

iritis ó ciclitis, hubiera sido remediable; pero es el abandono, la incuria de la gente del pueblo, la causa de que no sean asistidos por médicos, cuando sus enfermedades son aún curables. Por lo menos, atendidas desde el principio, si no podrían curar, el curso de esas enfermedades sería más lento y menos dañino, puesto que en varias ocasiones, dependen de alguna diatesis ó de un estado general modificable.

México, enero 16 de 1907.

A. CHACÓN.

FISICA MEDICA

Las radiaciones nuevas.—Rayos catódicos y rayos de Roentgen.

Por el DR. J. MOUNT BLAYER,

F. R. A. M. S. L. L. D. de Nueva York. Miembro correspondiente
de la Academia N. de Medicina de México.

Traducido del original, por el Dr. JESUS CHICO.

Conforme á una opinión muy general, uno de los rasgos que caracterizan á nuestra época, es el enorme desarrollo de las aplicaciones científicas.—Verdad trivial.—Estas aplicaciones nos rodean mezclándose íntimamente con todos los detalles de la vida diaria y tomando parte en nuestras casas, vestidos, alumbrado y trasportes de toda especie; ayudándonos á entrar en comunicación, de cerca y de lejos; con nuestros amigos y relaciones; nos retratan, nos divierten y es imposible pasarlos por alto, hallándolos, como es el caso, en todas y por todas partes. Pero el lado práctico de la ciencia moderna no debe ofuscarnos acerca de su valor educativo y filosófico. Refiriéndonos, por ejemplo, solamente á la Física contemporánea, diremos que el progreso de las ideas no es menos notable que el de los descubrimientos: la teoría y la práctica han corrido parejas y la habilidad experimental ha llegado á la altura del atrevimiento de la manera de pensar. En conexión con esto debemos decir que la evolución de las teorías es comparada favorablemente con el desarrollo maravilloso de los hechos y la filosofía de la ciencia con la ciencia misma,

lo cual hemos procurado demostrar previamente á nuestros lectores, en nuestros artículos sobre osmosis, crioscopia y tonometría. Aquí examinaremos, desde el mismo punto de vista, las ideas que se han acumulado recientemente acerca de los rayos catódicos y los de Roentgen y de la radio-actividad de la materia.

I

En 1883, el conocido físico Wiedemann, propuso para los rayos que había estado estudiando, el nombre de «rayos catódicos;» pero el objeto á que aplicaba ese término no era enteramente nuevo: varios años antes, el físico inglés, W. Crookes—muy conocido por otras investigaciones que le eran propias—había hecho con estos rayos experimentos célebres y pintorescos que, diseminados por su autor en toda la Europa, llamaron la atención de los físicos y aun la del público. Estos fenómenos, brillantes y entonces nuevos, despertaron un entusiasmo inmenso dondequiera que fueron hechos: como ante la Asociación Británica—reunida en Sheffield en 1879 —y en una de las *soirées* de la Asociación Francesa, y en una reunión habida en el Observatorio de París en 1880. Crookes los atribuía á una condición especial de la materia, á la cual daba el nombre de «materia radiante.»—Los rayos catódicos son, sencillamente, materia radiante electrizada.—El físico inglés daba mucha importancia á este cuarto estado de la materia, creyendo, como otros, que había abierto para la Ciencia una vía nueva. Esperanza vana, á lo menos propuesta por largo tiempo, siendo necesario el transcurso de quince años para que llegara el descubrimiento de los rayos X (cuya conexión con los catódicos se verá luego), y llamara la atención de los físicos. Sin embargo, los investigadores no habían despreciado esta senda; la seguían con perseverancia en la quietud de sus laboratorios, siendo de mencionar, en primera línea y rango, al físico alemán Hittorf, descubridor de esos mismos rayos, que en justicia, debieran ser llamados «rayos Hittorf,» pues que este investigador los mencionó diez años antes que Crookes. Este nombre de rayos Hittorf está más justificado por analogía, ya que los X son llamados «rayos Roentgen» y los radio-activos, «rayos Becquerel.»

Además de Hittorf, es debido mencionar á Hertz, Wiedemann, Ebert, Schmidt, Lenard y J. J. Jhomson, cuyas investigaciones se desarrollaron gradualmente hasta 1895. En esta fecha apareció el descubrimiento de Roentgen dando nuevo impulso á los investigadores. Poco después aparecieron, en diversos países, las publicaciones de Birkeland, Majorana, W. Wien, J. Perrin, Villard, Deslandres y Poincaré, franceses los cuatro últimos.

Tantas investigaciones tenían el doble objeto de completar el estudio experimental del asunto y de explicarlo—tarea atractiva en ambos casos;—pero siendo incomparablemente mayor el interés de la cuestión teórica. En este nuevo campo de los fenómenos catódicos, se renovó la discusión acerca de la manera de interpretar los fenómenos luminosos. Los rayos catódicos no son luminosos; pero su explicación era igualmente opuesta á las teorías de la emisión y de la ondulación, á la materia ponderable y al éter. La discusión del principio del siglo XIX, acerca de la luz, se repitió en su último decenio respecto á la electricidad, sucediéndose los unos á los otros los efectos teatrales y de sensación.

La teoría de la emisión triunfó con Crookes en 1880: los rayos catódicos aparecían en verdad como una proyección material de trayectoria balística. Con Lenard—quien había hecho que esos rayos atravesaran por el vacío sin que éste disminuyera—se sobrepuso la teoría inmaterial del éter en 1894. A su vez, en 1897, J. J. Jhomson volvió á creer en la emisión de partículas; pero ya no de proyectiles formados por moléculas, átomos ó iones; sino por corpúsculos atómicos, constituidos por fragmentos de átomos. Por fin, en 1899, M. Villard determinó la naturaleza de estos cuerpos y demostró que estaban formados de hidrógeno, siendo, en suma, corpúsculos ó fragmentos de hidrógeno atómico, quedando demostrado que los rayos catódicos dan el espectro del hidrógeno y que si se logra quitar toda huella de este gas la emisión de los rayos catódicos queda suspendida instantáneamente.

