyó notablemente, cesando los latidos arteriales.

Este método contra el cancer puede explicarse creyendo á los rayos X capaces de efectuar una verdadera electrolisis intercelular.

Observaciones recientes hacen creer que las mencionadas radiaciones pueden ser un agente de atenuación de las bacterias y por último MM. Loubeloque y Achax hicieron experiencias dirigiendo dos horas diarias rayos poderosos sobre cultivos de bacterios cuya virulencia fué muy atenuada.

No todas son ventajas en la aplicación de los rayos X, pues también tiene sus inconvenientes, exigiendo precauciones las manipulaciones radiográficas. Se cita el caso de un joven que se prestó voluntaria-

mente para una radiografía del cráneo, que sintió una sensación de quemadura, quedando completamente calvo.

Yo he tenido ocasión de ver un individuo sometido á observaciones radioscópias de la laringe en el que desapareció todo el pelo de la barba, si bien al cabo de un año, empezó esta á poblarse de nuevo.

Un dependiente de una casa comercial de electricidad, notó después de algunas semanas, durante las cuales había estado expuesto varias horas á la acción de un tubo de Crookes, que sus dedos se cubrían de vesículas de color negro; pero á poco la piel enrojecía aumentando la irritación y el dolor; después se secaba la piel y se descarnaba, pero volvían los síntomas anteriores sin que cesase el dolor hasta que caían las uñas, dejando escapar un líquido fétido. Estos casos han sido frecuentes y en alguno de ellos la lesión no ha sido solamente dérmica, sino que atacaba á las partes profundas, presentándose verdaderas osteitis y periostitis. A consecuencia de una exposición abdominal se presentó un absceso refractario en una joven de diez y seis años, si bien la idiosincracia nerviosa de la enferma debió influir mucho para el desarrollo de esta afección.

Los rayos X, por un mecanismo que ignoramos, producen los mismos efectos que las neuritis periféricas; escaras, pseudo-gangrena y asfixia local, ya porque el tejido nervioso es directamente atacado y los tejidos que de él dependen pierden su nutrición, ó ya porque los rayos obran sobre los mismos tejidos efectuando una verdadera electrolisis.

Parece, en efecto, que hay una verdadera acción de electricidad molecular y M. Bordied observó que bajo su influencia la presión osmótica disminuye. Sabemos que durante el fenómeno de la osmosis se produce entre las dos caras del septum, á través del cual se efectúa el paso de líquidos, una diferencia de potencial muy debil y M. Baudin para investigar si las acciones electro-capilares producidas por las corrientes de endosmosis y exosmosis pueden modificarse por las radiaciones de Röntgen, sometió á la acción de un tubo de Crookes un osmometro construido expresamente para que los rayos lo atravesasen, y pudo observar que la ascension del liquido, se moderaba cada vez que accionaba el tubo. Este fenómeno no era debido al campo eléctrico, puesto que no se modificaba por la interposicion de una lamina delgada de aluminio, creyendo que obedecia probablemente á la influencia perturbadora de los rayos X, sobre las acciones electro-capilares situadas en el pergamino durante la osmosis.

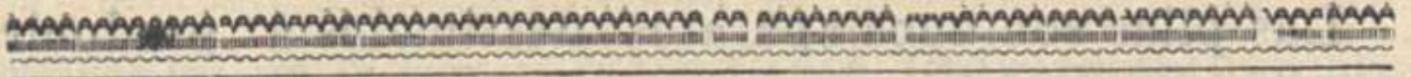
Como en el ser vivo se efectúan una multitud de cambios intercelulares por medio de la osmosis, es posible que cuando el haz de rayos X, atraviesa durante algún tiempo una region del organismo, los cambios de líquidos entre las células disminuyan, y la nutricion de los tejidos se encuentre así más ó menos alterada. Tal es quizás la explicacion de algunos efectos terapéuticos de los rayos X.

Por último, según MM. Segny y Quenisset, se han observado alteraciones cardiacas, palpitaciones y angustia precordial, en enfermos tratados por

estas radiaciones; perturbaciones cardiacas que no pueden menos que debilitar un organismo ya por sí debilitado á causa de la enfermedad.

---





corrientes eléctricas bajo la influencia de reacciones químicas y de aquí la definición de Faraday, de que la corriente eléctrica es una acción química en circulación. De este modo es posible utilizar en un punto dado, la energía de las acciones químicas que se efectúan en otro diferente.

El descubrimiento de las pilas fue debido al profesor italiano Galvani, el que haciendo experiencias de acción de la irritabilidad nerviosa de los animales de anejo tipo, observó que las partes de una rana recién muerta colocadas en la base de una pila eléctrica, se contractaban al tiempo de hacer la conexión de los dos polos eléctricos con un conducto. Al principio atribuyó esto a una especie de choque de retortido.

**La Radiografía** es la producción de imágenes fotográficas en placas convenientemente preparadas, á través de cuerpos completamente opacos.

**La Radioscopia** consiste en la proyección de sombras de estos mismos cuerpos en pantallas fluorescentes, por medio de los rayos X.

Para la producción de estos rayos, es decir, para hacer pasar á través de un tubo de Crookes descargas eléctricas que con la intervención de los rayos catódicos provoquen la formación de las radiaciones Röntgen, y para hacer con estas las experiencias que se deseen, son necesarios diversos aparatos, de los que nos vamos á ocupar.

Los generadores de la electricidad necesaria para las expresadas experiencias, pueden ser las pilas, los acumuladores ó la corriente continua que proporcionan los dinamos de las fábricas.

Las pilas son unos aparatos destinados á producir corrientes eléctricas bajo la influencia de reacciones químicas y de aquí la definición de Faraday, de que *la corriente eléctrica es una acción química en circulación*. De este modo es posible utilizar en un punto dado, la energía de las acciones químicas que se efectúan en otro diferente.

El descubrimiento de las pilas fué debido al profesor italiano Galvani, el que haciendo experiencias acerca de la irritabilidad nerviosa de los animales de sangre fría, observó que las ancas de una rana recién muerta, colocadas en la base de una máquina eléctrica, se contraían si al tiempo de sacar la chispa se tocaban sus nervios erurales con un escalpelo. Al principio atribuyó esto á una especie de choque de retroceso, pero reproduciendo las experiencias por medio de descargas atmosféricas, notó que bastaba cerrar el circuito entre dichos nervios y los músculos de las piernas, para que se presentasen las contracciones, admitiendo para su explicación la existencia de la electricidad animal y asimilando los músculos á una botella de Leyden ó condensador, y los nervios á conductores puestos en comunicación por las armaduras.

Volta, italiano también, que en un principio participó de las ideas de Galvani, negó después la existencia de la electricidad animal, admitiendo sólo la de la electricidad metálica, pues decía que las constracciones nerviosas, eran debidas á la acción eléctrica desarrollada por el simple contacto de los dos metales de que generalmente se componía el arco escitador ó conductor que ponía en comunicación los nervios con los

músculos de la rana; sin embargo, Galvani obtuvo los primeros resultados completando el circuito con el anca de otra rana, siendo el todo homogéneo y demostrando así la existencia de la electricidad animal.

Persistiendo Volta, en sus experiencias para demostrar el desarrollo de la electricidad por el simple contacto de dos metales distintos, es como llegó á construir su pila de columna que no es más que unos cuantos discos de diferentes metales de una pulgada de diámetro, superpuestos unos á otros y entre los cuales se interponen otros discos de diámetro algo menor, de carbón, cuero ú otra materia esponjosa, bien mojados en un líquido conductor. La pila de Volta, que puede decirse es la que ha dado origen á todos los generadores hidro-eléctricos, no fué considerada por éste más que bajo el punto de vista de la electricidad estática y de sus efectos fisiológicos, por lo que decía debía llamarse más bien órgano eléctrico artificial.

Más adelante Carhils y Nicholson al tratar de asegurarse del signo de la electricidad de la pila, descubrieron el interesante fenómeno de la *electrolisis* y por último Davy descompuso las tierras alcalinas.

La teoría de las pilas eléctricas, ha sido muy debatida. Sin ocuparnos de esta con extensión por no creerlo propio de este lugar. Sabemos que si se sumerge un trozo de zinc ordinario en agua mezclada con ácido sulfúrico, el zinc se disuelve, el agua se calienta y se desprenden burbujas de hidrógeno; el agua vá perdiendo su acidez, cargándose en cambio de sulfato de zinc. Si en vez del zinc ordinario, lo empleamos puro, es mucho menor el desprendimiento

del hidrógeno que se deposita sobre el zinc y cesa la acción.

Introduciendo después en este líquido otro trozo de cobre separado de aquel, pero unidos por un alambre, se observa que aunque el cobre no se disuelve, aparece hidrógeno sobre él, cosa que no sucedía antes de estar en contacto con el zinc y el agua se calienta menos, aumentando en cambio la temperatura en el alambre que une los dos metales, el cual adquiere ciertas propiedades, como son atraer las limaduras de hierro, orientar la aguja imantada, etc., debido al paso de una corriente eléctrica; pues siempre que se introducen parcialmente dos placas conductoras en un líquido que las ataque desigualmente, aparece una carga eléctrica positiva en la parte exterior de la menos atacada y otra de signo contrario en la más atacada. Esta electricidad permanece en estado estático, hasta que las placas se ponen en comunicación entre sí por medio de un alambre, en cuyo caso pasa por él una corriente, en razón á que cuando se unen por medio de un alambre dos cuerpos conductores cuyas potenciales sean distintas, se restablece entre ellos el nivel eléctrico, habiendo un traspaso de electricidad del cuerpo cuya potencial es mayor al otro en que es menor.

Esta corriente cesa al igualarse de potencial cuando son dos cuerpos electrizados y aislados los que se ponen en comunicación, pero cuando se trata de placas conductoras diferentes, sumergidas en un líquido acidulado, la corriente continúa mientras haya comunicación entre ambas. Esta corriente continúa se explica, porque teniendo presente que todos los metales

son atacables por el agua acidulada, cuando son puros, las burbujas de hidrógeno que se desprenden se depositan sobre ellos, los cubren y los protejen de la acción del ácido, pero al sumergir parcialmente los dos conductores en un líquido que los ataque desigualmente, se manifiestan en el primer momento los dos potenciales distintos que hemos dicho en sus extremos, pero seguidamente la parte sumergida se cubrirá de una capa de hidrógeno que la proteja, cesando la acción química. Estableciendo entonces la comunicación entre sus extremos exteriores, la corriente inicial descompondrá el agua, el hidrógeno abandonará el conductor más atacado y se acumulará sobre el otro, y entonces el primero, libre de la capa que lo protegía, será atacado de nuevo adquiriendo una nueva diferencia de potencial que dará origen á una nueva corriente que causará el mismo efecto que la anterior y así sucesivamente, estableciéndose la corriente continua.

Una pila eléctrica no es pues más que un elemento electrolítico en el cual la suma de las acciones que se efectúan en su interior, en vez de absorber energía, la deja en libertad. Como se comprende en todas ellas ha de haber un líquido escitador ó electrolito y de aquí el nombre de hidro-eléctricas, que reciben.

En general se dá el nombre de pila á todo aparato que fundado en los principios expuestos produce un desnivel eléctrico constante; cuando se trata de una sóla se suele decir elemento ó par, y á la agrupación de varios de estos se le llama batería.

Las planchas de metal atacable reciben el nombre de *electrodos*, llamándose positivo ó generador al más

atacado y negativo ó conductor al que lo es menos; los extremos de estos son los *polos*, positivo ó negativo, según el electrodo á que pertenecen. Los alambres unidos á los polos, se han llamado *reoforos* y cuando se emplea uno más largo, se le dice conductor.

Circuito es la reunión de la pila, los reoforos y el conductor, diciéndose que está abierto, roto ó interrumpido, cuando está cortado en un punto cualquiera y si el conductor no presenta una resistencia sensible al paso de la electricidad, se dice que está la pila en corto circuito.

Todos los electrodos pueden clasificarse según que sean conductores ó generadores unos de otros, formando una relación en que cada cual será más generador que el siguiente, pero este orden varía según el electrolito que se emplee, pues por ejemplo, con el ácido sulfúrico y con la sal común, el cobre es conductor respecto al hierro, pero con la sal amoniaco, sucede todo lo contrario. La elección de los electrodos no es indiferente: para el generador debe preferirse un metal cuya combinación con el radical electro-negativo del electrolito dé lugar al mayor desprendimiento posible de energía, y que toda esta pueda utilizarse, pero no se empleará uno que espontáneamente descomponga el agua, como el sodio ó el potasio, pues entonces se produce una acción tumultuosa que se manifiesta más bien como calor que como corriente; la energía se desarrolla demasiado y se desborda, por decirlo así, por no ser el líquido bastante conductor para darle paso á toda ella. El mejor generador parece ser el zinc, puro ó amalgamado, pues además de ser muy activo, apenas es atacado cuando la pila no

funciona, así que cada átomo que se disuelve, produce un efecto eléctrico utilizable en el circuito exterior, por lo que se le ha llamado el combustible eléctrico por excelencia.

Las condiciones que ha de llenar el electrodo conductor, son las de que el líquido escitador tenga por él la menor posible afinidad y la de no permitir que el hidrógeno permanezca adherido á su superficie, siendo el carbón y el platino los que generalmente se usan, á menos de una causa especial como ocurre en la pila Daniell. En las superficies rugosas, el hidrógeno se desprende con más facilidad por lo que cuando se usa el platino se platiniza además por la galvanoplastia para obtener un depósito granuloso: además es conveniente que este electrodo tenga mayor superficie respecto del otro, para que la capa de hidrógeno sea menos espesa y menor, por tanto, las modificaciones que experimente.