II

Después de haber tratado teóricamente los puntos más interesantes de estos nuevos rayos, será bueno describirlos brevemente:

Su aspecto depende de las condiciones de las descargas eléctricas en los gases rarificados, fenómenos observados frecuentemente, en los tubos de Geissler ó en el bulbo eléctrico, y que se encuentran entre los más brillantes y agradables que se puede provocar con la electricidad y que, por tanto, son exhibidos á menudo en los gabinetes, por la hermosura de su espectáculo y para instrucción del espectador.

Imaginémonos un bulbo eléctrico, vasija ovoide, de vidrio, en la que se hallan dos polos metálicos, dos bulbos, ó en una palabra, dos electrodos de formas varias, separados por un intervalo mayor ó menor, á voluntad, y cargados de electricidad, á la que se mantiene en el grado requerido poniéndolos en conexión con una bobina de Ruhmkorff. También se puede usar una máquina electro-estática si ésta tiene un condensador cuyo colector esté en conexión con uno de los electrodos. Un tubo corto, previsto de un bitoque, hace posible agotar el aire que se encuentre en el bulbo de forma ovoide. Luego que la tensión eléctrica pasa de cierto límite, se establece una corriente. Una llamarada pasa del electrodo positivo (el anodo), al negativo (el catodo). En estas condiciones—dados un gas rarificado y una carga conveniente de electricidad—la trayectoria luminosa (llamarada), en vez de que sea de una blancura deslumbrante, rectilínea ó en zig-zag, conforme está constituída la chispa ordinaria, se presenta como un resplandor difuso, de color variable con la naturaleza del gas.

Si el bulbo ó cualquier otro recipiente que contuviere el electrodo, permite cambiar el lugar del polo positivo, acercándolo á diferentes puntos de la superficie del vidrio, se verá entonces que el haz ó resplandor deja siempre el punto variable de contacto para pasar de ahí al polo negativo que permanece en un punto fijo. La trayectoria será más ó menos directa ó rectilínea, se acercará más ó menos al eje del bulbo y variará, en consecuencia, con la forma de éste. Mediante el desalojamiento del polo positivo, la corriente, ó sea la trayectoria de la descarga, se puede dirigir al punto que se quiera. Esto es lo que sucede ordinariamente, en especial cuando la rarefacción es moderada: de algunos centésimos, más, ó cuando de unos pocos milésimos de atmósfera. Pero si se desea estudiar los ra-

yos catódicos, no puede uno quedar contento con un vacío de este grado; entonces es preciso, como lo hicieron Lenard y Crookes, ir más allá, cuidando, sin embargo, de no ir demasiado lejos. En particular, el físico inglés llevó el agotamiento hasta un grado prodigioso. En los llamados tubos de Crookes, la presión es sólo de un millonésimo de atmósfera; valuada en milímetros de mercurio no llega á más de 0,00076. Sostiene (Crookes) que el gas residual, cuando el vacío se ha llevado á este grado, ya no tiene las propiedades de los gases ordinarias: según él es un *hipergás* tan diferente del verdadero estado gaseoso como éste lo es del estado líquido, formando ese estado *hipergaseoso* un cuarto estado de la materia, después de los estados sólido, líquido y gaseoso.

Crookes, fiándose en las enseñanzas de la teoría kinética acerca de la constitución de los gases, quiso determinar la naturaleza de este cuarto estado de la materia. En realidad, un gas rarificado hasta un millonésimo de atmósfera, no ha adquirido un nuevo carácter sólo por este hecho; pero, de seguro sí lo ha adquirido, cuando la electrización ha sido añadida á la rarefacción: entonces sí que constituye una «emanación» ó «rayo catódico.»

Hemos dicho que no se debe llevar muy lejos el vacío; si va éste más allá de un millonésimo—y la perfección de los aparatos permite ir más lejos—el residuo gaseoso no puede ser electrizado, y no pasando la electricidad á través de él ya no habrá corriente. La fuerza eléctrica es impotente para atravesar el vacío absoluto, cuya resistencia es artículo de fe para los físicos, sobre todo después de los experimentos de Walsh, Norren y Schulz. La importancia de este principio es muy grande en la teoría; da, en realidad, una prueba nueva para la materia; pero en la aplicación, su valor práctico es muy restringido. Los experimentos de Herz y los de Lenard, respecto á la propagación de ciertas formas de electricidad en el vacío, nos dan á conocer la naturaleza de estas restricciones. Diremos con J. Perrin que la electricidad que se puede descubrir experimentalmente, no puede propagarse sin un sostén ó medio material; pero esto no es seguro.

Si volvemos al tubo de Crookes, en el cual se ha llevado el vacío hasta un millonésimo, veremos que la corriente se porta de un mo-

do diverso de como lo hace en tubos donde la rarefacción es menor. La trayectoria ó senda de la corriente pierde mucho brillo y no se presenta como un resplandor incierto, oscilante y estriado, de un matiz intermedio entre el color de rosa y el morado. Todo el interior del bulbo queda oscuro. La electricidad pasa otra vez, siguiendo la misma senda que antes, entre el electrodo positivo y el catodo; el efluvo principal es acompañado por un efluvo secundario de todos los puntos del tubo, las corrientes positivas se dirigen hacia el catodo reforzando la corriente principal. Estas «cargas» positivas, que descienden de todos los puntos de la periferie, completan el juego de las «cargas» negativas que se ven fijas en los rayos catódicos. Su existencia, su desarrollo y su circulación, son el resultado de la existencia, del desarrollo y de la circulación de la electricidad negativa que lleva consigo el rayo catódico.

Así es el «aflujo» catódico: está compuesto de la corriente dirigida hacia el electrodo positivo y de corrientes secundarias que de todas las partes del recipiente van hacia el catodo. M. Villard ha puesto muy en claro que todas estas emanaciones oscuras ó indecisas se reunen en el eje del bulbo con el efluvo principal.