El metal que debe emplearse como electrodo debe ser puro, pues llenas las condiciones para que haya corriente, las impurezas, que en general son sustancias conductoras, constituyen otros tantos electrodos en contacto todos con el metal que hace las veces de uno común á todos, así pues habrá tantos elementos como núcleos de impurezas tenga. La energía entonces desarrollada no circulará toda por el alambre exterior que es donde puede observarse y utilizarse como corriente, sino que se repartirá proporcionalmente en todos los pares, volviéndose parte de ella y manifestándose en el líquido como calor. Esto es lo que ha recibido el nombre de *acciones locales* y como al montar una pila lo que se desea es aprovechar todo en

producir corriente á través del circuito exterior, conviene evitarlo empleando el zinc puro ó amalgamado, para que su superficie sea perfectamente homogénea.

El electrolito que se emplee en una pila, no debe atacar al zinc cuando el circuito esté abierto, y en cambio atacarlo enérgicamente cuando esté cerrado: ha de disolver fácilmente los productos á que dicho ataque dá lugar: tendrá poca resistencia específica: debe ser de fácil manejo, y por último, no dar lugar al desprendimiento de vapores deletéreos. No es preciso que este líquido sea precisamente ácido, pues también puede serlo neutro ó alcalino y de aquí la clasificación de las pilas en dos grandes grupos: pilas de líquido ácido y pilas de líquido no ácido.

En las primeras, el ácido generalmente empleado es el sulfúrico diluido en agua en la proporción de uno por diez ó doce, no usándose otra proporción por que atacaría espontáneamente al zinc amalgamado y además por que es necesaria suficiente cantidad de agua que vaya disolviendo el sulfato de zinc, evitando así las cristalizaciones.

El ácido nítrico tiene el inconveniente de atacar espontáneamente al zinc y producir además vapores molestos, dejando empobrecida la disolución.

Según Mr. Arsonval, el mejor líquido sería el agua acidulada con un décimo de su volúmen de ácido clorhídrico, pues además de no atacar al zinc, la sal que con esto se formaría, sería el cloruro de zinc mucho más soluble que el sulfato, pero tiene el mismo inconveniente que hemos dicho del ácido nítrico, desprenderse del agua produciendo vapores mal sanos.

También se han obtenido buenos resultados acidu-

lando el agua con un veinteavos de ácido sulfúrico y clorhídrico. Puede emplearse también el acético y en general todos los ácidos, pero ninguno es tan conveniente como el sulfúrico.

En las pilas de líquidos no ácidos, como esto es lo que constituye la peculiaridad de cada una de ellas, trataremos de esto al ocuparnos de dichas pilas.

Hasta ahora hemos visto la pila formada por dos electrodos distintos y un sólo líquido excitador, pero se comprende fácilmente que también puede formarse por dos electrodos iguales sumergidos en líquidos distintos que tengan diferente acción sobre cada uno de ellos. Es más, no es necesario que el electrolito ataque al metal que forma los electrodos, hasta que dicho líquido tenga reacción entre sí.

También se pueden formar pilas por dos electrodos idénticos bañados por gases distintos, capaces de combinarse y puestos en comunicación; esto se puede comprobar por medio del Voltmetro, no siendo en la actualidad nada prácticas.

Para que se produzca una corriente eléctrica en las pilas, es igual que el circuito se complete por un conductor que una los dos electrodos, ó que simplemente se toquen estos dentro ó fuera del líquido; lo que se necesita es que la energía irradiada por el electrodo atacado, encuentre camino para retornar á él.

Cuanto mayor sea la diferencia entre la acción del líquido sobre cada uno de los electrodos de una pila, mayor será la fuerza que obre sobre los radicales de él, y más rápida su descomposición y producción de energía libre, circulando mayor cantidad de electricidad, es decir, que la pila tendrá más fuerza electro-

motriz; para que esta no decrezca y la acción continúe con la misma intensidad, es preciso que los productos á que dicha descomposición dá lugar, se disuelvan á medida que se van formando, pues de lo contrario, impedirían el contacto entre este y los electrodos. Las sales que provienen del electrodo generador, suelen disolverse fácilmente, pero no sucede lo mismo con el hidrógeno que queda libre sobre el otro que al poco tiempo de cerrado el circuito, se le vé desprenderse y subir en burbujas. lo que parece indicar que todo el electrodo se halla cubierto de gas y como los gases son malos conductores, la resistencia aumenta y la corriente disminuye, siendo por tanto menor la fuerza electro-motriz á medida que funciona la pila. A la diferencia entre la tendencia cada vez mayor del elemento hidrógeno á apoderarse de los elementos ácidos que se orientan hácia el otro electrodo y la que tenía en su estado inicial, ó mejor dicho, si la diferencia entre la fuerza electro-motriz de la pila al empezar á funcionar y la que tiene cuando comienza á desprenderse el hidrógeno, es á lo que se ha llamado *fenómeno de polarización*, diciéndose que una pila está polarizada cuando su fuerza electro-motriz ha disminuido por esta causa.

Varios medios hay para corregir la polarización de una pila, impidiendo que el hidrógeno se acumule sobre la superficie del electrodo conductor, como son el agitar la pila ó simplemente este electrodo, el limpiarlo con un pincel, el dejar algunos minutos el circuito abierto, pues faltando la acción eléctrica que obligaba á los radicales á dirigirse al zinc, el hidrógeno se desprende en parte, el poner en oposición el

elemento polarizado de mayor fuerza electro-motriz, pues de este modo la corriente contraria que lo atravesara, acelera la reducción del hidrógeno por su acción electrolítica y otros; aunque estos medios hemos dicho corrigen el mal, el evitarlo ha sido el principal objetivo que ha dado lugar á las diferentes clases de pilas, siendo la base de todas el rodear el electrodo conductor de un cuerpo que reduzca el hidrógeno, á medida que se desprende.

La disminución de la corriente en un elemento polarizado, no es debida simplemente á un aumento de su resistencia sino también lo es, y muy principalmente, á la creación de la fuerza electro-motriz contraria de polarización; demostrándose esto cerrando en corto circuito dos elementos iguales dejándolos polarizarse y asociados después en serie, se ponen en comunicación con otro elemento igual sin polarizar, observándose entonces que la fuerza electro-motriz de este, es mayor que la de los dos polarizados.

La fuerza electro-motriz de una pila, podría desde luego calcularse, si se conociesen todas las acciones que se efectúan en su interior y la energía de combinación de estas, suponiendo que toda la energía resultante se emplease en producir corriente.

La resistencia es un dato variable que depende, no sólo de la específica del líquido y de los electrodos sino del mayor número y longitud de los caminos moleculares por donde ha de pasar la corriente.

Las pilas eléctricas conocidas, son muy numerosas. No vamos á ocuparnos de todas; ellas, porque sería difuso, únicamente indicaremos algunas de las principales con el objeto de conocer cuál sería la más utili-

zable como generador eléctrico, para la producción de los rayos X.

*Pila Daniell.*—Esta se compone de una vasija de barro ó vidrio que contiene un cilindro hueco de cobre, dentro del cual hay un vaso poroso. Los líquidos empleados son: solución saturada de cobre, en el interior del vaso poroso y agua acidulada fuera de este. Sin entrar en detalles sobre la acción química de esta pila, puede decirse que sería excelente si no fuese por la difusión ú osmosis de ambas disoluciones, osmosis que se efectúa estando la pila sin funcionar y en relación con la superficie y porosidad del diafragma. La fuerza electro-motriz de esta pila, debe ser igual á la diferencia entre la afinidad de combinación del sulfato de zinc que se forma y la del sulfato de cobre que se reduce, influyendo en ella la acidez del líquido excitador, la amalgama del zinc y las variaciones de temperatura.

Hay también pilas Daniell sin vaso poroso en la que los dos líquidos están uno sobre otro, separados solamente por su diferencia de densidad: á estas pilas se les llama elementos de gravitación, siendo la más usual la de Callaud, que es simplemente un vaso de cristal, en cuyo fondo se colocan cristales de sulfato de cobre y una plancha del mismo metal unida á un conductor; el electrodo zinc es cilíndrico y la pila se carga llenándola solo de agua clara.

La resistencia de la pila varía desde 37 ohms, en un principio hasta 5 á 6 á los pocos días de funcionar. Apesar de ser la primera de esta clase que se inventó, es de las más constantes y en la práctica suele emplearse como *magistral*.

Para esto se emplea un elemento importado de los Estados Unidos por M. Presse, con el que se eliminan casi por completo las causas que hacen variar la fuerza electro-motriz y la resistencia. Se compone de una caja de teka que encierra tres vasos de ebonita; en uno va el vaso poroso con el cobre y la disolución de este, en otro va el zinc, y en otro del centro una disolución saturada de zinc y una varilla de este metal. El elemento así está desmontado y para servirse de él basta introducir el vaso poroso y el zinc en el vaso central; el elemento adquiere instantáneamente su fuerza electro-motriz normal, que como antes dijimos, es de 1'017 volts.

Hay también pila Daniell de poca resistencia, pues con la ordinaria se necesitarían muchos elementos para obtener una corriente intensa para lo cual, y forzando, por decirlo así, las condiciones de ella, la modificó M. Carré, construyendo elementos de dimensiones exageradas, reemplazando el vaso poroso por papel pergamino. Con esto demostró que todas las pilas son susceptibles de dar la corriente que se desee, pues todo es cuestión de las proporciones que se les da.

Hay otras varias formas de pilas Daniell, como son la de Reynier, propuesta para cargar las pilas secundarias y que no es otra cosa que la de Peelet, cuyo vaso exterior es de cobre, con la figura paralelepípeda, sirviendo á la vez de electrodo, la de Niaudet, y por último, la de Varley en la que el zinc está rodeado de un diafragma.

*Pila Minotto.*— Con el objeto de evitar la movilidad de los líquidos y evitar así el inconveniente de las pi-

las de gravitación se ideó esta. Se compone de un vaso cilíndrico de loza, en cuyo fondo hay un disco de cobre con 3 agujeros por los que pasa el extremo del conductor: sobre éste se colocan los cristales de sulfato de cobre y encima de ellos un diafragma de tela ó papel secante. Encima va una capa de aserrín hervido ó arena fina lavada, cubriéndolo todo con otro disco de papel secante y sobre éste el electrodo zinc, con un rebajo, para dar paso al electrodo cobre. Después se pone agua clara hasta el nivel de 3 á 4 mjm sobre el zinc. Esta pila dá muy buenos resultados, pues dura de 18 á 20 meses, siendo su fuerza electro-motriz muy constante y variando su resistencia de 10 á 20 ohms, según la cantidad de arena ó aserrín que contenga y lo apretado que esté.

*Pila húmeda de Trouvé.*—Esta pila es en principio la misma de Minotto, sólo que el cuerpo que absorbe el líquido es papel secante en vez de aserrín. Se compone de un vaso de cristal ó ebonita cerrado por una placa de pizarra. Los electrodos zinc y cobre son circulares separados por discos de papel secante de los cuales la mitad que toca al cobre, está empapada en una solución de sulfato de cobre, y la otra en sulfato de zinc, el electrodo cobre ocupa el fondo y en su centro hay una varilla del mismo metal recubierta de ebonita, que atraviesa todos los discos y la tapa: el negativo se une al zinc por medio de un alambre: para ponerla en acción basta humedecerla, y aunque su resistencia es muy grande, por su constancia en la corriente, es la generalmente usada para la telegrafía militar.

*Pila Leclanché.*—En lugar de valerse, como en la pi-

la Daniell de la electrolisis de un segundo líquido, Mr. Leclanché procuró obtener la despolarización haciendo que el hidrógeno se desprenda al contacto de cuerpos sólidos que puedan cederle oxígeno ó cloro, con los que se combine formando agua ó ácido clorhídrico, para lo cual construyó su pila. En ésta, el electrodo generador consiste en una varilla de zinc amalgamado, de un centímetro de diámetro; el conductor es una lámina gruesa de carbón con un sombrerete de plomo que tiene en su centro un tornillo de latón, de una mezcla de peróxido de manganeso y carbón granulados; todo esto se introduce en un vaso poroso cubierto con un mastic y con dos agujeros para dar salida al aire y los gases. El vaso poroso y la varilla de zinc, van dentro de un vaso de cristal que contenga una disolución saturada de sal amoniaco y cuya forma en el cuello es circular, con un diámetro poco mayor que el del vaso poroso y con una especie de pico para dar paso al zinc.

Esta pila cuando solo se emplea á intervalos cortos como telégrafos, timbres domésticos, etc. y en circuitos de gran resistencia, puede dar una corriente casi continua, pero en circuitos poco resistentes se polariza pronto, lo que se explica fácilmente por las reacciones químicas que en su interior se efectúan, polarización que se corrige dejando la pila en reposo ó agitando algo el elemento; también se ha tratado de disminuir recubriendo el carbón de platino.

Ya hemos dicho que el líquido escitador que se emplea, es una disolución saturada de sal amoniaco, que por lo general son dos onzas por cuartillo de agua, pero no conviene sea con exceso por las

cristalizaciones que se formarían sobre el zinc. Cuando toma un aspecto lechoso, debe renovarse ó añadir sal amoniaco.

También puede cargarse esta pila con la sal común, pero la corriente producida es menor y se polariza más pronto.

La fuerza electro-motriz de esta pila es de 1'481 volts, y su resistencia muy pequeña, pues algunos elementos tienen solamente 1 ohms y nunca pasa de 5 ohms. Sus ventajas son grandes pues el zinc no es atacado por la sal amoniaco cuando el circuito está abierto; no contiene substancias venenosas, ni produce vapores deletéreos; es económica; resiste fríos intensos sin helarse y por tanto sin dejar de funcionar; puede permanecer mucho tiempo montada sin consumo, ni exigir grandes cuidados; pueden tenerse guardados sus elementos y disponerlos para funcionar, cuando se desée, con solo echarla el líquido escitador, y por último, produce una corriente más intensa que la pila Daniel, siendo esta bastante constante, ó sea de la misma intensidad cada vez que se cierra el circuito, siempre que esto sea á intervalos cortos. Todas estas ventajas hacen que sea una de las más usuables.