Este aflujo catódico tiene, además, el carácter y propiedades que atribuyen los físicos y los químicos á la corriente eléctrica: toca directamente al catodo. Si este electrodo negativo—el cual se supone ordinariamente que consiste en un disco metálico pequeño y circular—está perforado con un agujero, una porción del aflujo catódico, después de descargarse de paso, prosigue su camino más allá. Esta corriente neutra, estos «rayos descargados,» forma los «rayos de canal» (*Canalstrahlen*, en Alemán), que han sido estudiados por Goldstein.

Todos estos detalles con relación á las corrientes que fluyen hacia el catodo, indican el cuidado con que los físicos han estudiado este asunto, para que no se les escapara ninguno de los fenómenos que se presentan en un tubo de Crookes. Pudiera decirse, sin embargo, que son extraños á nuestro objeto principal, que es la emisión catódica; pero no sólo ésta nos interesa. El aflujo que hemos visto llegar al catodo es perfectamente distinto de la radiación catódica que lo sigue y que está formada de un haz ó pincel de rayos per-

pendiculares á la superficie del catodo. En el caso presente, es un pincel cilíndrico, cuya base es el disco circular; atraviesa el tubo en línea perfectamente recta sin ser modificado por los rayos que fluyen hacia el catodo, en dirección contraria,—como lo hemos estado diciendo—pasa junto á ellos y á través de ellos, sin que le sirvan de obstáculo.

Este nuevo pincel, implantado normalmente en el catodo, no es luminoso ni directamente visible; forma un sitio obscuro en el tubo de Crookes. Escaparía enteramente á la observación si no excitara una fluorescencia peculiar, enfrente del catodo, en los puntos en que encuentra los costados del tubo. En estos puntos, el vidrio queda brillantemente iluminado presentando una mancha verde. Crookes tuvo la idea de disponer en el interior del tubo, en la senda de este pincel, entre el catodo y la pared del tubo, una serie de cuerpos opacos; por ejemplo: una cruz de aluminio. Entonces vió, sobre el fondo claro de la fluorescencia, la silueta de la cruz muy bien destacada, obteniendo en todos los casos las sombras geométricas perfectas de los objetos interpuestos.

Después de este experimento hay que considerar á la emisión catódica como perfectamente rectilínea, ya que el catodo, el cuerpo interpuesto y la silueta de éste se encuentran todos en línea recta, sucediendo las cosas, en suma, como si sólo un rayo dejara cada punto del catodo, excitando luminosidad en el mero punto en que topa la pared. Sin prejuzgar de ninguna manera la naturaleza del fenómeno, es propio usar la expresión de «Rayos Catódicos.»

Un estudio atento de las sombras formadas por pantallas diversas, de las siluetas bosquejadas por esos rayos, conduce á un punto nuevo y atractivo, al demostrar que están implantadas en ángulo recto á la superficie del electrodo, siendo perpendiculares á él en todos los puntos. Sin embargo, debemos añadir, siguiendo á Goldstein, que no es una regla estricta; si se acepta, resulta que la forma del haz ó pincel varía con la del catodo. Este está en ocasiones arreglado como un disco ligeramente convexo; los rayos forman sobre éste un haz cónico truncado que toca las paredes del tubo como una montera ó birrete circular. Si el disco catódico es un espejo de superficie cóncava esférica, las líneas de la superficie forman un

pincel cónico y convergen hacia el centro de figura de la esfera, donde forman un foco. Los efectos peculiares á los rayos catódicos son aumentados por esta concentración, del mismo modo que los efectos de los rayos luminosos son aumentados en el foco de una lente. De esta manera Crookes pudo demostrar la acción calorífica de su presunta materia radiante; esto es: de los rayos catódicos.

Logró fundir en uno de estos focos, no sólo vidrio, sino también alambre de liga de indio con platino, que requiere una temperatura de más de dos mil grados.

No es tan sólo al fin de su trayectoria—en el lugar en que los rayos tocan las paredes del tubo—en donde el haz catódico puede hacerse visible: Hittorf y Goldstein en 1876 hallaron el modo de hacerlo visible, en cualquier punto de su trayecto, por el descubrimiento del poder fosfogénico de los nuevos rayos. La iluminación que estos rayos oscuros producen en el vidrio del bulbo la producen también en otros cuerpos colocados dentro de él. El cristal de roca aparece con un matiz del azul y, entre las piedras preciosas de diversos colores, los rubíes proyectan un hermoso resplandor rojo y los diamantes adquieren un brillo extraordinario. Los sulfuros de los metales terrosos que son fosforescentes por naturaleza, es decir, que pueden almacenar los rayos luminosos y en seguida devolverlos, son iluminados vivísimamente por el pincel catódico; la wurtzita, sulfuro de zinc cristalizado, se pone deslumbradora. Arreglando un fragmento de estas sustancias, de modo que se pueda poner en cualquier parte del interior del tubo, el haz catódico se hace visible en todo su trayecto y así es posible estudiar las propiedades de los rayos catódicos.

Los resultados de este estudio deben ser mencionados con brevedad. En primer lugar se han comprobado las dos leyes dichas ya: 1^a, que el rayo catódico es rectilíneo; y 2^a, que es perpendicular á la superficie del electrodo y sensible en todo su trayecto. Los efectos químicos producidos por estos rayos son también muy interesantes, debido al apoyo que prestan á la teoría de la emisión material. Son demostrados por un experimento hermoso: Dos rieles, formados por dos varillas de vidrio, colocadas en la senda de los rayos catódicos, sostienen el eje de una rueda de paletas. Esta maquinilla empieza

á moverse y da vueltas sin cesar, tan pronto como se establece la comunicación eléctrica, como si sus paletas recibieran golpes que vieran del rumbo del catodo; según la expresión gráfica de Crookes, como si recibieran un bombardeo de partículas materiales que salieran del electrodo negativo.

Si se invierte la dirección de la corriente, la rueda gira en dirección opuesta. La explicación balística parece tan racional, que se insinúa sola en el espíritu y origina la creencia en los proyectiles catódicos; sin embargo, reflexionando detenidamente, el argumento no parece concluyente: todo el mundo ha visto en los aparadores de los ópticos (ó comerciantes de lentes y anteojos de toda clase) el instrumento pequeño que es llamado «radiómetro,» otro invento del mismo Crookes. Es una especie de molino de viento, sumamente ligero, incluso en un bulbo de vidrio, cuyo aire ha sido agotado por el vacío. Comienza á moverse en el mismo sentido que la rueda de paletas mencionada al hablar del experimento anterior; pero bajo la acción de los rayos luminosos—es decir, de las vibraciones del éter—sin que esta vez surgiera la idea de un bombardeo de proyectiles.

Tienen los rayos catódicos otra propiedad, inesperada y muy notable: la de ser atraídos por los imanes. Haciendo visible el haz de ellos, mediante un obstáculo fosforescente puesto dentro del tubo, se ve que se encorva el pincel de los rayos, al aproximar un imán que los atrae ó repele según su posición. La importancia de la flexión del haz, depende, en parte, de la potencia del imán empleado, y en parte, de la velocidad de los rayos catódicos, velocidad que puede ser determinada variando la presión del residuo gaseoso que llena al bulbo. Si se da al imán un movimiento conveniente, es fácil concebir la posibilidad de retener como una espiral al haz de los rayos catódicos. Esta obediencia á la fuerza directiva del imán llega hasta hacer que el pincel, encorvándose sobre sí mismo, tome la forma circular. En este experimento el rayo catódico se comporta como una corriente eléctrica que recorriese un alambre y cuyo polo negativo estuviera en el catodo. La flexión magnética es fácilmente explicada mediante la teoría de la emisión: los rayos están, conforme á dicha teoría, formados por una serie no interrumpida de partículas

materiales cargadas de electricidad que se suceden las unas á las otras sin interrupción. Ese transporte de electricidad, llevada por materia electrizada, es llamado «corriente de ó por convicción.» Rowland, Roentgen y otros físicos, han mostrado que las corrientes de esta clase son semejantes á las corrientes ordinarias ó «corrientes por conducción.» Por otra parte, las flexiones producidas por un imán son desconocidas en las radiaciones etéreas, caloríficas, luminosas y actínicas.

Diremos ahora, en tercer lugar, que el rayo catódico está electrizado. Implícitamente hemos aseverado el hecho un poco antes, al decir que es semejante á una serie de partículas electrizadas; es decir: á una corriente. Es preciso, por tanto, que se ponga de manifiesto la carga que transporta. Crookes cree que ha logrado hacer esto. Ebert y Wiedemann demostraron lo falaz de su prueba; pero un joven físico francés fué quien, mediante un experimento muy bien conducido, puso en claro el carácter esencial de los rayos catódicos, que es el estar cargados con electricidad negativa.

Los fenómenos catódicos, tal como los hemos descrito, pasan todos dentro del bulbo en que toman origen y al cual llenan; dentro de él comienzan y terminan. Hasta 1894 había sido imposible estudiar estos rayos bajo las condiciones experimentales en que se presentan, pues se hallan encerrados en el lugar de su nacimiento como dentro de una prisión infranqueable. Lenard logró ponerlos en libertad y sus hermosos experimentos, en la fecha mencionada, entusiasmaron grandemente á los físicos que le vieron sacar á esos cautivos de su cárcel de vidrio. Esta sustancia, y la mayoría, detienen á los rayos catódicos; pero ya Herz, en 1883, había anunciado que las placas metálicas les permitirían pasar con tal de que fueran suficientemente delgadas, no debiendo tener un grueso mayor de algunos milésimos de milímetro. Lenard tuvo la idea de reemplazar la parte del tubo de vidrio que es tocada por el haz de los rayos catódicos por una pieza metálica de la fuerza suficiente para que no cediera á la presión del aire. Aquí estaba la dificultad principal, la que Lenard logró vencer arreglando una especie de ventana en un tubo de Crookes é insertando ahí una plaquita de aluminio de tres milímetros de espesor, capaz de resistir la presión atmosférica y de

mantener el vacío en el interior del tubo; pero los rayos catódicos, más sutiles aún que las moléculas gaseosas, pasaron á través de la placa pudiendo así ser estudiados fuera del bulbo.

Mediante ese estudio, se comprobó que los rayos en cuestión se portaban fuera del bulbo lo mismo que dentro de él, siendo rectilíneos, capaces de producir fluorescencias y de ser desviados por un imán, así como de hacer impresión en las placas fotográficas. Sorprendía, por lo extraordinario de ello, que hubieran conservado su electrización negativa á despecho del espesor de la placa metálica que habían atravesado. Hecho no menos inesperado que falta de ejemplo, indica que la carga eléctrica negativa es un carácter esencial é indeleble de estos rayos, el cual no pueden perder sin dejar, *ipso facto*, de existir.

Estos experimentos enseñaron, al mismo tiempo, que los rayos catódicos poseen un poder de penetración muy limitado, aun á través de los gases, los que, á menos de estar muy enrarecidos, detienen y dispersan á estos rayos por obstáculos moleculares. Al contrario, cuando el vacío ha sido llevado muy adelante, ha sido posible seguirlos por metro y medio, observando que permanecen sin cambio alguno y sin disminución de potencia.