Las pilas de Ruhmkorff, la de Artesa, la de Thiebaut y la de Silvertown, que son modificaciones de la de Leclanché como su resistencia es pequeña y su duración muy limitada, no hacemos más que citarlas.

*Pila Marié Davy.* — El cobre y el sulfato de la pila Daniell, están reemplazados en esta por el sulfato de mercurio, dando así una fuerza electro-motriz mucho ma-

yor, por ser poco soluble el sulfato de mercurio y pocas las pérdidas por las osmosis cuando la pila no trabaja; pero esto mismo es causa de que la pila se polarice cuando el desprendimiento del hidrógeno es más rápido que la disolución de la sal; además, como el sulfato de mercurio es un veneno bastante activo, hace que hoy día se use muy poco.

*Pilas de Grove y de Bunsen.*—En estas pilas el agente despolarizador, es el ácido nítrico concentrado, cuerpo muy rico en oxígeno y que lo cede fácilmente y de aquí su gran fuerza electro-motriz, pero que lo molesto y peligroso de este oxidante y los vapores que se desprenden, hacen que no sean propias para los usos ordinarios, pero que se usan en las experiencias de laboratorio y para la producción de la luz eléctrica.

La pila Grove que es la más antigua de las dos, es un vaso paralelepípedo de ebonita de 12 centímetros de altura; el zinc tiene la forma de U y dentro de él vá el vaso poroso. El electrodo de platino es una hoja delgada, uniéndose unos elementos á otros por medio de pinzas. El líquido-escitador es una parte de ácido por cuatro de agua, formándose un elemento *zinc, ácido sulfúrico diluído, ácido nítrico concentrado y platino*. La fuerza electro-motriz varía de 1.936 volts á 1.55 según la acidez del líquido y la concentración del despolarizador.

La pila Bunsen, más usada en España y Francia, es en principio igual á la anterior, sólo que el electrodo conductor es el carbón, aumentando así la fuerza electro-motriz, pero teniendo más resistencia á igualdad de superficies. Su forma más usual, es la de

un vaso exterior cilíndrico de pedernal, de 18 centímetros de altura; un cilindro hueco de zinc y dentro de éste, el vaso poroso con el carbón, que es un prisma rectangular con las aristas aplanadas. En el primer vaso se pone la disolución de ácido nítrico y en el segundo, la del sulfúrico. La unión de un elemento con otro, se hace por medio de pinzas metálicas. En Alemania se dá á esta pila una disposición invertida, que fué la primera ideada por su autor. La ventaja principal de estas pilas, es que con pocos elementos se pueden obtener corrientes muy intensas, calculándose que para una de 10 amperes, en lo que bastaría un sólo elemento Bunsen, se necesitarían 20 Daniells.

Mr. Niandet describe con gran extensión estas pilas.

*Pilas de Bicromato de potasa* Con el objeto de emplear al rededor del electrodo conductor mezclas de substancias cuya acción recíproca produzca el oxígeno necesario, en vez de cuerpos que aunque abandonan el oxígeno necesitan para ello absorber cierta cantidad de energía, se han ensayado varias combinaciones, siendo entre ellas la más aceptada la propuesta por Poggendorff que consiste en mezclar el ácido sulfúrico con el bicromato de potasa. La fuerza electro-motriz de estas pilas de de 2'028 volts, mayor como se vé que en todas las demás, fuerza que decrece si se cierra en corto circuito, porque entonces la mezcla no produce espontáneamente suficiente oxígeno para fijar todo el hidrógeno libre, y aunque éste provoca la producción de aquel, es á expensas de la energía.

La acción de estas pilas, es que una molécula de bicromato se combina con 4 de ácido sulfúrico formando, en unión con 24 de agua, 2 de alumbre de cromo; de los 7 átomos de oxígeno que quedan libres, 4 se combinan con el hidrógeno que también queda libre en la reacción y los tres restantes son los que oxidan el hidrógeno desprendido por el ataque del zinc.

Otras acciones químicas se forman además, que dan lugar á un precipitado amarillo mal conductor, que se precipita sobre el carbón disminuyendo la corriente. Para corregir esto se agita el líquido que lo hace desprender y caer al fondo. M. Grenet en su pila adoptó el medio de colocar un tubo de plomo que llegue al fondo, unido exteriormente á otro de goma por el que se insufla aire. Otro medio es el propuesto por Camacho de colocar los elementos en grada, pasando el líquido lentamente de unos á otros por medio de sifones.

Estas pilas tienen las ventajas sobre las descritas anteriormente, de producir corrientes muy enérgicas de corta duración, no desprender vapores nocivos y estar siempre dispuestas para funcionar: en cambio se polarizan y agotan con gran rapidez, por lo que no sirven para corrientes intensas de larga duración. Otro defecto es, que como la combinación del bicromato con el ácido es espontánea y se verifica esté ó no cerrado el circuito, la mezcla se agota y pierde su virtud despolarizadora, y además que esta ataca al zinc, aunque esté amalgamado, y no es posible tenerlo sumergido en ella. Todo esto se evita teniendo la mezcla preparada aparte en un tarro bien cerrado y

á baja temperatura, hasta el momento de usarla y no sumergiendo el zinc más que cuando ha de funcionar.

La proporción de la mezcla se deduce de sus pesos moleculares y la generalmente adoptada es la de Pogendorff, que son: 3 partes de bicromato de potasa, por 4 de ácido sulfúrico y 18 de agua: sin embargo esto no es constante, pues puede convenir aumentar ó disminuir la proporción ácida, porque á medida que esta crece, la reacción es más enérgica, resultando el líquido más conductor y menor la polarización, pero en cambio se agota mucho más pronto: así que si se desea conservar mucho tiempo la pila, se empleará menos ácido. En Francia, para el servicio militar, se emplea la proporción de 5 partes de bicromato por 15 de ácido y 80 de agua y M. Trouvé llegó hasta la de 5 de bicromato y 18 de ácido para las pilas que hacían funcionar su motor. M. Prescott, propone la de 2 partes de bicromato, 1 de ácido, y 2 de agua.

Para preparar la mezcla, se tritura el bicromato y se disuelve en agua caliente, añadiendo poco á poco el ácido, para evitar toda proyección, conservándola después en un tarro bien tapado, hasta el momento de usarla. Es muy conveniente tener preparada la disolución del bicromato y no añadir el ácido hasta que se necesite.

Mientras el líquido de la pila tenga un color rojo-anaranjado, es señal que está en buen estado; pero si toma un tinte azul violado, debido al alumbre, deben añadirse algunos cristales de bicromato: si á pesar de conservar su color, la pila se debilita, será indicio de

necesitar más ácido, y si al cabo de algún tiempo de funcionar, toma el color verde obscuro, la mezcla debe reemplazarse por otra nueva, lavando con agua clara y secando el carbón.

Varias son las formas que se les ha dado á esta clase de pilas, siendo entre todas ellas las más prácticas la de Grenet y la de Trouvé, de las que principalmente nos ocuparemos.

*Pila Grenet.*—Una de las formas más conveniente de las pilas de bicromato y la que generalmente se usa en los gabinetes para hacer funcionar los carretes de Ruhmkorff, es la ideada por M. Grenet, que consiste en una botella esférica de cristal, con el cuello bastante largo, para poder tener suspendido en él el zinc; los electrodos se fijan á la tapa que es de ebonita; el carbón se compone de dos placas paralelas lo más anchas posible y el zinc que es otra placa más corta situada entre los dos carbones, vá unido á una varilla que atraviesa á frotamiento un tubo fijo en la tapa, para que por este medio se pueda introducir ó sacar del líquido á voluntad. Conviene dorar las varillas y que sean cuadradas, para que el zinc se desplace siempre paralelo á las placas de carbón, evitando así su contacto.

En los elementos grandes se suelen emplear tres placas de carbón y dos de zinc, siendo su resistencia de 1 ohms próximamente.

*Pila Trouvé.* M. Trouvé ha dado á estas pilas dos formas de muy poca resistencia. La primera, destinada á la práctica médica, se compone de varias placas muy próximas de zinc y carbón montadas en un armazón de ebonita provisto de un asa por medio de

la cual pueda introducirse en el líquido cuando se desée.

La segunda, que es la que emplea para hacer funcionar su motor, y que es muy propia para alimentar durante algún tiempo lámparas de incandescencia de pocas bugías y en general para todos los usos que requieren mucha fuerza electro-motriz y poca resistencia, se compone generalmente de seis elementos contenidos en una caja de madera; los vasos son de ebonita y los electrodos placas que en su parte superior tienen la forma trapezoidal; el carbón está cobreado en la parte que no entra en el líquido, para que su resistencia sea menor y tenga mayor solidez. En una batería todos los electrodos están montados en un eje metálico cubierto de goma y los zines se pueden quitar y poner fácilmente. La unión de los electrodos se hace por medio de varillas metálicas y pinzas flexibles, según la disposición en que se quiere montar la pila.

La mezcla empleada es como antes hemos dicho: 5 partes de bicromato por 18 de ácido y 40 de agua, siendo su fuerza electro-motriz al empezar á funcionar, de 2 volts por elemento y la resistencia de 0'0017 ohms, resultando en corto circuito una corriente de 118 amperes.

Hay otras formas de pilas de bicromato de potasa, como son de Fuller, la de Lalande-Chaperon, la de Smee y Walker y otras, pero no hacemos más que citarlas por no presentar para nuestro objeto la utilidad de las de Grenet y Trouvé, en cuya descripción nos hemos detenido.

*Acumuladores.*—La polarización, tan perjudicial pa-

ra el funcionamiento de las pilas, es en cambio el fundamento de los acumuladores ó pilas secundarias. Estos no son más que elementos electrolíticos, de electrodos iguales que bajo la acción de la corriente de carga se vuelven desiguales. Si apesar del contacto prolongado con el líquido la desigualdad se conserva, bastaría unir los dos electrodos para obtener una corriente que durará lo que tarden en volver á ser iguales. De este modo devolverá el elemento la energía que la electrolisis había acumulado en él; así que puede decirse que el trabajo químico que la corriente de carga efectúa, se vá acumulando y se conserva en estado de potencial, por lo que se les ha dado el nombre de acumuladores eléctricos, por más que en realidad no acumulan electricidad, sino trabajo químico.

De lo dicho, se deducen las condiciones que debe tener un acumulador. Es preciso que los productos de la electrolisis no se desprendan libres para que puedan recombinarse luego, produciendo corriente, y que la acumulación de ellos no sea un obstáculo al paso de esta. La resistencia interior debe ser pequeña para no consumir inútilmente en ella, gran parte del trabajo efectuado por las corrientes de carga y descarga, y para que esta última se efectúe rápidamente si se desea. La fuerza electro-motriz de reacción, debe ser grande, para que lo sea también la cantidad de trabajo acumulado, debiendo ser duradera, esto es, que no se destruya bajo la acción de las cargas y descargas repetidas; por último, es de gran interés que su peso sea lo menor posible con relación al número de kilográmetros que pueda acumular.

La mejor pila secundaria, sería sin duda el voltmetro, pero su poca fuerza electro-motriz de reacción y su gran volúmen lo hacen impropio para los usos prácticos. M. Planté, que con gran asiduidad se dedicó al estudio de los elementos electrolíticos formados por diversos líquidos y metales, encontró que el mejor es el formado por dos electrodos de plomo sumergidos en una disolución al décimo de ácido sulfúrico, por las grandes ventajas que para este uso tiene este metal, sobre los demás. Basado en esto, construyó M. Planté su acumulador que en principio se compone como antes hemos dicho, de dos placas de plomo sumergidas en una disolución de ácido sulfúrico al décimo. La acción química que en su interior se efectúa, es la siguiente: El agua y el ácido se electrolizan, pero como el oxígeno y el radical ácido que se desprenden sobre el anodo ó placa positiva, tienen acción sobre esta, no quedan libres, sino que forman sulfato y óxido de plomo, lo que se conoce por el color blanquecino que al principio toma la placa. Continuando la acción con suficiente energía, el oxígeno concluye por desalojar al radical ácido, formándose en la placa un peróxido de plomo de color moreno obscuro. Como este es esponjoso, por sus intersticios, puede llegar el líquido al plomo continuando la acción, aunque con menos intensidad, á medida que aumenta la capa de peróxido y cuando esta es ya muy grande y la corriente es fuerte, el oxígeno se desprende en burbujas.

Sobre el catodo ó placa negativa, el hidrógeno desprendido empieza por reducir los ácidos que podría tener su superficie, recubriéndola de una película

gaseosa, que concluye por desprenderse en burbujas.

El desprendimiento de gases, que en la práctica se suele decir que *hierve* la pila, indica que debe suspenderse la carga.

Cargado un acumulador, lo que antes era un elemento pasivo pasa á serlo activo ó sea un generador hidro-eléctrico formado por dos electrodos distintos; peróxido de plomo y plomo hidrogenado: si éstos se unen por medio de un conductor, se establecerá una corriente que marchará del no atacado al segundo ó generador. Por las acciones químicas que entonces se efectúan, las placas se van cubriendo de una mezcla de sulfato y óxido de plomo, y al llegar á ser idéntica, cesa la corriente.

Cuando se carga por primera vez un acumulador, aparecen muy pronto los gases libres, debido á que las superficies de las placas son lisas y la acción electroquímica se limita á éstas sin penetrar en su interior. Pero si descargada la pila vuelve á cargarse de nuevo, ya el oxígeno actuará sobre una capa esponjosa de óxido y sulfato que presentará mayor superficie y necesitará mayor cantidad de gas para peroxidarse: el hidrógeno desprendido sobre la negativa, también exigirá mayor cantidad de compuestos para ser libre. La carga útil durará más tiempo y la descarga, por tanto, será mayor, y así sucesivamente, por lo que es conveniente someter un acumulador á una serie de cargas y descargas, á lo que M. Planté llamó *formación del acumulador*. Durante ésta conviene invertir algunas veces el sentido de la corriente de carga para que la capacidad de acumulación en ambas placas sea igual, de-

jando ciertos intervalos de reposo para que el líquido tenga tiempo de difundirse entre los intersticios de los depósitos.

M. Planté, recomienda el siguiente procedimiento para la formación de sus pilas. Durante el primer día se cargan seis veces, empezando por la directa, ó sea como ha de cargarse después para las aplicaciones prácticas, y cambiando el sentido de ella cada vez, dejándola cargada en dirección inversa hasta el día siguiente, que vuelve á hacerse lo mismo, hasta que no se note aumento sensible en la duración de las descargas. Al suceder esto se cargan en sentido directo y se dejan en reposo ocho días y así sucesivamente aumentando los intervalos de reposo hasta dos, tres meses, etc. La duración de las descargas será cada vez mayor y cuando se obtenga la que necesitamos se carga la pila en sentido directo, quedando terminada la formación. Esta no debe prolongarse mucho, pues las placas se convertirían en masas esponjosas, perdiendo gran parte de la coherencia necesaria para su formación.

Como las acciones locales que se efectúan aumentarían la formación de sulfatos en perjuicio de la pila, M. Brush propone para evitarlo peroxidar previamente y en una sola operación, las dos placas que hayan de constituir la pila, haciendo que ambas sean anodos de un elemento electrolítico, siendo el catodo otra placa cualquiera ó el mismo vaso exterior si es metálico. Dichas placas se asocian después una como catodo y otra como anodo y con una sola carga queda formada la pila. En la operación previa, también se puede usar como catodo una de las placas peroxidadas

que después ha de ser negativa, con lo cual quedan estas cargadas y formadas en el momento de asociar cada par de placas.

Según M. Planté, la formación de la pila se acelera con la elevación de temperatura, no debiendo pasar de 70° á 80°, pero como es difícil conservar esta temperatura, lo reemplaza sumergiendo previamente las placas, durante algunas horas, en un baño compuesto de 1 parte de ácido nítrico, 2 de ácido sulfúrico y 17 de agua. Lavadas después en agua clara, se introducen en la solución de ácido sulfúrico.

Con pilas construídas de este modo, bastan ocho días y tres inversiones de corriente para obtener descargas que hubiesen exigido muchos meses de formación.

La densidad de las corrientes de carga, debe ser adecuada al tamaño de las placas, pues si son muy densas, la acción electrolítica es muy tumultuosa y el desprendimiento de los productos gaseosos es intenso, y si por el contrario son poco densas, la placa positiva no llega nunca á peroxidarse y sólo se obtiene sobre ella un depósito superficial que se disuelve en el líquido según se vá formando. Según Thompson la densidad de corriente no debe bajar de 50 mili-amperes y según Planté solo debe ser de unos 18 mili-amperes. Algunos autores lo rebajan aun más.

El líquido escitador ha de formarse con ácido sulfúrico puro, pues sinó atacaría el plomo y lo disolvería, y agua pura destilada ó de algibe. Su proporción será un volúmen de ácido por diez de agua, resultando con una densidad de 1'10 á 1'15.

El cálculo de la carga de un acumulador, puede

hacerse midiendo el peso específico y por consiguiente la acidez del líquido escitador. Sabemos que durante la descarga, el ácido diluido disminuye por combinarse con el plomo; por el contrario, durante la carga, el sulfato así formado se reduce y la acidez del líquido aumenta; luego la cantidad de ácido libre depende del número de equivalentes electroquímicos, descompuestos ó recompuestos en el interior del acumulador, ó lo que es lo mismo, del número de Coulombs (ó amperes-horas) que pasan por él en uno ú otro sentido. Para el cálculo de la carga, se mide de una vez para todas y por medio del areómetro, la densidad del líquido cuando el acumulador está completamente cargado, y vuelto á medir cuando esté descargado; la diferencia entre ambas densidades será directamente proporcional al número de Coulombs que pueda contener el acumulador. Para saber en un momento dado los que contiene, bastaría medir el líquido y hacer una simple proporción, cuidando antes si ha habido pérdidas de líquido por evaporación, volverlo á su nivel añadiendo agua. Bajo este principio se han construido indicadores automáticos que acusan y aun interrumpen el circuito cuando la carga ó descarga es completa. También puede emplearse un voltmetro de cobre intercalado en el circuito: las alteraciones en el peso de sus placas darán á conocer el número de Coulombs que han pasado á su través. Hay por último, otros aparatos que registran la corriente desarrollada.

La fuerza electro-motriz de un acumulador de plomo, es de 2 á 2'1 volts, y su resistencia muy pequeña, aunque esta varía según las acciones químicas que se

efectúen. La duración de la corriente de descarga que puede producir un acumulador, depende, naturalmente, de la cantidad de trabajo que pueda almacenar ó sea de la superficie y grado de formación de las placas: también depende de la resistencia del circuito de descarga, pues si esta es pequeña, la cantidad de electricidad pasará muy pronto y vice-versa. A primera vista parece que la corriente debía decrecer gradualmente, pero no es así, sino que se mantiene uniforme durante casi toda la descarga debido á lo grande de la electricidad acumulada y á lo pequeño de la fuerza electro-motriz que la impulsa. Pudiera compararse un acumulador á un depósito de agua de mucha superficie y poca altura, en el que el gasto del agua á través de un orificio pequeño, es constante hasta el final, en que decrece de pronto.

Los acumuladores no deben quedar mucho tiempo en reposo: cuando se quieran conservar sin trabajar, se vaciará el líquido ó se cargarán y descargarán de vez en cuando. Cuando el reposo ha de ser corto, bastaría dejarlos completamente cargados, pero sería conveniente hacer pasar constantemente una corriente de carga muy debil, para preservar las placas del ataque del ácido. En los que han estado mucho tiempo sin usarse, se nota que la primera vez que se vuelven á cargar, la corriente de descarga es más fuerte si se dejan en reposo unas cuantas horas, que si se les descarga en seguida, fenómeno que fácilmente se explica por el mayor volumen de sulfato formado.

La duración de los acumuladores es relativamente corta, pues las placas acaban por transformarse en sulfato de plomo que es poco coherente y de mucha re-

sistencia eléctrica, desprendiéndose las pastas y películas de peróxido. Los fabricantes dicen que pueden durar hasta dos y tres años si se cuidan con inteligencia, pero creemos esto exagerado. Según M. Frank Howard, pueden durar cinco ó seis meses trabajando diariamente y á toda su capacidad; desde luego se comprende que su duración dependerá del tiempo de trabajo, y del reposo en que se les deje, y que disminuirá notablemente si se sobrecargan continuamente y se les maneja con poca inteligencia y cuidado.

La cantidad de electricidad que como trabajo útil puede devolver un acumulador, con relación á la que pasa á su través durante la carga, puede decirse que como máximo es un 50 por 100, pues aunque descargados inmediatamente después de cargados y en circunstancias normales puedan dar los 80 á 90 céntimos, hay que tener en cuenta la reducción de los óxidos á medida que se forman, que no todos los radicales producen efectos químicos útiles y que la descarga nunca es completa: por otra parte, la fuerza electro-motriz de los acumuladores, ha de ser necesariamente menor que la de los reomotores empleados en cargarlos, y aunque la resistencia es muy pequeña, no deja por esto de ser de alguna importancia, sin que como decimos antes, el máximo que pueden devolver, será sólo el 50 por 100 del total.

El número de Coulombs que como capacidad de acumulación pueden contener con relación á su peso, varía mucho y puede calcularse en 15,000 Coulombs por kilogramo de peso.

Fácilmente podemos evaluar en kilográmetros el trabajo total que puede desarrollar un acumulador, y

el trabajo útil que corresponde al circuito exterior. También podemos determinar el peso de la batería para obtener, durante una hora, la fuerza de un caballo de vapor, sabiendo que este representa una velocidad de trabajo igual á 75 kilográmetros por segundo y dividiendo el total de estos por hora, por el número de Coulombs de trabajo útil, nos dará el peso que se requiera en una batería. A veces se relaciona la capacidad en *caballos-horas* de los acumuladores con el de *amperes-horas* que pueden producir: la equivalencia es la siguiente: un Coulomb impulsado por 1 volt desarrolla 0'102 kilográmetros: luego impulsado por dos volts, desarrollará 0'204. Un ampere-hora equivale al paso de 3,600 Coulombs y por tanto representa un trabajo de  $0'204 \times 3,600$  kilográmetros: un caballo representa  $75 \times 3,600$ , luego equivale á  $\frac{75}{0'204}$  ó sean 368 amperes-horas.

Las aplicaciones de los acumuladores, son muy numerosas, pues no solo pueden servir como reguladores interponiéndolos entre los terminales de una máquina generadora de la electricidad, sino que evitan de este modo las graves consecuencias de una parada repentina de la máquina por rotura, recalentamiento, ú otras causas. Por otra parte como tienen la ventaja de devolver en un momento dado toda la energía almacenada en ellos durante un tiempo más largo por el reomotor primario, se aplican á varias industrias, usos domésticos, ciencias, propulsión de carruages y buques pequeños, etc., aunque tienen el inconveniente de no devolver más que el 50 por ciento de energía y ser su precio muy elevado. Además la corriente

en realidad, no es constante, siendo necesario introducir nuevos elementos á medida que se descargan. Por esta razón y como son intermediarios que absorven energía, en algunas aplicaciones sería conveniente prescindir de ellos, reemplazándolos por los generadores primarios.

Los acumuladores también se han constituido de diferentes formas, fundadas todas ellas en obtener una gran superficie con un volúmen relativamente pequeño. Sólo nos ocuparemos de las más usuales.

*Acumulador Planté.*—Este consiste en dos placas de plomo de un milímetro próximamente de espesor, arrolladas en espiral, y en las que se interponen dos tiras de goma para impedir que se establezcan contacto en ellas. Los reoforos son dos tiras de plomo prolongación de las placas en sus extremos, procurando que después de arrolladas quede uno al interior y otro al exterior, debiendo estos estar cubiertos de un barniz de cera y resina para impedir que el líquido ataque la unión de los vástagos que deben fijarse en ellos. Como la avería más frecuente es la rotura de un reoforo y este generalmente es el positivo, se procurará que sea este el que quede al exterior para su fácil remedio.

Los bordes de las placas arrolladas, se sujetan con una cruceta de ebonita y así preparadas se sumergen en un vaso de cristal, con tapa de corcho cubierto de mastic, que tiene un pequeño agujero para la introducción del líquido y un tubo de cristal para dar salida al aire y los gases: á la vez pasan dos vástagos metálicos que van á unirse á los reoforos.

El tamaño de estos acumuladores es muy variable

siendo desde 2 hasta 30 decímetros de superficie de placas, lo que influye en que la descarga sea de mayor ó menor duración. M. Planté los asocia generalmente en series de 20, provistas de un conmutador que permita ponerlos en arco múltiple para cargarlos por medio de dos pilas de Bunsen, y en serie para descargarlos, consiguiendo de este modo una fuerza electro-motriz de unos 40 volts. Su resistencia es muy pequeña, y la capacidad de acumulación de los modelos más usuales, viene á ser de unos 15,000 á 17,000 Coulombs por kilogramo de peso.

*Acumulador Kabath.*—En principio es el mismo Planté, pero con objeto de obtener más superficie activa con menos cantidad de plomo, corta las placas de este en dos series de tiras, unas de 10 milímetros de ancho por 36 centímetros de largo y otras de igual ancho por 50 centímetros de largo; estas últimas son onduladas y se van sobreponiendo una de cada clase hasta unas 180 á 190, las que se introducen en una especie de fundas de plomo cuyas caras están llenas de orificios para que el líquido penetre fácilmente; los extremos se sueldan y de ellos parte una tira de plomo que es el reoforo. Se colocan, en general, verticalmente en cajas de madera con un barniz aislador interior en número de doce, y se calcula su capacidad de acumulación en 17,000 Coulombs por kilogramo de peso. Tienen en el inconveniente de su corta duración. Hay otros varios acumuladores de plomo que son simples modificaciones de las anteriores por lo que de entre todos ellos solo citaremos, el *Pezzer-Carpentier* que son tiras de plomo onduladas en una dirección inclinada respecto á su longitud, dobladas por el me-

dio y soldados sus extremos; los electrodos se forman superponiendo varias tiras con las canales encontradas; el positivo va dentro de un vaso muy poroso y el negativo al rededor de éste.

El *Bonnet* que también es del tipo Kabath, distinguiéndose de éste, en que en vez de tiras son virutas de plomo encerradas en una especie de caja agujereada del mismo metal. El *Reynier* que son hojas delgadas de plomo plegadas y encuadradas en un marco metálico y por último el *Bright*, que se reduce simplemente á un vaso dividido en dos por un tabique poroso, cuyo fondo va lleno de perdigones, y los reoforos son dos tiras de plomo metidas en ellos.

El líquido escitador en todos estos acumuladores, es el ácido sulfúrico diluido al décimo.

*Acumulador Faure.* — Con el objeto de facilitar la formación de los acumuladores ideó Mr. Faure, revestir previamente las placas con una capa espesa de minio, cubriéndolas luego con un fieltro que sugetaba con remaches de plomo, pues como el minio es más fácilmente penetrable que el plomo metálico, la formación es más sencilla pudiendo bastar una carga prolongada de unas cien horas para que una placa se convierta totalmente en peróxido y la otra en plomo puro.

En un principio se creyó que á igualdad de pesos podría acumular cuarenta veces más que el Planté, pero se ha demostrado que la capacidad de acumulación es la misma, siendo su única ventaja la facilidad de formación, pero en cambio se deteriora mucho más pronto. Posteriormente M. Faure dió á las placas la forma de V, introduciéndolas verticalmente en una

caja de madera forrada de plomo, colocándolas de modo que las hojas planas de una, queden dentro de la otra.