Para concluir, hay que fijarse en otras dos características de los rayos catódicos: La primera consiste en el poder de conducir electricidad, el cual comunican á los gases que atraviesan. Bien sabido es que un gas seco no es conductor: un cuerpo electrizado (un condensador ó un electroscopio de hoja de oro, por ejemplo) guarda su carga en medio de aire que no esté húmedo. Si algunas veces parece que sucede lo contrario, es porque hay en el aire ambiente una cantidad de vapor de agua al que se debe atribuir la disminución. Pero si un rayo catódico se pone sencillamente en contacto con aire realmente seco y que esté rodeando á un aparato de esos, se descarga ese inmediatamente porque ha adquirido cierto grado de conductividad. Como pronto lo explicaremos, los rayos Roentgen y los de Becquerel tienen la misma propiedad, que es una característica común á todas estas irradiaciones, probablemente la que puede ser estudiada y aun medida con mayor facilidad. Estas radiaciones son estudiadas por medio de un electroscopio encerrado en

una caja llena de aire seco. Con este procedimiento los esposos Curie, descubrieron los nuevos cuerpos radio-activos, «polonio» y «radio,» y por el mismo medio M. Debiérne halló el «actinio.»

La última peculiaridad es también común á estas tres especies de radiación, así como á toda clase de corriente eléctrica. Consiste en esto: que producen la condensación del vapor de agua, cuando éste se halla cerca de su punto de saturación, causando una especie de niebla, la cual, formándose instantáneamente al paso de los rayos ó corriente, es una señal visible y palpable de su presencia. En una conferencia es un experimento de bonito efecto para el público, siendo una exhibición fácil de presentar y que ha sido repetida con frecuencia en los últimos dos ó tres años. El vapor invisible se escapa de un tubo estrecho conectado con un frasco lleno de agua hirviendo; aproximándole una punta metálica fuertemente electrizada, de la cual se está escapando el fluido en forma de un penacho visible en la oscuridad, sucede que, tan luego como se ponen en contacto, el chorro de vapor invisible toma el aspecto de una niebla densa ó de un humo espeso.

Sin insistir en ello, indicaremos de paso las aplicaciones posibles de este fenómeno en Meteorología, hablando luego de otra aplicación curiosa hecha por J. J. Jhomson al medir el número de proyectiles catódicos que hay en un momento y espacio dados. Combinando este cálculo con investigaciones electrométricas ha sido posible, mediante una comparación hábil, determinar la carga de electricidad negativa que lleva cada proyectil catódico y, finalmente, su masa, que es en extremo pequeña.

No todos los rayos catódicos de un solo haz son idénticos. La velocidad de propagación no es igual y por esta razón es por lo que un imán no los desvía uniformemente, lo mismo que un prisma refracta desigualmente los rayos componentes de un rayo solar de luz blanca. Hay dispersión magnética y espectro magnético para los rayos que emanan del catodo, exactamente como hay dispersión luminosa y espectro luminoso formado con los rayos solares. Este hecho fué determinado al mismo tiempo por Birkeland y Jean Perrin.

Por experimentos sumamente ingeniosos, ha sido posible medir

la velocidad de propagación de los rayos catódicos, la que es, según la teoría de emisión, la verdadera velocidad de los proyectiles despedidos por el electrodo. Esa velocidad es enorme y, además, varía mucho según las circunstancias de su producción. La velocidad inferior es de 200 kilómetros por segundo y puede llegar á 50,000 kilómetros, cifra que, al parecer, es la más alta, siendo un sexto de la velocidad de la luz.

Apenas podremos indicar los principios conforme á los cuales ha sido hecho este cálculo. Está fundado en la medida experimental de la inflexión magnética ejercida por un imán conocido y por la inflexión eléctrica que produce una corriente de intensidad igualmente conocida. Claro es que las inflexiones tienen que depender de la velocidad y de la masa de los proyectiles catódicos; siendo evidente que el imán ó la corriente desviarán más á los rayos catódicos si la velocidad de éstos es débil y que la inflexión será menor en el caso opuesto.

Es posible, además, disminuir la velocidad de los rayos catódicos á fin de dar mayor exactitud á los métodos. Con este objeto, Leonard empleó no sólo los rayos producidos en el bulbo de Crookes, sino también aquellos cuya existencia ha sido descubierta por Gustave Le Bon y que resultan de la acción de la luz sobre los metales.

La velocidad de un rayo catódico es prodigiosa pudiendo producir efectos mecánicos que sobrepujan á los que la imaginación ha podido concebir, considerando que la masa del proyectil, no siendo éste más que un *fragmento* de átomo, es en extremo diminuta. Jean Perrin ha calculado uno de los efectos, el calorífico, que puede ser producido por los golpes de una proporción apreciable de estos proyectiles. La cantidad de calor engendrada por un kilogramo de esta materia, si un obstáculo la detuviera súbitamente en su curso, sería bastante para elevar, en el acto, hasta el punto de ebullición el agua de un lago de mil hectáreas de superficie y cinco metros de profundidad.

La medición de la velocidad catódica aduce un argumento final en favor de la teoría balística ó materialística. Si el rayo catódico fuera el resultado de ciertas vibraciones del éter y no una proyección de materia, no sería posible comprender que una perturbación

semejante pudiera ser propagada con una velocidad variable de 200 kilómetros, puesto que el mismo medio trasmite la acción solar con una rapidez uniforme de 318 mil kilómetros por segundo. Sea cual fuere el lado por donde estudiemos esta cuestión, la ventaja queda en pro de la teoría de la emisión material. En la época actual, en que se ha renovado la discusión entre el sistema de la emisión y el de las ondulaciones, esta vez es la primera en que ha obtenido el triunfo el primero de estos dos sistemas. Por tanto, el rayo catódico puede ser considerado como una serie de proyectiles electrizados negativamente; debiendo explicarnos el hecho de que se muevan en línea recta, perpendicularmente á la superficie del catodo, porque éste los repele enérgicamente, en virtud de las leyes de afinidad y repulsión de la electricidad, conforme á los cuales, cuerpos cargados de fluido del mismo signo se rechazan mutuamente.