*Acumulador Sellon-Volckmar.*— Con el objeto de aumentar la duración del acumulador y disminuir su peso, idearon estos profesores construir las placas formando un enrejado de plomo en cuyos huecos queda sujeto el minio sin necesidad de fieltro. Así preparadas se colocan verticalmente en la caja que ha de contenerlos.

El tipo Planté tiene sobre estos la ventaja de que con menos deterioro su descarga es más rápida, lo que puede convenir cuando, por ejemplo, se desea alimentar muchas lámparas durante pocas horas, pero en cambio estos admiten más densidad de corriente pues como su superficie activa es mayor, en igualdad de formación tienen mayor capacidad.

*Acumulador de la Compañía eléctrica de los Estados Unidos.*— Este es una combinación de los anteriores. Sus placas son un enrejado de plomo cuyos huecos se llenan en las que han de ser el electrodo positivo, de una mezcla de minio y ácido sulfúrico, y del mismo ácido y litargirio las que han de ser el negativo, sometiéndolos luego á la acción prolongada de una corriente de formación y cuando se desprendan los gases, se lavan guardándolas hasta que hayan de usarse. La pila se forma colocándolas paralelamente en una caja de madera con cemento ó de cristal, sin que descansen en su fondo, sino sobre unas crucetas de madera para que queden algo elevadas, uniéndolas entre sí á modo de las hojas de los condensadores, que todas las pares comuniquen con un reoforo y las impares con

otro: para impedir el contacto de ellas en algunos huecos se colocan trozos de goma en vez de la pasta. El líquido escitador es la solución de ácido sulfúrico al 1'10 ó al 1'15 y su fuerza electro-motriz es la misma: 2 volts. Este acumulador es de los más usuales.

Hay otros varios acumuladores como son el *Sutton*, *Tudor*, *Peral* y *Boesse*, todos basados en los mismos principios por lo que no hacemos más que citarlos. El último es al parecer de gran utilidad, porque sus placas están preparadas á manera de un marco con una cruz central de tiras de plomo, y llenos los cuatro huecos de la pasta de minio, y así con menos volumen tienen igual fuerza electro-motriz que los demás: por otra parte, el vaso exterior es de celuloide, lo que permite vigilar el estado de las placas sin necesidad de sacarlas.

Hay también acumuladores de electrodos desiguales; de los que los principales son el *Tompson*, *Sutton* y *Rousse*. El primero se compone de un vaso lleno de disolución de sulfato de zinc en cuyo fondo hay una placa de cobre unida á un conductor exterior. En la parte alta hay otra placa de carbón, cobre ú otro cuerpo menos electro-generador que el zinc y que no sea atacado per el líquido, y en el centro un diafragma poroso para evitar la caída de particulas al fondo del vaso; así dispuesto se hace pasar una corriente de la placa inferior que es el anodo, á la superior que es el catodo, viniendo á ser una especie de pila de Callaud. Su poca fuerza electro-motriz y las acciones locales que se desarrollan, hacen que sea muy poco usado. En el de *Sutton* el anodo es una placa de plomo revestida ó no de minio, pero el catodo es de cobre y

el líquido, una disolución de este metal. Por último, el de Rousse, de anodo de plomo que fija el oxígeno y un catodo de paladio, metal que tiene la propiedad de absorber hasta 900 veces su volumen de hidrógeno.

El líquido es agua acidulada al décimo. Su descarga es grande.

Para el manejo de los acumuladores deben observarse algunas precauciones de las que más adelante nos ocuparemos.

*Máquinas eléctricas.*—Para la carga de los acumuladores y para la producción de los rayos X, se emplean en la práctica máquinas dinamo-eléctricas que son reomotores más económicos que las pilas. En los aparatos fundados en la fricción y la inducción estática la cantidad de electricidad desarrollada, es relativamente pequeña, pero á un gran potencial, al contrario de la producida por las acciones químicas.

No vamos á ocuparnos de todas las máquinas eléctricas, por creerlo fuera de este lugar: únicamente daremos una idea muy ligera de las más principales, por lo que puedan servir para nuestro objeto.

La máquina más sencilla puede decirse que es el *electroforo* que no es más que un disco de resina ó ebonita fijo á otro de metal que comunica con tierra, y otro disco de metal ó madera cubierta de hojas metálicas con un mango aislador. Su acción es bien sencilla y conocida de todos para que nos ocupemos de ella. Con un electroforo de 6 centímetros de diámetro, pueden obtener chispas de 5 milímetros.

*La máquina ordinaria de fricción.*—Consiste en un disco de cristal ó ebonita que gira entre dos cogines

de cuero ó seda rellenos de crin: por la fricción estos se electrizan negativamente y el disco positivamente; como este no es conductor, la carga queda fija en el punto en que se genera y al girar se pone frente á un cepillo ó puntas metálicas que comunican con conductores aislados ó lo que se quiera cargar. La electricidad de estos se descompone por la inducción, la negativa escapa por las puntas para combinarse y neutralizar la positiva inductora, de modo que al entrar esa parte del disco entre los frotadores, se haya en estado neutro, volviendo á repetirse la operación. En cambio los conductores quedan electrizados. Los frotadores se unen á tierra por medio de cadenillas, para que no queden aislados, y si en vez de unirlos á tierra se unen á otros conductores, éstos se electrizarían negativamente, pero el potencial y la carga disminuiría. Como el potencial del conductor será siempre uno dado, cuando se quiera que la máquina dé chispas voluminosas y brillantes que requieran acumular gran cantidad de electricidad, se añaden al conductor unos cilindros de cartón forrado de hojas metálicas.

*Máquinas de inducción* — El principio en que se fundan estas, es el de convertir directamente en electricidad el trabajo mecánico necesario para vencer las atracciones y repulsiones, y estableciendo las debidas comunicaciones con tierra, ir acumulando las cargas inducidas por la primera hasta multiplicarlas todo lo que lo permitan, las condiciones del medio ambiente.

Sabemos que si se coloca un conductor no electrizado dentro de una vasija conductora electrizada, aquel permanecerá sin carga mientras esté aislado, pero haciéndolo comunicar con tierra, se electrizará

por influencia y si entonces se le vuelve á aislar y se le saca de la vasija, se manifestará en él una carga de signo contrario á la de aquella: si después se introduce en otra vasija y se pone en contacto con sus paredes interiores, cederá á esta toda su carga que se manifestará en la superficie exterior de ella, cualquiera que fuese su estado eléctrico anterior. Se vuelve á colocar en la primera vasija y repitiendo la operación, se puede llegar á obtener un gran potencial.

*La máquina de Varley* está basada en este principio, con la diferencia que en vez de vasijas, se emplean placas y varios trasportadores, en vez de uno solo. Se compone de dos placas metálicas aisladas por otra de ebonita, á la que van sujetas: enfrente gira una rueda también de ebonita con varias piezas metálicas que son los trasportadores. La parte saliente de estos toca al pasar, á unos salientes metálicos unidos á las placas y luego con unas esferitas en que termina una varilla que comunica con tierra. El funcionamiento de esta máquina es fácil de comprender.

Sir Thompson emplea en sus electómetros una máquina análoga á la anterior, pero que ocupa menos espacio. Las placas en vez de ser planas son cilíndricas; los trasportadores son solamente dos, diametralmente opuestos, cilíndricos y escéntricos, con respecto á los inductores: las esferas que comunican con tierra, se disponen de modo que los contactos se efectúen en el momento que los trasportadores empiezan á salir de la influencia de un inductor. Si después de girar la máquina en un sentido, lo hace en el opuesto, la diferencia de potencial en los inductores, disminuirá en vez de aumentar.

*Máquina Holtz.* — Esta se diferencia de la de Varley, en que no tiene trasportadores metálicos haciendo sus veces la superficie del vidrio ó ebonita y en que los contactos metálicos se sustituyen por puntas próximas que producen el mismo efecto. Sin detenernos en su funcionamiento, que fundado en el mismo principio que todas las máquinas de inducción es fácil de explicar, únicamente diremos que si una vez cebada la máquina se interrumpe el conductor que une los peines creando una solución de continuidad, saltarán chispas á través de ella, lo que también se podrá obtener de la tendencia á recombinarse las cargas de los inductores. Con la corriente producida por esta máquina, recogida por dos alambres conductores unidos á los extremos de los peines, se pueden iluminar los tubos de Gessler, etc. La humedad atmosférica y la resistencia del aire, influyen mucho en la disminución de su potencial.

*Máquina Carré.* — Llamada también *dieléctrica*: se combinan en ella la inducción y la fricción, sirviendo esta solamente para mantener electrizado el conductor. Como su resultado no es tan satisfactorio como la de Holtz, no hacemos más que indicarla.

*La Máquina Wimshurst* es la que parece superior á todas, á más de ser su construcción muy sencilla. Se compone de dos discos de cristal ordinario en cuyo centro tienen embutidos cada uno una pieza de madera ó ebonita provista de una polea con un agujero que dá paso á un eje fijo, sobre el que van montados los discos, de modo que resulten paralelos y á tres centímetros de distancia. Reciben el movimiento por medio de un manubrio que tiene dos poleas de mayor

diámetro y giran en dirección encontrada. En sus caras exteriores llevan pegadas doce piezas de papel metálico grueso ó de planchas de latón finas, en forma de sectores radiados, con los ángulos redondeados. En el soporte de la máquina hay dos peines dobles que abrazan á ambos discos, de modo que las puntas quedan enfrente de sus caras exteriores: en cada extremo del eje fijo, puede girar una varilla encorvada que termina en dos escobillas de alambre fino que se apoyan en el disco correspondiente y ponen en comunicación dos sectores opuestos cada vez que giran.

Su funcionamiento es como el de las demás: las escobillas hacen las veces de las esferitas de la de Varley, los peines, las de los contactos y los sectores hacen á la par de inductores y trasportadores. Al empezar á marchar, los discos se electrizan quizás por el roce del aire que media entre ellos, y los sectores por la inducción que esta electrización ejerce sobre los peines á través del cristal.

Con una máquina de discos de 37 centímetros de diámetro y uniendo á cada peine una botella de Leyden grande, se obtienen chispas de 10 centímetros. Los efectos dependen de la situación de las escobillas respecto á los peines, que la más ventajosa parece ser cuando la varilla forma con ellos un ángulo de 45°, en el sentido del movimiento.

*Máquina hidro-eléctrica de Armstrong.* — Fundada en la propiedad que tiene el vapor de agua destilada al salir por un grifo de electrizar á este positivamente, quedando el chorro de vapor electrizado negativamente, se construyó ésta que no es más que una caldera llena de agua destilada que produce vapor á 6

atmósferas. Este pasa á través de unos tubos, rodeados de agua fría para un principio de condensación, que terminan en unas boquillas de madera de boj. El vapor se carga positivamente y el boj negativamente, recogiendo la electricidad del primero por medio de un peine, dejando la segunda sobre la masa de la caldera que se puede aislar por medio de piés de cristal.

Esta máquina puede producir efectos muy enérgicos, pues con una de 2 metros de largo y 40 chorros, se han obtenido chispas de 60 centímetros que estallan casi continuamente.

Actualmente el Rdo. P. Martínez, sabio profesor del colegio de Jesuitas de Valladolid, ha inventado una máquina que viene á ser la de Vimshurst, modificada ventajosamente. Con esta máquina ha conseguido su inventor obtener toda clase de chispas de gran tamaño y corrientes inducidas continuas, habiendo podido hacer accionar un tubo de Crookes por más de una hora. Por esta razón la creemos digna de estudio por conceptuarla la más apropiada para nuestro objeto.

El potencial de las máquinas eléctricas, depende de su clase y forma, de la fuerza que se pone en juego, del aislamiento de los conductores y por fin del estado higrométrico del aire ambiente. Su resistencia varía con la velocidad de rotación, disminuyendo á medida que ésta aumenta. La cantidad de electricidad que producen es pequeña.

*Inducción eléctrica. — Bobina de Ruhmkorff.* — Con el objeto de obtener una corriente de alta tensión necesaria para nuestras experiencias, se hace uso de este aparato, basado en la inducción.

Cuando una corriente eléctrica circula por un conductor, el medio ambiente sufre cierta influencia y en los conductores próximos se producen otras corrientes llamadas de inducción. Este descubrimiento fué debido á Faraday que demostró su analogía con los fenómenos hidro-dinámicos y en cuya demostración no nos detenemos por no ser de este lugar, indicando solamente la acción de las corrientes, sobre las corrientes. Según Faraday, estas son: 1.º una corriente rectilínea indefinida hace desplazarse paralelamente á sí misma á otra que le sea perpendicular: 2.º una corriente indefinida hace girar á otra fija por uno de sus extremos: 3.º una corriente sinuosa produce los mismos efectos que otra rectilínea que una sus extremos, siempre que las sinuosidades no sean muy pronunciadas.

Las corrientes tienen también su acción sobre los imanes, y todos los fenómenos de la inducción electro-dinámica pueden en rigor reasumirse en la llamada Ley de Lenz, el cual estableció que toda corriente inducida en un conductor para el desplazamiento de otra corriente ó de un imán, ó por la alteración de la intensidad de uno ú otro, circula siempre con una dirección tal, que en acción se opone á dicho desplazamiento ó alteración de intensidad.

Las corrientes originan también campos magnéticos, cuyas líneas de fuerza son círculos concéntricos y en los que estas tienden á acortarse, es decir, á buscar la menor distancia para pasar de un polo á otro, repeliéndose además unas a otras. M. Breguet, añade que toda línea de fuerza que pasa á través de una substancia magnética, debe considerarse como más

corta, magnéticamente hablando, que otra de igual longitud lineal que solo pase por el aire.

Estudiando estas combinaciones y teniendo presente la ley de Lenz, se esplican fácilmente las acciones de las máquinas magneto y dinamo-eléctricas.