Las medidas electrométricas y electromagnéticas, combinadas con aquellas de que hemos hablado respecto al cálculo del número de proyectiles catódicos que hay en un espacio dado y que son determinados por la condensación del vapor de agua, han dado resultados de maravillosa exactitud. Por medio de ellas se ha averiguado que cada proyectil tiene una masa constante, igual á una milésima parte de un átomo de hidrógeno. El proyectil, pues, no depende del catodo, así lo ha establecido Crookes; y está compuesto de hidrógeno, como Villard lo ha probado completamente; teniendo su origen, necesariamente, en el fraccionamiento del átomo de hidrógeno, que, en vez de ser la última expresión de la sencillez y ligereza, como se creía en Química, resulta ser un edificio pesado y complejo, puesto que la corriente del tubo de Crookes sólo quita la milésima parte de su masa á las piedras que lo forman, «piedras,» que son fragmentos de «piedras:» los *corpúsculos atómicos* de J. J. Thomson. Ya el *átomo* no es considerado como indivisible.

Nos detendremos aquí, sin llevar el análisis más lejos, aunque lo permita el estado de la ciencia; pero, de continuar en esa vía, entraríamos en el asunto de la constitución de la materia, lo cual no se debe tratar más que incidentalmente en un artículo como éste.

III

Por lo pronto, carecen de aplicación práctica los rayos catódicos; producidos como están en condiciones tan peculiares: como el vacío barométrico y el interior de un bulbo del cual es casi imposible librarlos. No tendríamos excusa de haber tratado este asunto de una manera tan extensa, si este estudio sólo fuera una simple curiosidad científica y una oportunidad para ensalzar el talento y habilidad de nuestros físicos. Pero esto tiene otra tendencia: Al narrar la historia de estos rayos, hemos incluido en ella la de los rayos de la misma familia, cuyas aplicaciones son tan numerosas, cual los rayos Roentgen y los rayos de Becquerel, que son una mezcla de los de las otras dos especies. En segundo lugar, los rayos catódicos son los progenitores y los generadores necesarios de los demás. El mecanismo y la verdadera naturaleza de estos últimos son conocidos más bien.

Los rayos catódicos—y también los Roentgen y los Becquerel que los acompañan ó emanan de ellos—no son meramente el simple resultado de manipulaciones de los físicos: constituyen un fenómeno natural que no es posible desdeñar. Lejos de ser raros su producción es incesante. No cae un solo rayo de sol sobre una superficie metálica, no se enciende una llama, no estalla una chispa eléctrica, ni se produce una corriente de la misma naturaleza, ni entra en incandescencia ninguna substancia sin que aparezca el rayo catódico simple ó transformado.

El mérito de haber sido el primero en observar la universalidad de este orden de fenómenos, pertenece á G. Le Bon. Aunque á la verdad, él usó el término impropio de «*luz negra*,» reconoció, sin embargo, el carácter general y las principales propiedades de estas novedades físicas; sobre todo, asignó á estos fenómenos su verdadero lugar, que no es sólo el gabinete del físico sino el gran laboratorio de la Naturaleza. P. de Heen, el conocido profesor de la Universidad de Lieja, concibió ideas parecidas, considerando que casi todos los centros de perturbación del éter engendran emanaciones semejantes á las que toman origen en un tubo de Crookes.

Tendremos ocasión de volver á hablar de esto en conexi3n de la radio-actividad de la materia.

IV

Aun est3n presentes el entusiasmo y la admiraci3n despertados por el descubrimiento de Roentgen al terminar el a3o de 1895. El instruido profesor de Wuerzburg exhibi3 siluetas fotogr3ficas obtenidas 3 trav3s de cuerpos opacos: hojas de cart3n, pliegos de papel, libros gruesos como lo son los diccionarios, tablas de varias pulgadas de espesor, etc. Di3 los medios de recibir en una pantalla fluorescente las sombras de cuerpos ocultos por envolturas, introducidos en cajas, haciendo posible mirar de una manera indirecta 3 trav3s de esos obst3culos.

Muy pronto se a3adi3 la utilidad grande de muchas aplicaciones al inter3s de curiosidad del principio, descubri3ndose mediante la radiograf3a las falsificaciones de ciertas substancias, el contenido de cajas cerradas y otros usos de igual clase, pero las aplicaciones de mayor importancia han sido las m3dico-quir3rgicas. No hay quien no haya visto esas radiograf3as publicadas de varias maneras; revelan los defectos de conformaci3n y las lesiones de los huesos, la presencia de cuerpos extra3os en los tejidos, como balas, agujas, fragmentos met3licos y de otras clases, y en ciertos casos descubren la existencia de diversas lesiones viscerales. Una vez que hayan sido perfeccionadas realizar3n el sue3o de los anatómicos: «mostrar por transparencia los cuerpos sanos 3 enfermos.» Es inútil insistir m3s sobre estos detalles; su historia se ha desarrollado 3 nuestra vista y la prensa diaria detalla sus progresos de un d3a 3 otro.

Los rayos de Roentgen derivan su origen de los cat3dicos. El tubo de Crookes, generador de los 3ltimos, fu3 el medio de que se vali3 el f3sico alem3n y que emplearon los investigadores que han seguido sus huellas. Pero en este aparato la 3nica parte 3til para producir los efectos que hemos visto es el punto fluorescente colocado frente al catodo cuya emisi3n recib3. Desde este punto los nuevos rayos son proyectados en todas direcciones y no s3lo en la

línea original. Todas las substancias que detienen á los rayos catódicos son el punto de partida de los rayos Roentgen. Poco importa que el cuerpo esté colocado dentro del tubo ó que forme parte de su pared y sin que tampoco tenga importancia el que se haga ó no fluorescente bajo la influencia catódica; desde el momento que recibe ó intercepta el rayo catódico, da nacimiento al de Roentgen.