Si hacemos pasar por un alambre una corriente intermitente, en el acto se observa en los hilos de dirección paralela una segunda corriente en sentido contrario. La primera se llama corriente inductora, y la segunda es la inducida. Fundado en esto construyó su aparato M. Ruhmkorff, el que como por su intermedio se puede obtener una fuerza electro-motriz grande, con una batería que la tenga relativamente pequeña, se puede definir diciendo que es un *transformador magneto-eléctrico*. Se compone éste de un núcleo formado por un haz de alambre de hierro dulce, rodeado de un corto número de vueltas de alambre grueso aislado, lo que recibe el nombre de *circuito primario ó inductor*. Sobre éste, y separado por una substancia aisladora, el *circuito secundario ó inducido* que está formado por numerosas vueltas de alambre muy fino aislado y de mucha mayor longitud que el interior. Estos aparatos llevan también una especie de conmutador que permita invertir la corriente primaria y dos tornillos de presión en comunicación directa con los extremos de este circuito, para poder interponer otro interruptor independiente ó corrientes alternados. Los extremos del inducido terminan en dos columnas de substancia aisladora sobre las que están articuladas unas varillas metálicas, terminadas en punta, y con mangos aisladores.

La fuerza electro-motriz inducida depende de la

fuerza y de la rapidez con que se establece ó interrumpe la corriente inductora; para normalizar la primera se hace uso de un condensador, y para la segunda se emplean los interruptores. Estos pueden ser los de contacto de platino y los de contacto de mercurio.

*El interruptor de Foucault*, consiste en un martillo de hierro dulce sostenido por una lámina metálica flexible, colocado frente á la barra de hierro de la bobina: por el otro lado hácia atrás se apoya en un contacto á tornillo, con el que se regula la distancia al martillo. Establecida la comunicación con una batería adecuada, cuando la corriente pasa por el inductor, el núcleo de hierro se imanta, atrae al martillo y lo separa del contacto provocando la interrupción de la corriente, desimantándose entonces la barra y dejando libre al martillo para volver á su posición primitiva, estableciéndose de nuevo el contacto y repitiéndose el fenómeno anterior y así sucesivamente, presentándose en el carrete inducido la corriente correspondiente.

Para evitar el desgaste del martillo y el contacto producido por los numerosos golpes y la multitud de chispas eléctricas que saltan entre ellos, se les recubre con láminas de platino; á pesar de esto se presenta esta alteración; M. Gaiffe le ha hecho una modificación por medio de la cual la contraplaca de contacto está provista de un movimiento de rotación, provocado por un pequeño dinamo que actúa por una derivación de la corriente primitiva.

El otro interruptor ó sea el de mercurio, es el más usado en las bobinas de grandes dimensiones. Está formado por un resorte vertical que sostiene una pa-

lanca; en uno de los extremos de ésta, se encuentra el martillo de hierro dulce, en forma de maza, y en el otro extremo un vástago de platino que se termina á poca distancia de una cantidad de mercurio contenida en un vaso y recubierta de alcohol rectificado. Cuando por una tensión del resorte se introduce el platino en el mercurio, se establece la comunicación y el núcleo central de la bobina se imanta y atrae al martillo; enderezada la palanca, el vástago cesa de estar en contacto con el mercurio y tiene lugar la interrupción; no estando el martillo atraído, vuelve el platino á introducirse en el mercurio y así sucesivamente.

Hemos dicho que para evitar una acción muy enérgica que produzca chispas muy fuertes deteriorando el aparato, se acompaña este de un condensador, el cual aumenta la fuerza electro-motriz de la corriente inducida, y suprime la extra-corriente que prolongaría á la inductora en el momento en que debía cesar.

El condensador, que generalmente se encuentra colocado en el pedestal de la bobina, se compone de un gran número de hojas de estaño que por su reunión forman dos armaduras colocadas sobre las dos caras de un trozo de tafetán engomado que las aísla. La armadura positiva recibe por un extremo la corriente á su salida de la bobina y la negativa comunica con el conmutador y por lo tanto, con la pila. En el momento de la interrupción de la corriente inductora, la extra-corriente marcha al condensador y lo carga, el que se descarga tan pronto como se produzca una corriente que atraviesa la bobina en sentido contrario; desinmantada instantáneamente la barra de hie-

rro dulce, la corriente inducida es de más corta duración y por consiguiente, más intensa. De esta manera, con una misma bobina, se puedan obtener chispas mucho mayores.

Ya hemos dicho antes, que el paso de la electricidad por un alambre que ponga en comunicación dos cuerpos conductores mantenidos á distinto potencial, se llama corriente eléctrica; pero como para establecer esta corriente es necesario un trabajo que guarde relación con ella, trabajo que exige una fuerza en acción á esta, es á lo que se ha dado el nombre de fuerza electro-motriz, ó diferencia de potencial.

*Resistencia* es el obstáculo que oponen á la corriente los cuerpos á cuyo través pasa, propiedad opuesta á la conductibilidad y que fácilmente comprobamos si con una fuerza electro-motriz constante hacemos desviar la aguja de un galvanómetro; desviación que será mayor, ó menor según la longitud ó calidad del alambre conductor.

En la resistencia eléctrica se ha observado: 1.º La resistencia de un conductor metálico varía proporcionalmente á su longitud. 2.º La resistencia de un circuito homogéneo varía en razón inversa del cuadrado de su diámetro; y 3.º Las resistencias de los circuitos de la misma longitud y del mismo diámetro pero de distintos metales, están en razón inversa de su conductibilidad.

De lo anterior se ha deducido la Ley de Ohm, por la cual se establece que la corriente es directamente proporcional á la fuerza electro-motriz é inversamente proporcional á la resistencia; lo que se expresa por la fórmula «Corriente igual á fuerza electro-motriz,

partido por resistencia.» Por esta ley es posible determinar cualquiera de ellas, conociendo las otras dos.

Para medir ó comparar la resistencia de los cuerpos, se emplean las llamadas cajas ó carretes de resistencia.

Estas consisten en carretes generalmente de bronce en el que se arrollan alambres aisladores con dos capas de seda y recubiertas de parafina; estas se colocan bajo una plancha de ebonita, y sus extremos se ponen en comunicación con unas piezas metálicas fijas en la parte alta y dispuestas de modo que entre cada dos se pueda introducir una clavija que elimina la resistencia del carrete correspondiente. Sobre la ebonita van marcados en número los valores de la resistencia de los distintos carretes, la que se puede averiguar formando un circuito con la que se trata de medir, un galvanómetro y una pila; se observa la desviación de la aguja y comparándola con un magistral, se obtendrá lo que se desea.

A las cajas de resistencia se les ha dado diversas disposiciones tales como la de Carpentier, el potenciómetro de Clark, el reostato y otros, en cuya descripción no nos detenemos por ser conocidos y la mucha extensión que esto exigiría.

Las capacidades eléctricas, se miden por medio de condensadores que la tengan conocida.

La fuerza electro-motriz se puede determinar ó comparar por medio de la pila Daniell, de la que ya al tratar de ella dijimos que podía usarse como magistral.

La intensidad de las corrientes, se puede hallar por medio de los galvanómetros. Estos están fundados en

la acción que ejerce el paso de una corriente por un hilo conductor situado sobre la aguja imantada. Pueden ser horizontales y verticales, y en estos mismos los hay de multitud de formas y autores.

En los galvanómetros está graduada la desviación de la aguja, pero esto no es proporcional á la corriente más que hasta los  $18^\circ$  á  $20^\circ$ , y para poder comparar con otros instrumentos el valor de distintas corrientes se forman tablas que indiquen el que corresponde á cada desviación de la aguja. Hay galvanómetros que no necesitan graduarse, como son el de senos y tangentes y el diferencial, siendo este último el de mayor aplicación y el que generalmente se usa para medir resistencias; para esto se unen á uno de los circuitos la resistencia que deseamos conocer y un reostato graduado, y dispuestos los circuitos en arco múltiple se unen sus extremos á los polos de una batería: obrando así, la aguja sólo quedará en reposo cuando sean iguales las resistencias. Sea cualquiera el galvanómetro empleado, conviene conocer su resistencia para hacer el cálculo debido.

A los galvanómetros que miden corrientes fuertes, se les ha dado el nombre de *amperómetros*, y el de *voltmetros* á los que miden la fuerza electro-motriz.

*Amperómetro y voltmetro de Ayrton y Perry.*—Con el objeto de evitar los errores que pudieran originar las pérdidas del magnetismo del imán directriz, prescindieron de este dichos profesores, empleando en su lugar, como fuerza antagonista un resorte. Sus aparatos se componen de un carrete cilíndrico hueco, con pocas vueltas de alambre grueso en el primero y muchas de alambre fino en el segundo.

Dentro del carrete y sin llegar al fondo, se coloca una barra de hierro dulce rodeada de un resorte espiral. Los extremos bajos de ambos, están unidos; pero el alto del resorte se afirma á la parte baja del disco graduado que hay sobre el carrete y el alto de la barra sale del centro de aquel y lleva en ángulo recto unida la aguja ó índice. Cuando el carrete no sufre acción alguna, el índice queda en el cero de la graduación; pero al pasar una corriente, ésta atrae la varilla, el resorte se alarga y destuerze haciendo girar al índice.

Con estos instrumentos, se puede llegar á un desvío hasta de  $270^{\circ}$ , en tanto que con los de imán, el mayor que se alcanza es de  $50^{\circ}$ ; pero en cambio requieren mucho mayor cuidado, pues los cambios de temperatura y el uso frecuente de ellos, pueden alterar el resorte.

Hay muchos amperómetros y voltmetros de diversos autores, basados todos en el mismo principio y por tanto fáciles de comprender, pero los más usados son los de Thomson.

El voltmetro de este autor, se compone de un circuito galvanométrico formado por un gran número de vueltas de alambre delgado y fijo perpendicularmente al extremo de una plancha de madera, en la cual y guiado por una ranura en forma de V, puede desplazarse un magnetómetro, que se compone de cuatro barras imantadas muy pequeñas, montadas en un chapitel y unidas á un índice de aluminio muy ligero y contrapesado, para que quede horizontal al montarlo sobre el castillete que hay en el centro del sector que constituye la caja. El fondo de esta es de espejo y la cubierta de cristal.

Su graduación dá directamente las tangentes de los desvíos del índice. De los costados parten dos brazos que sirven de apoyo á un imán semicircular y uno de ellos tiene además un pequeño nivel para la nivelación de la caja de madera. Colocado el magnetómetro sobre esta, su radio cero queda paralelo á la ranura y el centro de las agujas en la perpendicular al plano del carrete galvanométrico que pasa por su centro.

El amperómetro es exactamente igual al anterior del que únicamente se diferencia en que su carrete es simplemente un anillo de cobre de una pieza.

Para conocer por medio de este último el valor de una corriente, se nivela, lejos de lo que pueda influenciarle, de modo que el índice quede en cero y así dispuesto, la corriente que por él circula será igual en amperes al producto de la componente horizontal del magnetismo terrestre, por la altura del magnetómetro dividido por el coeficiente correspondiente á la posición de este. Con el voltmetro se opera de la misma manera.

Hay otros muchos medios de medir las resistencias, entre los que los más importantes son el amperómetro y voltmetro de Lalande y especialmente la balanza de Wheatstom, de la que á pesar de esto no nos ocupamos por la mucha extensión que exigiría.

---

Con el objeto de poder formar juicio de las distintas magnitudes eléctricas, el Congreso de electricistas de París en 1881 aprobó el siguiente sistema de unidades, dándoles los nombres que á continuación se expresan:

*Ohm.*—Unidad de resistencia, igual á la que presentarían 100 metros de alambre telegráfico al paso de una corriente.

*Volt.*—Unidad de fuerza electro-motriz que es próximamente la de una pila Daniell.

*Ampere.*—Unidad de corriente: descompone, gramos 0,0000092 de agua por segundo.

*Coulomb.*—Unidad de cantidad de electricidad, que transporta durante un segundo la corriente.

*Farad.*—Unidad de capacidad, y es la de un conductor ó condensador que tenga la unidad de cantidad ó de potencial.

Los múltiplos y sub-múltiplos de estas unidades, se forman anteponiendo la palabra *meg* ó *mega* que significa un millón, y *micro* que significa un millonésimo.

En 1899, una Comisión nombrada de la Real Academia de la Lengua Española, adoptó conservar los radicales de las voces que expresan las unidades eléctricas, pero dándoles dos inencias del idioma, por lo cual se llaman:

*Ohmio* de (ohm) la resistencia que á cero grados, opondría al paso de una corriente una columna de mercurio de un milímetro cuadrado de grueso y 106'3 centímetros de longitud.

*Voltio* (de volt). Cantidad de fuerza electro-motriz que aplicada á un conductor cuya resistencia sea un ohmio, produce la corriente de un amperio.

*Amperio* (de ampere). Corriente eléctrica que corresponde al paso de un culombio por segundo.

*Culombio* (de coulomb). Cantidad de electricidad capaz de separar de una disolución de plata, 1'118 miligramos de este metal.

*Faradio*.— (de Farad). Medida de capacidad de un cuerpo ó de un sistema de cuerpos conductores, que con la carga de un culombio produce un voltio.

*Julio*.— (de Joule). Medida del trabajo eléctrico, equivalente al producto de un voltio por un culombio.

*Vatio* (de Watt). Trabajo eléctrico equivalente á un Julio por segundo.

*Voltaje*. Conjunto de voltios que funcionan en un aparato eléctrico.

*Voltmetro* (de voltmetro). Aparato para medir potenciales eléctricos.