Con el objeto de aumentar el poder del aparato, se le hace una ligera modificación. Se emplea un electrodo en forma de un espejo esférico que concentra en un solo foco los rayos catódicos. Cerca de él se dispone una hoja de platino ú otra substancia infusible que interceptando la emisión catódica la transforme en rayos Roentgen que pasan á través del punto más delgado del tubo, puedan ser colectados fuera de él. Este aparato es llamado un «tubo afo-cador.»

El rayo Roentgen se distingue claramente del rayo catódico que lo originó por diversos caracteres; de los cuales, teóricamente, dos son los de mayor importancia esencial: 1º, que no son influenciados por los imanes; y 2º, que no están electrizados. Al contrario, el rayo catódico es vector de una corriente eléctrica y puede ser desviado por un imán. Como ya lo hemos dicho, la teoría de su materialidad está fundada en esos dos caracteres, y como el rayo Roentgen carece de ellos, no podemos creer que éste sea el resultado de una verdadera emisión de materia; más bien todo indica en ellos el tener naturaleza inmaterial, etérea y vibratoria. A estos dos rasgos distintivos y esenciales, añadiremos los dos siguientes: 1º, el rayo catódico no tiene poder penetrante, y es: 2º, inmediatamente absorbido y difundido; mientras que el Roentgen es muy penetrante y no es difusible.

Acabamos de ver que los rayos de Roentgen nacen en el punto en que el rayo catódico topa con una sustancia sólida. La violencia del golpe del proyectil catódico contra la molécula material la perturba y aumenta su energía calorífica; al mismo tiempo hace oscilar al éter ambiente y determina la fluorescencia del tubo de Crookes. La energía que es causa del rayo X, produce, al mis-

mo tiempo y como accesorios, rayos luminosos (fluorescencia visible) y, en otras ocasiones, rayos químicos, ultra-violetas (la fluorescencia invisible), siendo, tal vez, origen de otras irradiaciones que aun nos son desconocidas.

Haciendo á un lado estas radiaciones — las cuales, por otra parte, no siempre están presentes — para no tener en cuenta sino la principal, hemos dicho que ésta es descubierta por su acción química sobre las sales de plata y por la luminosidad que excita en las pantallas fosforescentes. Si se interpone un cuerpo opaco entre el sitio de origen de los rayos y la pantalla, su sombra aparece sobre ésta con una precisión asombrosa. La formación de estas sombras geométricas es la prueba de la propagación rectilínea de su agente productor y justifica el nombre de «rayo» que se le ha dado.

Desde el primer momento, la característica más sorprendente de estos rayos es su poder penetrante: pasan á través de un tomo de mil páginas con la misma facilidad con que un rayo de luz atraviesa el vidrio de una ventana. Ambos casos son de naturaleza idéntica y si el último ya no nos causa admiración es porque, como lo dice Montaigne, «La familiaridad con las cosas les quita lo que tienen de extraño.» Nuestro asombro proviene de que vemos ejecutar al advenedizo lo que es imposible para la *luz*, nuestra amiga de antaño. No fué menor la sorpresa con que acogimos el paso de los rayos ultramorados á través de una hoja de plata, hecho que hizo posible, por la primera vez, «la fotografía de lo invisible.» Lo que es permitido á un rayo está prohibido para el otro, y el rayo Roentgen, que pasa de un lado al otro de una tabla de encino de cinco centímetros de grueso, es detenido por unos cuantos metros de aire atmosférico, obstáculo insignificante para un rayo luminoso.

Hay otra diferencia entre ambos rayos: lo que pasa con ellos en el interior de los cuerpos: ambos son absorbidos cuando pasan á través de ellos; su naturaleza es cambiada; son aniquilados y su energía es transformada en otra fuerza — calor, por ejemplo. — Este fin es común para todos; pero el rayo luminoso tiene una propiedad que le es peculiar: En ciertos cuerpos que tienen una estructura granular, como el vidrio áspero y el polvo de cristal de roca, la luz se

difunde y la senda de los rayos se hace quebrada por numerosas reflexiones y refracciones. Cada partícula, en este caso, se conduce como una fuente luminosa, emitiendo rayos en todas direcciones y el cuerpo se ilumina. Sería inútil aumentar la intensidad de un rayo de luz con la esperanza de verlo transmitido con mayor rapidez; el aumento de intensidad sólo produciría un aumento de iluminación.

Otra cosa sucede al rayo Roentgen que sólo se pierde por absorción. Aumentando la intensidad de los rayos se les ve ganar en poder penetrante; pero sin difundirse. Prosiguen su senda rectilínea, inflexible; los obstáculos pueden hacerlos más débiles, no hay que dudarlos; pero no los desvían. No es el rayo luminoso el que debiera ser tomado como tipo y símbolo de la rectitud, sino el rayo Roentgen.

Hay variedades de esta clase de rayos, así como los hay entre los rayos catódicos. Forman una escala entera, pudiendo ser distinguidos por la diferencia de su poder de penetración; siendo unos «ultra-penetrantes» y extinguiéndose otros á pocos milímetros de su origen. Esto depende del aparato generador, de la corriente empleada y de otras circunstancias de su producción.

Cuando un rayo X hiere á un cuerpo sólido, especialmente un metal, da origen á rayos de igual naturaleza; pero de menor poder de penetración. También son más activos considerados eléctrica ó fotográficamente. Estos rayos secundarios han sido estudiados por M. Sagnac. En las mismas condiciones, estos rayos secundarios engendran rayos terciarios y así sucesivamente; de tal modo, que existe en una superficie metálica herida por esos rayos todo un sistema de irradiaciones formando una cubierta complicada, conductora de electricidad y con actividad fotogénica.

Fácil es ver que, por no ser difusibles, los rayos X tienen otras diferencias de importancia con los rayos luminosos. Si no son difusibles es porque no se someten ni á la reflexión ni á la refracción; su mezcla con otros elementos—v. g., con los rayos ultra-violeta,—es lo que ha hecho pensar algunas veces en que su reflexión era posible. M. Gouy ha demostrado, con exactitud admirable, que

no sufren ni la menor refracción posible. Tampoco parecen sujetos á la difracción ni á la polarización.