---

*Tubos de Crookes*.— Cuando nos ocupamos de las descargas eléctricas en los gases y en el vacío, también lo hicimos de los tubos de Gessler y de Crookes. También hemos hablado antes de la producción de los rayos catódicos y de los rayos X en estos tubos, por lo que no creo necesario volver á repetirlo. Por otra parte, como estos aparatos vienen ya contruidos de fábrica, tampoco me ocuparé de la manera de hacerles el vacío, ni del medio para ello empleado: la bomba de mercurio.

Como la producción de los rayos X se atribuye á la fluorescencia del cristal con que está construída la ampolla, la naturaleza de aquel no es indiferente siendo preferibles los de base de sosa, potasa ó cal.

La forma de los tubos de Crookes destinados á la producción de rayos X, son muy variadas, teniendo todas ellas sus ventajas é inconvenientes. Los primeros tubos tenían la forma de peras; el catodo situado en la parte superior, se componía de un hilo conductor terminado por un platillo de aluminio, cuyo plano sea perpendicular al eje de la ampolla; el ánodo terminado por un hilo de platino ordinario, se situaba en uno de los lados, pero en estos tubos como la superficie fluorescente y por tanto productora de los rayos X, era relativamente grande, estos rayos tenían mayor dispersión, disminuyendo en intensidad. Para evitar este inconveniente, Mr. Collardeau hizo uso de una ampolla de forma cilíndrica, de poco diámetro y cerrada por sus extremos; el catodo ocupaba uno de estos y el ánodo se situaba a un lado; de este modo la superficie de emisión era más pequeña y las radiaciones más intensas, pero como la capacidad del cilindro es también muy poca, se hacía necesario añadir un reservorio supletorio para evitar las grandes variaciones de presión.

En estas variadas clases de tubos donde el anticatodo es de cristal, en el sitio en que es herido por los rayos catódicos, su superficie se calienta y la composición del cristal puede variar haciéndolo en cierto modo poroso, por lo cual se han construído los llamados *tubos focus*, en los que se interpone en el trayecto de los rayos catódicos una pantalla de platino que ha-

ce el papel de anticatodo. El catodo es de forma cóncava para concentrar los rayos catódicos sobre el anticatodo que se situará  $45^\circ$ , con relación á la superficie de emisión de los rayos X.

Mr. Collardeau, ha modificado el tubo focus, construyendo una ampolla en la que el catodo, de muy pequeñas dimensiones, ocupa casi completamente el tubo y se encuentra empotrado en una envuelta de cristal que evita su acción en la cara posterior. El anticatodo está situado lo más cerca posible del catodo para utilizar toda la energía del flujo catódico. Admitiendo la teoría del bombardeo, se comprende que los rayos catódicos se debiliten con la longitud. Como la pared de cristal absorbe mucho los rayos X, conviene hacerla lo más delgada posible, y en este sentido el tubo de M. Collardeau, presenta una ventaja sobre los demás, puesto que cuanto más pequeño sea, más se puede adelgazar sin temor de que lo rompa la presión atmosférica. Sin embargo, para que sea manejable, necesita tener suficiente rigidez, sin la cual se rompería en la mano; por lo que su motor no adelgaza más que la parte que ha de ser atravesada por los rayos X, la que forma como una especie de berruga en la ampolla.

Para la producción de los rayos X por medio de bobinas de inducción que puedan dar grandes chispas, se construyen actualmente tubos de gran tamaño, entre los que se encuentran los bianódicos de M. Seguy. Este, como su nombre lo indica, tiene dos polos positivos; uno de ellos formado por un espejo de platino, recibe los rayos catódicos emitidos por el polo negativo y los transforma en rayos X como en el

tubo focus; el otro constituido por un espejo cóncavo tiene por objeto reunir y reflejar las radiaciones que escapen á la acción del espejo de platino. Esta ampolla tiene varias dimensiones y es muy utilizable para las experiencias de radiografía y radioscopia.

Tales son los principales aparatos necesarios para las experiencias Röntgen, pues los demás, que pudiéramos llamar auxiliares, son tan conocidos, que creo inútil hacer un estudio detenido de ellos.

---

La R. O. de 11 de Noviembre de 1897, que dispone la instalación de un gabinete radiográfico en los Hospitales de Marina, determina que para ello se adquieran los aparatos y efectos siguientes:

- Una bobina de inducción, de 50 centímetros de chispa.
- Un interruptor de mercurio.
- Una batería de 20 acumuladores.
- Una idem de 4, para el interruptor.
- Un cuaderno de papel busca-polo.
- Un cuadro de distribución, con aparato de medida, carga y descarga de acumuladores.

- Un soporte médico.
- Un fluoroscopio.
- Un Voltmetro y un Amperómetro, para la carga de los acumuladores.
- Una resistencia reguladora, para la marcha del interruptor.

---

La bobina de inducción de la que ya anteriormente nos hemos ocupado, debe ser de tamaño suficiente y buena construcción, para que pueda servir al objeto deseado.

El interruptor debe ser de mercurio, construido de modo que se obtenga una gran rapidez de movimiento, pues la experiencia ha demostrado la poca utilidad de los de platino: son muy recomendables los de Arsonval, que generalmente acompañan á las bobinas construidas por M. Gaiffe.

Ultimamente se han construido otros interruptores de mercurio que reúnen grandes ventajas sobre los anteriores.

Los acumuladores, según dijimos al tratar de ellos, los hay de varias formas, siendo preferibles los de la compañía eléctrica E. U., los Tudor ó los Boesse, por la ventaja que presentan de su menor tamaño y facilidad de inspeccionar su entretenimiento.

El cuadro de distribución debe contener los aparatos auxiliares cuales son: un regulador para la corriente principal: una resistencia para el interruptor: un

voltmetro para medir la tensión de los acumuladores: y un amperómetro para medir la intensidad de la corriente.

La resistencia reguladora más generalmente usada, está formada por varias espirales de níquel colocadas en un cuadro. Los extremos de estas espirales, que generalmente son 21, se unen á otros tantos botones de contacto sobre los que se desliza una manivela que se coloca á la izquierda de los botones, estando entonces la corriente interrumpida, pasando á la bobina y aumentando su intensidad á medida que se avanza hacia la derecha hasta llegar al último botón, en cuyo caso pasa toda la corriente. En el cuadro de distribución hay 8 agujeros para que por medio de clavijas con sus hilos conductores, se ponga en comunicación con las baterías de acumuladores y con el interruptor: además hay un conmutador para el voltmetro por medio del cual se puede medir á voluntad la tensión de las baterías.

Pequeñas placas colocadas sobre los agujeros indican las conexiones.

El soporte para las ampollas está constituido por un vástago vertical sostenido por un pié pesado de hierro. Sobre este vástago resbala en posición horizontal, una pinza que sirve para sostener el tubo, la cual está provista de dos ramas de madera con movimiento en todos los sentidos. En la parte superior del vástago, hay un segundo brazo movil que sirve para sostener los hilos conductores, manteniéndolos alejados del cuerpo que se va á examinar.

El fluoroscopio no es más que una pantalla fosforescente que se adapta á un aparato que tiene la forma

de un estereoscopio, y que adaptándose á los ojos del observador, evita la entrada de la luz ambiente, permitiendo por tanto operar sin necesidad de estar en la obscuridad.

Respecto al voltmetro y al amperómetro, como ya antes hemos hablado de ellos, no creo necesario el repetirlo.

Los aparatos anteriormente expuestos son los que deben adquirirse según la R. O. citada, pero como considero que estos por sí solos no son suficientes para una instalación radiográfica, antes de ocuparme de su manejo y modo de operar, creo conveniente indicar los que conceptúo más necesarios para el completo de dicha instalación. Estos son los siguientes: Tubos de Crookes. —Un reostato de 6 lámparas de incandescencia. —Una batería de pilas eléctricas. —Una máquina dinamo-eléctrica. —Una pantalla fluoroscópica de refuerzo. —Pinzas, clavijas metálicas ó hilos conductores. —Un escitador. —Chassis y porta-chassis. —Placas fotográficas. —Y por último, una mesa para las operaciones radiográficas.

*Tubos de Crookes.* —Ya hemos dicho antes la variedad que hay en su forma y construcción, conceptuando preferibles los de forma de bola con reflector de platino, debiendo adquirirse varios de los más perfeccionados, de diferentes formas y tamaños para poder hacer toda clase de experiencias.

*Baterías de pilas eléctricas.* —Habiéndome ocupado ya de estas, consideramos suficiente manifestar aquí que al parecer son preferibles las de bicromato de potasa y entre estas las de Grenet ó Trouvé, por las ventajas que al hablar de ellas hemos expuesto. El

número de elementos debe ser á lo menos 20, para que con una tensión de 70 á 80 volts, aunque la corriente sólo sea de 1 á 2 amperes, se pueda alimentar una bobina de 50 centímetros de chispa.

*Máquina dinamo-eléctrica.*—No solo para los acumuladores, sino para poder producir los rayos X, con la bobina, creemos de utilidad este aparato entre los que al parecer daría mejor resultado la de Carré, la de Vimshurts, y aun mejor la últimamente inventada por el Rdo. P. Martinez.

*Reostatos de 6 lámparas.*—Para cuando se desée cargar los acumuladores por medio de una corriente continua, debe tenerse á precaución este aparato. La tensión de las lámparas ha de ser apropiada á la de la corriente, deduciendo la necesaria para cargar la batería. El número de lámparas y su poder luminoso se determinan por la intensidad de la corriente que pasa por ellas.

*Escitador.*—Con el objeto de poder medir la longitud de las chispas, se hace uso de un aparato compuesto de una punta y un disco metálico sobre sus correspondientes soportes. Antes de hacer pasar la corriente, se aproxima la punta al disco á unos 50 centímetros de distancia próximamente para ver si la chispa vá al centro del disco, pues en caso de ir á los bordes, se debe rambersar la corriente; después se va alejando la punta hasta que la chispa alcance su máximun de longitud.

*Pantalla de refuerzo.*—Estas nuevas pantallas son de gran utilidad para la radiografía, especialmente cuando el objeto que se ha de observar tiene que colocarse á gran distancia del tubo, por lo cual deben acom-

pañar al fluoroscopio. Más adelante veremos la manera de usarla.

*Hilos conductores, clavijas, prensas.*—Son muy necesarios estos accesorios para establecer las conexiones y comunicaciones, debiendo el hilo estar forrado de seda ó cautchouc para su debido aislamiento.

*Chassis y porta-chassis.*—Con estos se puede evitar el empleo de dos ó tres pantallas de refuerzo y la necesidad de operar en una cámara oscura.

*Placas fotográficas.*—Inutil parece demostrar su necesidad para la radiografía, debiendo ser de las más perfeccionadas y de un tamaño grande, para poder hacer toda clase de experiencias.

*Mesa de operaciones.*—Además de las mesas en que deben estar colocados los aparatos, como para observar bien á un enfermo ha de estar este acostado, es muy útil una mesa de operaciones que generalmente está formada por un marco de 2 metros de largo por 55 centímetros de ancho y con un cuero ó tela; esta puede elevarse ó bajarse á voluntad, en un tercio de ella, permitiendo de este modo movilizar el cuerpo del enfermo y operar con los rayos X por encima y por debajo de la mesa.

Hasta aquí los efectos y aparatos que conceptuamos necesarios para las experiencias radioscópicas y radiográficas, pero si queremos que la instalación sea completa debe agregarse á ella un gabinete fotográfico. De los efectos y aparatos que constituyen este, así como de las manipulaciones fotográficas, no nos ocupamos por temor de ser difusos, además de que la R. O. antes citada, en nada se refiere á esto.

Los aparatos anteriormente dichos deben colocarse

en un local elevado, para evitar la humedad atmosférica de los sótanos y pisos bajos, local que debe ser espacioso para que permita operar con desahogo, y dispuesto de manera que la luz que en él penetre sea mayor ó menor según se desee.

Una vez instalados los aparatos se llenarán los acumuladores del líquido escitador que generalmente es el ácido sulfúrico diluído como dijimos al hablar de ellos. Antes se procurará que las placas estén perfectamente planas y los vasos sin rotura alguna. Se llenan los elementos hasta una altura que debe ser exactamente igual en todos y que alcanza á 1 centímetro por debajo de la tapa, cuya altura debe conservarse, añadiendo líquido cuando este disminuya por la evaporación.

La densidad debe ser 1'2, la que durante la carga aumenta puede ser de 1'23 cuyo límite no debe traspasarse: si el ácido es muy fuerte se añadirá agua destilada, y si por el contrario, el peso específico baja más de 1'2, se añadirá por medio de un sifón, ácido puro concentrado hasta alcanzar la densidad deseada. Para medir el peso específico del líquido en las baterías fijas, se hace uso de un areómetro plano, y á no ser esto posible, se toman de cuando en cuando pequeñas porciones de él por medio de una pipeta y se halla su densidad en una probeta.

Los acumuladores estarán algo elevados del suelo, procurando evitarle el polvo y las conexiones se cubrirán de parafina, haciéndolas de modo que pueda sacarse un elemento sin tocar al otro. Aunque el acumulador esté formado, es conveniente cargarlos y descargarlos un par de veces antes de usarlos, para re-

frescar las placas y dejarlas en condición normal. El máximo de intensidad de la carga y descarga, que depende del tamaño de las placas, se marcará especialmente en cada batería, no debiendo nunca traspasar este límite; no sobrecargarlos. El tiempo necesario para la carga depende de que sea la primera vez ó no que se use el aparato. En el circuito se interpondrán un amperómetro, un voltmetro y las resistencias necesarias. Siendo la tensión normal de un acumulador 1'9 volts, lo que se eleva á 2'5 volts, al cargarlo y baja á 1'85 al descargarlo no se trabajará con menor tensión. Durante la carga se observará la temperatura y se agitará de cuando en cuando el líquido, por si hubiese algunas acciones locales, suspenderla.

La descarga nunca debe llevarse al extremo para que la fuerza electro-motriz sea constante, dejando siempre por lo menos un 25 por ciento de la energía acumulada, así por ejemplo, si un acumulador contiene 400 amperes, se suspenderá la descarga al consumirse 300. El areómetro también indicará cuándo se debe interrumpir el circuito por bajar la tensión á 1'85 volts.

Siendo el reposo perjudicial para la conservación de los acumuladores, se volverán á cargar antes de las doce horas, dejándolos cargados, pero si no hubiesen de servir en algún tiempo, se sacan las placas, se lava bien todo con agua clara, se seca y se guarda resguardado del polvo, volviendo á llenarlos y formarlos cuando hayan de usarse.

Hasta que los acumuladores estén completamente cargados, no se debe interrumpir la corriente, á menos que las acciones locales así lo exijan, pero en este caso, sera por muy poco tiempo.

Dijimos anteriormente, que entre los aparatos que considerábamos necesarios para una instalación radiográfica, uno de ellos era un reostato de lámparas de incandescencia, el cual puede introducirse también como resistencia en la carga de los acumuladores. Debemos tener presente que una lámpara de 16 bugías normales y 53 volts, consume una corriente de un ampere; una de 16 bugías y 98 volts consume una corriente de medio ampere, y el consumo de una de 25 bugías y 98 volts es de un ampere próximamente. Ahora bien, para cargar una batería de 6 acumuladores, cuyo máximo de carga sea de 6 amperes y la cantidad de fuerza electro-motriz de 65 volts, se interpondrá una resistencia de 6 lámparas de 16 bugías y 53 volts; la misma batería cargada por una corriente de 110 volts, exigiría 6 lámparas de 25 bugías y 98 volts. Haciendo el cálculo correspondiente, conoceremos la resistencia necesaria de cualquier batería, necesitando menos lámparas, cuanto menor sea la intensidad de la carga. Para montarlas, se averigua por medio del papel busca-polo, los del origen de la electricidad y se conecta el negativo á uno de los extremos de la armadura de las lámparas, la que por el otro extremo y por medio de un conductor, se pone en comunicación con el polo negativo del acumulador; el positivo de éste y el del mismo nombre de la corriente, también se ponen en comunicación. Las lámparas deben brillar normalmente, pues el no hacerlo así, indicaría variaciones en la tensión eléctrica.

Para hacer uso de la bobina de inducción, se interpone entre esta y el generador eléctrico, una resistencia reguladora, con el fin de que no pase más que

la corriente necesaria para el buen funcionamiento de la ampolla. Ya hemos dicho en lo que consiste el cuadro de resistencias y la manera de que esta sea mayor ó menor según la posición de la manivela.

El interruptor se coloca frente á uno de los extremos de la bobina que generalmente es el opuesto á donde está la conexión de esta con el generador eléctrico. Según hemos manifestado, el preferible es el de mercurio, al que para ponerlo en acción, se coloca en el vaso una capa de mercurio puro de 15 á 20 milímetros, sobre la que se vierte petróleo formando otra capa más pequeña que llegue hasta los 10 milímetros del borde del vaso.

El vástago del interruptor se arregla cuando este está en reposo, de modo que toque en la superficie del mercurio; durante la marcha puede elevarse y bajarse el vaso por medio de un tornillo y de este modo regularlo facilmente. Después de ajustado el vástago se cierra el circuito por medio de la resistencia, se empuja con el dedo el interruptor para ponerlo en marcha y después, con ayuda de la resistencia, se deja pasar tanta corriente cuanta sea necesaria para iluminar la ampolla. El color negro que toma el petróleo, para nada influye, pero puede perjudicar, por que evita observar si el vástago está bien arreglado cuando se trata de hacer una nueva experiencia. En este caso y para no tener que montar de nuevo el interruptor, se introduce en el aparato una corriente débil y se hace funcionar; subiendo y bajando el vaso por medio del tornillo durante la marcha, se verá si está bien, y hecho esto, se aumenta la corriente. Cuando la bobina está en reposo, se separará el vaso del

apoyo en que está y por donde se introduce la corriente, bajándolo á fin de evitar el contacto del mercurio con el vástago.

Una advertencia muy importante y que no debe descuidarse nunca, es que el interruptor ha de ponerse en marcha antes de hacer pasar la corriente á la bobina, y de interrumpir esta antes de poner el interruptor fuera del circuito cuando las experiencias han terminado.

Cuando se haga uso del interruptor de platino, se volverá el tornillo hácia atrás, de modo que el contacto de platino no toque al martillo; se introduce después una corriente débil, volviendo el tornillo poco á poco hasta que esté en conexión con el contacto, buscando de este modo la posición más ventajosa para la intensidad de la corriente y disminuyendo ésta si las chispas son muy fuertes.

Los tubos serán mejores cuando ha transcurrido algún tiempo de su construcción y se colocarán de modo que el reflector de platino está sobre el centro de las placas y paralelamente á estas. La distancia á que se han de colocar los objetos que se examinen, dependerá del espesor de estos, así como del tiempo de exposición. Cuando los tubos tienen un vacío muy grande debido al uso, se calientan por medio de una lámpara de alcohol hasta que se obtengan de nuevo los rayos, pudiendo hacerse esto mientras pasa la corriente, pero cuidando mucho no exponerse á las conmociones eléctricas, por lo que se recomienda usar guantes de seda siempre que se ha de operar. Cuando el tubo tiene mucho vacío, la chispa salta fuera de él.

El examen de los tubos, puede hacerse por medio del fluoroscopio, colocando la mano cerca de este, y la mayor ó menor limpieza de la imagen de los huesos nos lo indicará.

Cuando el platino anticatódico enrojece, debemos suspender el paso de la corriente. Si la ampolla está en actividad, el lado opuesto del refractor de platino, debe presentar una fosforescencia verde claro: algunos presentan entre la fluorescencia verde una luz blanca, debida á una pequeña cantidad de aire que quedó y que pronto se absorbe por el uso. Si dá una luz azul ó enrojece por la descomposición del platino, está ya fuera de uso.

---

Como ya anteriormente hemos indicado, si en la obscuridad se dirige un hazecillo de rayos Röntgen sobre una pantalla fluorescente, ésta se haría luminosa. Si entonces introducimos entre el tubo de Crookes y la pantalla un objeto ó un órgano cualquiera, una mano, por ejemplo, algunas partes que son transparentes á los rayos X, aparecen poco, en tanto que los huesos que no son atravesados por estas radiaciones, proyectarán su sombra sobre la pantalla.

Los objetos que hayan de observarse, se colocarán lo más cerca posible de la pantalla para evitar las deformaciones ocasionadas por los conos de sombra que se producen.

De este modo se puede obtener una fotografía ac-

cidental de un objeto cualquiera, permitiendo ver el estado patológico de un órgano, el contenido de una caja cerrada, y los demás casos que hemos manifestado al hablar de las aplicaciones de los rayos X.

Las substancias fluorescentes y su manera de aplicarlas á las pantallas, varían mucho, no ocupándonos ahora de ellas, por haber indicado algo anteriormente y por venir aquellas ya preparadas de fábrica.

La manera más común de hacer las observaciones fluoroscópicas, consiste en producir los rayos X en un tubo de Crookes, disponiéndolo de manera que las radiaciones se emitan horizontalmente; delante del tubo se coloca la pantalla fluorescente por su lado inactivo y entre ambos el objeto que se va á examinar, observándolo por el lado opuesto de la pantalla y donde está aplicada la substancia fluorescente: de este modo se distinguen las sombras de las partes no atravesadas por las radiaciones Röntgen. Se comprende que el lado activo de la pantalla sea el que esté del lado del observador, puesto que los rayos X no absorbidos por el objeto, pueden atravesar el cartón que les sirve de soporte é influenciar las substancias fosforescentes que nada ocultan al observador, mientras que en caso contrario la materia activa se hará fluorescente sin que las radiaciones luminosas puedan atravesar el cartón que oculta el objeto al que lo examina.

La lucidez que se produce es débil, por lo que estas observaciones deben hacerse en la obscuridad, ó rodeando la pantalla y la cabeza del operador de un velo negro, ó por último haciendo uso del fluoroscopio.

Hasta aquí nos hemos ocupado de la radioscopia:

digamos ahora cuatro palabras sobre la radiografía. Ya hemos dicho que ésta consiste en fotografiar por medio de los rayos X, objetos que no son invisibles. Desde luego se comprende que con estas radiaciones no obtendrán imágenes semejantes á las que darían los rayos luminosos normales á través de un objetivo, pues este no es posible emplearlo en radiografía, puesto que los rayos X no se refractan; así que los cuerpos que son opacos para ellos solo dan sombra y no imágenes. Cuando exponemos á la luz directa una mano sobre una placa sensible, el desarrollo del cliché dará la imagen exacta de la mano, pero en radiografía como las partes blandas dejan pasar las radiaciones y éstas solo son interceptadas por los huesos, no obtendremos más imagen que la del esqueleto de la mano.

Hay diferentes clases y muy perfeccionadas de placas secas que son las usadas en radiografía, de las que, así como de los diversos líquidos reveladores no nos ocupamos por no dar mayor extensión á esta memoria, y estar perfectamente detallados en los tratados de fotografía.

La manera de operar en las experiencias radiográficas es como sigue: al hacer pasar convenientemente la corriente inducida á un tubo de Crookes, se coloca en frente de éste y perpendicularmente á los rayos X que emite el chasis fotográfico cerrado y provisto de una placa, interponiendo entre éste y el tubo el objeto que se ha de reproducir.

La radiografía puede efectuarse en plena luz, puesto que como el chasis está cerrado, y si se quiere cubierto con un paño negro, se encuentra al abrigo de los rayos actínicos de la luz solar; sin embargo, es

preferible operar en una semi-obscuridad porque de este modo se distingue mejor la fluorescencia que debe producirse en el tubo y vigilar la marcha del aparato.

Cuando se trate de objetos inanimados se dispondrán éste y la placa horizontalmente; el tubo se colocará por encima de manera que los rayos X producidos lleguen perpendicularmente sobre el espejo fotográfico. El objeto se colocará á poca distancia de la placa para evitar las deformaciones debidas á la difusión, y aun si no es muy pesado se dejará reposar sobre el chasis. En cuanto al tubo, se colocará á algunos centímetros del objeto para proyectar sobre éste el mayor número posible de rayos activos y evitar la creación de mucha penumbra sobre el cliché: esta distancia es difícil de indicar previamente con exactitud, pues varía según la extensión del objeto; generalmente es de 2 á 10 centímetros.

Para aumentar la limpieza de la imagen obtenida se puede hacer uso de diafragmas de metal ó de cristal espeso, en cuyo caso hay que aumentar el tiempo de exposición, tanto más cuanto más pequeño sea el diafragma.

Cuando se trate de objetos animados ó vivos se puede operar de la misma manera anteriormente dicha, pero cuidando de que observen durante la experiencia una inamovilidad completa si se desea obtener un cliché bien claro. Los animales vivos se pueden colocar sobre un soporte especial de manera que no puedan moverse; soporte que puede ser de madera ó de metal, pues ambas substancias son transparentes á los rayos X. Además se puede introducir el chasis entre el cuerpo del animal y el soporte que lo sostiene.

En cuanto al cuerpo humano, el poco tiempo de exposición necesario hoy día con los tubos perfeccionados y los adelantos en los aparatos eléctricos, evita el tener que tomar muchas precauciones; no hay mas pues, que colocar el órgano que se vá á estudiar sobre el chasis, y disponer encima del tubo de Crookes de la manera que anteriormente hemos dicho. El uso de la mesa de operaciones facilita mucho estas experiencias.

El tamaño del chasis y de la placa fotográfica, deberá estar en relación proporcionada con las dimensiones de la parte del cuerpo que se trata de reproducir y cuando el tamaño de ésta sea muy grande, se colocan dos placas, una al lado de la otra, las que unidas después, nos darán la totalidad.

La distancia que debe haber entre el tubo y la placa depende naturalmente del tamaño del cuerpo sometido á la operación. Para los animales pequeños, esta distancia será de unos 10 centímetros: para los mayores puede elevarse á 20 y 30. En cuanto al cuerpo humano, hé aquí las distancias que generalmente se aconsejan; para la mano y el brazo, de 10 á 20 centímetros y lo mismo para el pié y pierna; para la rodilla, 30 centímetros y por último para el pecho y la pelvis se puede llegar á 40 centímetros.

Ultimamente, M. Gariel ha ideado un aparato que llama *radio-condensador* y dice ser muy útil para la radiografía y radioscopia, por medio del cual se pueden obtener las imágenes bien detalladas, aun en los grandes espesores, como son: la cabeza, torax y el abdomen. Este aparato, de forma piramidal y formado por una lámina de plomo, se adapta por una parte al

tubo de Crookes y por la otra al chasis fotográfico. Está fundado en la ventaja que hay deteniendo los rayos X por una lámina de plomo, impidiendo la acción debida á la fluorescencia del aire, ambiente que necesariamente obra sobre las placas sensibles; de este modo se crea una atmósfera confinada por paredes impermeables á las radiaciones.

---

Con todo lo expuesto anteriormente, creo haber llenado el objeto que en un principio me proponía, á saber: ligeras ideas acerca de la naturaleza de la luz y de las descargas eléctricas en los gases y en los diferentes vacíos, para venir en conocimiento de los diversos rayos luminosos y en especial de los rayos X y sus importantes aplicaciones; algunas palabras sobre electricidad y aparatos necesarios para la producción de los expresados rayos; y por último, la instalación y manejo de dichos aparatos tanto para la radioscopia como para la radiografía.

Materia tan importante es esta, que exigiría mucha mayor extensión, no solo en la parte técnica, sino en los detalles de las manipulaciones necesarias para las esperiencias, sino para los trabajos fotográficos para obtener imágenes claras y fijas en las placas, pero como esto puede ser muy lato y excedería los límites de una memoria, conceptúo con todo lo dicho haber cumplimentado los deseos de la Superioridad.

*Cartagena Marzo 1899.*