La reflexión, refracción, difracción, polarización é interferencia son caracteres universales de las vibraciones etéreas y pertenecen á todos los rayos del espectro, desde los más lentos hasta los más rápidos. Son comunes á las vibraciones hertzianas, á las infra-rojas ó caloríficas, á las vibraciones visibles y, finalmente, á las químicas ó ultravioletas. Las opiniones están divididas acerca de la posibilidad de que se presenten los fenómenos de interferencia con los rayos Roentgen; no obstante, parece que los fenómenos observados por M. Jaumann, mediante dos electrodos paralelos, conectados con el polo negativo de la bobina por medio de dos alambres de igual longitud, deben ser considerados como fenómenos de interferencia.

Después de esto, ¿es posible comparar á los rayos Roentgen con los luminosos ó aun atribuirles alguna forma de ondulaciones etéreas?—Tal es la tendencia general.—Wiedeman y Lenard los miran como si fuesen una banda nueva en la escala del espectro, allende el ultra-violeta. Jaumann y Roentgen los consideran como un producto de vibraciones longitudinales del éter.

Los rayos Roentgen descargan á los cuerpos electrizados que se hallan vecinos á ellos. En el espectro se exhiben los rudimentos de esta propiedad: los rayos ultra-violetas destruyen las cargas negativas de los cuerpos con que entran en contacto. Esto muestra alguna analogía entre las dos clases de irradiaciones; sin embargo, sólo bajo ciertas condiciones, se puede uno referir á los rayos X hablando de ellos como de pequeñas ondulaciones, con el carácter de las ondulaciones luminosas que continúan al espectro más allá del violeta. Sería necesario concebirlas sumamente pequeñas ó excesivamente rápidas, que equivale á lo mismo; vibraciones que, si así fueran, harían menos apreciables los fenómenos de interferencia y, más aun, los de difracción. Además, la velocidad de la propagación no puede ser diferente en el aire y en los otros cuerpos. *A priori*, esta suposición no es improbable—explica la ausencia de refracción y hace posible la de reflexión. Por otra parte, no habiendo otro modo de darse cuenta de la polarización más que

mediante la reflexión, doble ó sencilla, que en este caso es insuficiente, no hay que admirarse de que los rayos Roentgen estén desprovistos de esta propiedad; mas, á pesar estas privaciones, aun les quedan vibraciones trasversales que los clasifican en la familia del espectro; pero en ese ambiente y después de todas las disminuciones, restricciones y limitaciones que han sufrido, más bien parecen corderos proscritos del redil, porque padecen algún mal contagioso. Hemos dicho que algunos físicos están de acuerdo en que el asunto se halle en tal estado.

Las mismas dificultades se atraviesan, si se apela á la teoría de las vibraciones longitudinales; además, se les añade la inseguridad en que se está acerca de la existencia de estas vibraciones. Cierto es que nada prueba que no existan; al contrario, es evidente que se forman tan luego como los rayos luminosos cambian de dirección, reflejados ó refractados. No podrían ser despreciados, á no ser que se considere al éter como enteramente incompresible. Algunos físicos afirman que lo es, y á la verdad, si se tiene confianza en tantos experimentos relativos al caso, basta decir que el componente longitudinal puede ser despreciado por su insignificancia. Esto es exacto, si no se toman en cuenta todos los fenómenos que pueden acompañar á la manifestación de la luz.

De facto, haciendo á un lado la vibración longitudinal, se encuentra, como es bien sabido, que la teoría y la práctica experimental concuerdan satisfactoriamente; siendo posible que el rayo Roentgen sea debido á esta vibración longitudinal; pero aun está esto por demostrar, y los esfuerzos que Jaumann ha hecho para ello han sido refutados por M. H. Poincaré.

Hay otra explicación, la tercera, que consiste en decir con M. A. Schuster, que las vibraciones del éter que producen los rayos Roentgen no son estrictamente periódicas; siendo la periodicidad una condición de interferencia, así se suprime una objeción incómoda. Por otra parte, las explicaciones basadas sobre la teoría de la emisión material son también problemáticas. M. J. Perrin sostiene que el rayo Roentgen es causado por la vibración de los corpúsculos atómicos y producido por su encuentro violento con las moléculas

materiales. Esta hipótesis tiene también la ventaja de que toma en consideración las condiciones de producción. En suma, poco se sabe positivamente acerca de la naturaleza de este agente físico, que, como dice M. Bonty, continúa envuelto en un misterio profundo á despecho de los esfuerzos reunidos de los hombres de ciencia.

GINECOLOGIA.

Considerandos sobre los fibromas uterinos y presentación de la estadística personal del autor, la que comprende catorce casos operados en el bienio 1905-1906.

Durante el bienio que acaba de expirar, tuve oportunidad de estudiar en el pabellón núm. 16 que sirvo, en el Hospital General, diez y ocho casos de tumores fibrosos de la matriz, de los cuales catorce sufrieron operación quirúrgica, exceptuándose de ella los cuatro restantes, por encontrarse seriamente comprometido el estado constitucional de las pacientes. Estas habían sufrido continuada hemorragia, presentaban signos clínicos que autorizaban á que se diagnosticase degeneración en el músculo cardíaco, motivo por el cual no nos atrevimos á proponer la intervención armada, y dimos el alta á estas mujeres, una vez que transcurrió el tiempo necesario para que pudiesen abandonar el hospital, sin peligro inmediato para su vida.

Las otras dós enfermas salieron del establecimiento por no haber aceptado la operación que se propuso y cuya ejecución, á decir verdad, no era apremiante, por ser los tumores pequeños y mínima la sintomatología que determinaban.

Las catorce enfermas de las que sólo me ocuparé, dije ya que fueron operadas, no pudiendo ser más halagador el resultado que se obtuvo, pues el cociente de mortalidad fué nulo.

El cómputo, que precede á las observaciones clínicas que han sido